



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Departamento de Psicologia



Doutorado em Neurociência Cognitiva e Comportamento –
PPGNeC

Tese de Doutorado

Esconde-Pirata: um jogo sério para mensuração da memória episódica integrativa em
adultos e idosos

Joenilton Saturnino Cazé da Silva

João Pessoa - Paraíba
Agosto de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Departamento de Psicologia



Doutorado em Neurociência Cognitiva e Comportamento –
PPGNeC

JOENILTON SATURNINO CAZÉ DA SILVA

Esconde-Pirata: um jogo sério para mensuração da memória episódica integrativa em adultos e idosos

Esconde-Pirata: a serious game for measuring integrative episodic memory in younger and older

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, para obtenção do título de Doutor em Neurociência Cognitiva e Comportamento como requisito para doutoramento.

Linha de Pesquisa: Psicobiologia, Processos Psicológicos Básicos e Neuropsicologia

Orientador: Prof. Dr. Bernardino Fernández Calvo

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Liliane dos Santos Machado

Co-orientador: Prof. Dr. Flávio Freitas Barbosa

João Pessoa - Paraíba

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586e Silva, Joenilton Saturnino Cazé da.

Esconde-Pirata : um jogo sério para mensuração da memória episódica integrativa em adultos e idosos / Joenilton Saturnino Cazé da Silva. - João Pessoa, 2022. 158 f. : il.

Orientação: Bernardino Fernández Calvo.

Coorientação: Flávio Freitas Barbosa, Liliane dos Santos Machado.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCHLA.

1. Neurociência. 2. Envelhecimento cognitivo. 3. Memória integrativa. 4. Jogos digitais. 5. Jogos sérios. 6. Design de jogos. I. Calvo, Bernardino Fernández. II. Barbosa, Flávio Freitas. III. Machado, Liliane dos Santos. IV. Título.

UFPB/BC

CDU 612.822(043)

Esconde-Pirata: um jogo sério para mensuração da memória episódica integrativa em adultos e idosos

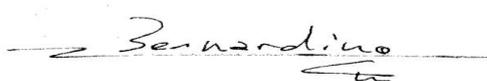
JOENILTON SATURNINO CAZÉ DA SILVA

Aprovado em: 26/07/2022

Banca examinadora (página 1/2)

Prof. Dr. Bernardino Fernandez Calvo (Orientador)

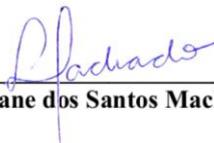
Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dr. Bernardino Fernandez Calvo (Presidente/Orientador)

Profa. Dra. Liliane dos Santos Machado (Coorientadora)

Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dra. Liliane dos Santos Machado (Coorientadora)

Prof. Dr. Flávio Freitas Barbosa (Coorientador)

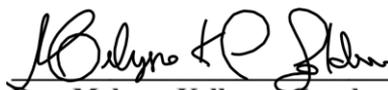
Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dr. Flávio Freitas Barbosa (Coorientador)

Profa. Dra. Melyssa Kellyane Cavalcanti Galdino (Membro Interno)

Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dra. Melyssa Kellyane Cavalcanti Galdino (Membro Interno)

Banca examinadora (página 2/2)

Prof. Dr. Nelson Torro Alves (Membro Interno)

Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dr. Nelson Torro Alves (Membro Interno)

Prof. Dr. Ronei Marcos de Moraes (Membro Externo)

Instituição: Universidade Federal da Paraíba



Dr. Ronei Marcos de Moraes (Membro Externo ao Programa)

Prof. Dr. Israel Contador Castillo (Membro Externo)

Instituição: Universidade de Salamanca – Espanha



Dr. Israel Contador Castillo (Membro Externo à Instituição)

AGRADECIMENTO

Antes de tudo, agradeço a Deus por ele ter me dado forças, paciência e conhecimento para superar essa etapa de minha vida, principalmente durante esse período de Pandemia (COVID-19). Inúmeras vezes pensei em desistir, mas um sentimento sempre emergiu nesses momentos, o de que era capaz de ultrapassar todas as barreiras com a ajuda dele.

Aos meus pais Geraldo e Alaide. O primeiro foi meu referencial como homem, meu exemplo. Se hoje sou um cidadão de bem devo tudo a ele, por sua índole impecável, seus ensinamentos de vida e acima de tudo amor e carinho de pai. Já minha mãe, praticamente não tenho palavras para descrevê-la. Ela é a pessoa que mais me ama nesse mundo, amor esse que é incondicional e acolhedor. Apesar de amá-la incalculavelmente, não consigo se quer me igualar a menor porção do seu amor por mim. Ambos sempre acreditaram em mim, mesmos nos momentos em que nem mesmo eu acreditei. No mais só tenho que dizer que amo de mais os dois.

A Joelma, minha irmã. Se não fosse por ela não teria sequer começado a estudar em uma universidade. Ela sempre me apoiou e me ajudou em tudo, colocando, muitas vezes, minhas necessidades antes das dela. Te amo muito minha baixinha, apesar de não dizer com frequência.

A Rafaela, a pessoa especial que faz parte da minha vida, iluminando-a desde o momento no qual nossos olhos se encontraram. Obrigado por aguentar-me! Sei perfeitamente o quanto isso é difícil. Espero um dia lhe recompensar por tudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bernadino Fernández-Calvo, um pesquisador fantástico, que trabalha com amor pela ciência. Ele me ensinou a ser criterioso e objetivo, me incentivando a estudar cada vez mais. Agradeço por inúmeras gargalhadas que compartilhamos e extensas discussões sobre a pesquisa. Tal mistura me fez crescer como pessoa e pesquisador. Apesar da distância, nunca me deixou de orientar com esmero.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Flávio Freitas Barbosa, que abriu meus olhos para observar as neurociências, e principalmente o estudo da memória, de uma forma diferente. Sinto-me um estudante de sorte, pois encontrar uma pessoa tão dedicado e atenciosa é algo raro.

A minha co-orientadora Profa. Dra. Liliane S. Machado, pelo acolhimento e ensinamentos sobre os Jogos. A senhora é umas das pesquisadoras mais meticolosas que conheci. Extremamente dedicada e responsável nos trabalhos que executa. Suas contribuições teóricas e metodológicas ajudaram na concretização desta Tese.

A todos os amigos da turma 2017 do Doutorado Acadêmico do Programa de Pós-graduação em Neurociência Cognitiva e Comportamento da Universidade Federal da Paraíba. Vocês são os melhores companheiros que podia encontrar para fazer parte desta etapa de minha vida. Sofremos muito, principalmente em razão dessa terrível Pandemia que nos assola, mas conseguimos superar todas as adversidades.

A todos os colegas que conheci no Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE). Me ajudaram quando mais precisei e isso nunca será esquecido. Tenho enorme apreço por todos vocês, principalmente, Dandara Barbosa Palhano e Zildomar Félix. Vivenciamos juntos medos e incertezas quanto a realização de nossos trabalhos acadêmicos, mas nunca deixamos de prosseguir em frente.

Aos amigos que me ajudaram ao longo do caminho, Maria Lucena, Egina Karoline e Thiago Regis. Muito obrigado pela escuta e ajuda no desenvolvimento e execução dessa Tese. Saibam que suas contribuições não serão esquecidas ou negligenciadas.

A todos os adultos e, principalmente, os idosos que participaram desta pesquisa, pois sem eles esse trabalho não seria concretizado.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), pelo apoio financeiro e técnico.

“O tempo não é um rótulo para o universo. Ele é vivenciado individualmente, onde todos tem seu próprio ritmo.”

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| APRESENTAÇÃO | 14 |
| FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 1.1. Envelhecimento cognitivo saudável..... | 16 |
| 1.2. Paradigmas de memória integrativa | 18 |
| 1.2.1. Memória episódica integrativa | 19 |
| 1.2.2. Efeito do envelhecimento na memória integrativa..... | 21 |
| 1.3. Jogos Sérios (<i>Serious games</i> - SG) | 23 |
| 1.3.1. SG aplicados à saúde..... | 26 |
| 1.3.2. SG como ferramenta de avaliação cognitiva..... | 27 |
| 1.3.3. SG e o envelhecimento cognitivo..... | 30 |
| JUSTIFICATIVA | 33 |
| OBJETIVOS E HIPÓTESES..... | 35 |
| 3.1. Objetivo da tese | 35 |
| 3.2. Estudo 1 | 36 |
| 3.3. Estudo 2 | 37 |
| 3.4. Estudo 3 | 38 |
| MÉTODO | 40 |
| RESULTADOS..... | 41 |

| | |
|--|-----|
| Estudo 1 - Jogos Sérios baseados em processos mnemônicos no envelhecimento saudável e patológico: uma revisão narrativa | 42 |
| Estudo 2 - Esconde-Pirata: Desenvolvimento e validação de um jogo sério para medir a memória integrativa | 72 |
| Estudo 3 - Memória Episódica Integrativa através de um Jogos Sérios: um estudo de validação preliminar de um jogo de triagem para adultos idosos | 94 |
| DISCUSSÃO GERAL | 114 |
| 6.1. SGs baseados em diferentes modelos de memória aplicados em amostra de idosos | 115 |
| 6.2. Desenvolvimento, implementação e validação dos modelos de memória integrativa utilizados no SG “Esconde-Pirata” | 116 |
| 6.3. A eficácia do SG “Esconde-Pirata” em diferenciar o desempenho de adultos jovens e idosos (validade de critério) | 118 |
| 6.4. Limitações dos estudos..... | 119 |
| 6.5. Perspectivas futuras | 120 |
| CONCLUSÃO | 122 |
| REFERÊNCIAS..... | 123 |

LISTA DE TABELAS

ESTUDO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Variáveis analisadas dos artigos inseridos na revisão narrativa..... | 47 |
|---|----|

ESTUDO 2

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Resumo dos dados demográficos da amostra do estudo..... | 84 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Tabela 2. Correlações entre testes neuropsicológicas e as medidas produzidas pelo “Esconde-Pirata” (Escore padronizados)..... | 85 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tabela 3. Resumo das análises de regressão lineares múltipla para as variáveis preditoras (medidas neuropsicológicas)..... | 86 |
|---|----|

ESTUDO 3

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Detalhamento das tarefas implementadas nos SG “Esconde-Pirata”..... | 99 |
|--|----|

| | |
|--|-----|
| Tabela 2. Características sociodemográficas e média e desvio padrão (entre parêntesis) dos testes cognitivos do grupo de adultos jovens e idosos..... | 103 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| Tabela 3. Validação convergente e divergente do jogo “Esconde-pirata” (Coeficientes de correlação de Pearson)..... | 104 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| Tabela 4. Resumo das análises de regressões lineares múltiplas para as variáveis preditoras (medidas neuropsicológicas)..... | 105 |
|---|-----|

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO 1

- Figura 1.** Sumarização das *strings* de consulta aplicadas aos bancos de dados incluídos nesta revisão (MedLine, PsycINFO, Scopus, IEEE Xplore).....44
- Figura 2.** Processo de pesquisa e elegibilidade dos estudos decorrente dos critérios de inclusão e exclusão.....45
- Figura 3.** Quantidade de trabalhos que descrevem tarefas contidas em SG/jogos digitais por tipo de memória registrada na revisão.....59

ESTUDO 2

- Figura 1.** Tétrade expandida para design de Jogos.....75
- Figura 2.** Definição operacional das tarefas que compõem o SG “Esconde-Pirata”76
- Figura 3.** Fase de aquisição (A) e recuperação (B) das informações da tarefa WWWhen ou WWWhich. Fase de recordação (C e D) da associação nome-figura para a NOFI78
- Figura 4.** Fluxograma que ilustra o fluxo de execução do jogo “Esconde-Pirata”80

ESTUDO 3

- Figura 1.** Cenas das fases do SG “Esconde-Pirata”.....101
- Figura 2.** Desempenho médio dos voluntários (adultos jovens e idosos) nas duas tarefas baseadas no elemento temporal (WWWhen) e no contextual (WWWhich).....106
- Figura 3.** Proporção da recordação dos grupos na tarefa de memória integrativa relacional do “Esconde-pirata”107

RESUMO

A Memória Integrativa (MI) é uma habilidade cognitiva que permite a associação de diversas informações que compõem estímulos complexos ou eventos derivados por experiências cotidianas, podendo ser categorizada em Conjuntiva e Relacional. Os efeitos do envelhecimento saudável parecem afetar de formas distintas essas habilidades. A detecção dessas alterações pode ser utilizada como instrumento de rastreio de perfis cognitivos disfuncionais. A avaliação por meio de testes neuropsicológicos é considerada como medida padrão-ouro usada para identificar essas mudanças em ambiente clínico e na pesquisa, no entanto, esse método é alvo de muitas críticas, pois apresenta uma série de limitações. Nesse contexto, outras ferramentas, como os jogos digitais, mais especificamente a classe dos Jogos Sérios (Serious Games - SG, em inglês) mostram-se promissoras. Assim sendo, na presente tese detalha-se o desenvolvimento e a implementação de um SG baseado em paradigmas de MI, denominado de “Esconde-Pirata” (Estudo 2). Os resultados desse estudo mostraram que as tarefas adotadas no jogo estão predominantemente relacionadas com testes de memória tradicionais, sendo o desempenho no SG explicado pelas pontuações dos testes neuropsicológicos clássicos empregados, demonstrando consequentemente, bons indicadores de validade de construto para o jogo proposto. Além disso, o SG mostrou-se capaz de detectar alterações no desempenho relacionado ao envelhecimento saudável (Estudo 3), sendo que, o grupo de idosos mostrou piores indicadores de precisão de recordação na comparação com os adultos mais jovens em todas as tarefas implementadas no SG. Em decorrência dos resultados obtidos, o SG mostrou ser uma ferramenta viável e válida para avaliar diferentes tipos de MI em adultos jovens e idosos saudáveis, em um ambiente controlado, indicando ser sensível em detectar alterações nessas habilidades decorrentes do envelhecimento saudável. Assim, pode no futuro ser usada para auxiliar no processo de caracterização do perfil cognitivo da MI no envelhecimento normal e/ou patológico.

Palavras-chave: envelhecimento cognitivo; memória integrativa; jogos digitais; jogos sérios; design de jogos.

ABSTRACT

Binding Memory (BM) is a cognitive ability that allows the association of various information that sets up complex stimuli or events derived from everyday experiences, categorized as Conjunctive and Relational. Healthy aging seems to affect these abilities in different ways. The detection of these alterations can be used as a tool for tracking dysfunctional cognitive profiles. The assessment through neuropsychological tests is considered a standard measure to identify these changes in the clinical environment and the research. However, this method suffers a lot of criticism because it presents limitations. In this context, other tools, such as digital games, more specifically the Serious Games (SG) seem to be promising. In this study, the development and implementation of an BM-based SG, the “Esconde-Pirata” (Study 2) are detailed. The results showed that SG tasks are predominantly related to traditional memory tests, in which the SG performance is explained by the classic neuropsychological measurement involved, thus demonstrating good indicators of construct validity for the game. In addition, the SG detected changes in performance related to healthy aging (Study 3). In contrast, the elderly group showed worse indicators of recall accuracy compared to younger adults in all tasks implemented in the SG. The results showed the SG proved to be a viable and valid tool to assess different types of BM in healthy young and elderly adults in a controlled environment, indicating that it is sensitive to detecting changes in these abilities resulting from healthy aging. Thus, this measurement can be used in the future to assist in the process of characterizing the cognitive profile of BM in normal and pathological aging.

Keywords: cognitive aging; binding memory; digital games; serious games; game design.

APRESENTAÇÃO

Estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que em 2022 a população idosa corresponde por 1,1 bilhões de pessoas em todo o mundo. No Brasil, nesse mesmo período, indicadores apontam uma população com pessoas de 60 anos ou mais ultrapassando a caso dos 32 milhões, sendo que projeções assinalam que essa quantidade irá mais que dobrar em 2050 (OMS, 2022). Com o desenvolvimento econômico e o consequente aumento na expectativa de vida, o tema do envelhecimento da população torna-se cada vez mais observado e estudado (Osborne et al., 2020), sendo as alterações na cognição um dos principais alvos das explorações científicas dessa área (Sánchez-Izquierdo & Fernández-Ballesteros, 2021).

As pesquisas sobre o envelhecimento cognitivo demonstram que a memória episódica (ME) é uma das funções mentais superiores mais comprometidas, sendo também um dos primeiros domínios cognitivos a declinar com o passar dos anos (Rhodes et al., 2019; Wagnon et al., 2019). A ME recebe, processa e armazena informações sobre eventos datados temporalmente, e a relação espaço-temporal entre eles. É um subsistema declarativo que é composto apenas por informações sobre acontecimentos pessoais, ou seja, experiências particulares que foram incorporados em uma matriz de outros eventos associados à sua linha de tempo subjetivo (Tulving, 2002). O processamento neurocognitivo da formação da ME fundamenta-se em: a) velocidade de codificação, b) representação de memória flexível e c) formação de associações (Henke, 2010; Wuethrich et al., 2018).

A formação de associações manifesta-se na ME através da integração dos elementos “Que”, “Onde” e “Quando” que caracterizam as evocações episódicas (Clayton & Dickinson, 1998). Fazendo uso desse conceito, alguns paradigmas foram propostos para mensurar essa habilidade cognitiva. O primeiro deles, modelo “Que-Onde-Quando” (Clayton et al., 2003) baseou-se na perspectiva temporal da ME (Cheke & Clayton, 2013). Outro modelo, “Que-Onde-Qual ocasião”, propôs a substituição do elemento temporal pelo contextual (Eacott & Norman, 2004). Para esses paradigmas as representações recuperadas são o produto da integração dos elementos que as compõem, sendo desprovidos de significado quando recordadas isoladamente. Já outra perspectiva trabalha com a formação de associações entre informações não dependentes, dotadas essas de características próprias, possuidoras de significado, mesmo quando recuperadas individualmente (Moses & Ryan, 2006).

Tradicionalmente a ME é avaliada através de testes de lápis e papel (Easton et al., 2012) ou através de instrumentos computadorizados (Alegret et al., 2020; Cheke, 2016; Cheke &

Clayton, 2013). No entanto, essas ferramentas apresentam uma série de limitações (Loewenstein et al., 2018). Uma alternativa válida, principalmente para grupos com envelhecimento saudável são os jogos digitais, em especial, a classe intitulada de jogos sérios (*Serious Games - SG*, em inglês). Os SG são ferramentas cujo objetivo principal vai além do entretenimento, sendo aplicados para fins educacionais, de avaliação, reabilitação e aprimoramento físico ou cognitivo (Valladares-Rodríguez et al., 2016). No contexto da avaliação de grupos de pessoas mais velhas, os SG permitem a implementação de ambientes controlados e com satisfatória validade ecológica das tarefas propostas, além de estratégias que proporcionam o maior engajamento por parte dos jogadores/pacientes (Kleschnitzki et al., 2022).

Diante disso, a presente Tese de Doutorado, buscou apresentar o desenvolvimento e validação de um SG contendo tarefas de memória episódica baseada nos paradigmas “Que-Onde-Quando” (Clayton et al., 2003), “Que-Onde-Qual ocasião” (Eacott & Norman, 2004) e associativa (Rentz et al., 2011). Concretamente, esse trabalho apresentará três objetivos. **O primeiro** será o de revisar na literatura os estudos envolvendo os SG ou jogos digitais que contenham tarefas baseadas em paradigmas de memória e que foram aplicados em amostra de idosos (≥ 60 anos), buscando com isso entender o estado da arte relacionado com a temática. **O segundo** tratará de detalhar o desenvolvimento e implementação de um SG baseado em paradigmas de memória episódica integrativa conjuntiva e memória integrativa relacional, procurando evidências de validade de construto. **O terceiro** apresentará um estudo que buscou encontrar a eficácia do SG em diferenciar o desempenho nas habilidades incorporadas ao SG em uma amostra de adultos jovens e idosos, adicionando indicadores de validade de critério ao jogo desenvolvido.

1.1. Envelhecimento cognitivo saudável

O envelhecimento é considerado um processo progressivo de declínio em estrutura, função, organização e diferenciação, que acomete os diferentes sistemas dos indivíduos, culminando em morte (MacDonald & Pike, 2021). É uma característica universal, determinada geneticamente, tendo início logo depois da maturidade sexual, acelerando, nos seres humanos, a partir da quinta década de vida, marcado pela diminuição da capacidade reprodutiva e por alterações fisiológicas, morfológicas e funcionais típicas (Hamczyk et al., 2020).

As alterações resultantes do envelhecimento acometem diversas estruturas corticais, centrais e periféricas, refletindo no funcionamento dos sistemas sensoriais, motores, emocionais e cognitivo. Os órgãos dos sentidos também sofrem comprometimento, determinando privações que contribuem ainda mais para o declínio cognitivo característico desta faixa etária (Roth, 2015).

As habilidades cognitivas são necessárias para a boa execução das principais atividades cotidianas. O envelhecimento afeta particularmente tais capacidades, promovendo um comprometimento acentuado destas, conseqüentemente refletindo no desempenho funcional. No entanto, uma variedade de fatores relevantes contribui para uma variabilidade significativa na expressão do grau de declínio em certos processos cognitivos, a exemplo dos fatores genéticos e educacionais (MacDonald & Pike, 2021).

O envelhecimento cognitivo está associado principalmente a alterações que afetam o volume e o peso do cérebro humano (Oschwald et al., 2019). Essas modificações demonstram possuir grande variabilidade, tanto na questão que trata sobre quais são as estruturas afetadas, quanto na velocidade do comprometimento (Sánchez-Izquierdo & Fernández-Ballesteros, 2021).

Estudos *post-mortem* e por neuroimagem apontam uma perda de peso sutil entre cérebros, com idade variando entre 20 e 60 anos, sendo registrada uma redução de aproximadamente 0,1% ao ano, se intensificando para 2-5% entre pessoas com idade superior a 70 anos. Uma provável explicação para esse fenômeno está relacionada com um declínio do volume de neurônios piramidais e uma diminuição na arborização dendríticas e axonais (Teissier et al., 2020). O córtex frontal e parietal, em comparação com temporal e occipital são as regiões com maior declínio, sendo as regiões orbital e frontal inferior as que apresentaram as maiores perdas de substância cinzenta (Resnick et al., 2003).

As mudanças estruturais decorrentes do envelhecimento saudável parecem afetar de formas distintas as diferentes regiões do cérebro. Por exemplo, um declínio acentuado no volume e na integridade da matéria branca foi observado no córtex pré-frontal (Liu et al., 2020). Por sua vez, estruturas como amígdala demonstram ser relativamente bem preservadas em pessoas mais velhas (Kennedy & Raz, 2015).

O envelhecimento também afeta o funcionamento de determinados processos corticais. Por exemplo, a neurogênese adulta, associada com estruturas como o hipocampo (Baptista & Andrade, 2018), parece declinar com o avanço da idade (Babcock et al., 2021). A formação de novos neurônios desempenha um papel importante na aprendizagem (Hernández et al., 2015).

As modificações acima apresentadas afetam particularmente as funções cognitivas. Uma teoria proeminente que trata dessas habilidades é a proposta que as divide em inteligência fluida e cristalizada. A primeira é representada pela capacidade de raciocínio voltado a resolução de novos problemas, sendo frequentemente discutida como um fator de ordem superior. Já a inteligência cristalizada trata sobre habilidades praticadas e conhecimento acumulado ao longo da vida (Heilman & Nadeau, 2019). Em geral, as funções cognitivas de processamento fluido (ex.: velocidade perceptiva e memória de trabalho) diminuem gradualmente com a idade, enquanto habilidades cristalizadas pelo treinamento consecutivo (ex.: vocabulário e conhecimento geral) mostram padrões de aumento e estabilidade até a idade adulta (Salthouse, 2012).

Em resumo, a memória pode ser dividida em retrospectiva e prospectiva. A primeira trata sobre a habilidade em recordar informações adquiridas no passado, sendo distinguida em memória de curto e longo prazo. Focando-se na última, pode-se dividi-la em razão da consciência da informação (explícita e implícita). A memória explícita, também chamada de memória declarativa engloba outros dois subsistemas: o (i) episódico, que trata da capacidade de recordação de informações relacionadas com eventos específicos que fazem parte da história pessoal de cada indivíduo, e o (ii) semântico, que contempla todo o conhecimento conceitual e factual, não vinculado conscientemente aos eventos pessoais (Baddeley et al., 2020).

A literatura aponta que uma parcela dos processos mnemônicos sofre algum tipo de prejuízo em razão do envelhecimento saudável (Cohen et al., 2019). Particularmente, a ME é uma das mais alteradas por esse fator (Nyberg & Pudas, 2019), acometendo diferentes componentes e habilidades relacionadas com essa função, como processamento incidental (Wagnon et al., 2019), a experiência subjetiva da recordação (Rhodes et al., 2019) e habilidades que requisitam a integração ou associação entre os elementos que compõem as experiências episódicas (Bastin, 2018).

Aparentemente, a capacidade associativa parecer ser acentuadamente impactada em populações envelhecidas (Naveh-Benjamin & Mayr, 2018). Adultos mais velhos têm dificuldade, quando comparados aos mais jovens, em formar associações entre componentes dentro da memória episódica (Cheke, 2016; Silva et al., 2020). Adicionalmente, a hipótese de déficit associativo postula que uma explicação plausível para os declínios relacionados à idade na ME é que os mais velhos comparados aos adultos mais jovens têm dificuldade em codificar e recuperar associações entre componentes distintos de um evento episódico (Babcock et al., 2021; Bastin, 2018).

1.2. Paradigmas de memória integrativa

A integração (binding) é um recurso mnemônico que possibilita associar as múltiplas informações que compõem estímulos complexos ou os diferentes eventos compostos por experiências advindas da vida diária (Ekstrom & Yonelinas, 2020). Na memória o binding garante uma representação precisa, além de proporcionar uma retenção da relação entre itens (ex.: nomes e faces) ou a conjunção das características de um objeto (ex.: formas e cores). Em suma, o binding é o conjunto de processos que possibilita que diferentes características sejam associadas, formando conseqüentemente, uma representação de um objeto complexo (Chicchi Giglioli et al., 2018).

Existem duas formas de manifestação da capacidade integrativa associada ao processamento mnemônico. A primeira delas é a integração conjuntiva, que trata da habilidade de formar uma única representação a partir de múltiplos elementos, na qual a real recuperação depende crucialmente da efetivação no acesso a uma representação unitária, derivada da associação de todos os elementos que a compõem (Bastin, Besson, Delhaye, et al., 2019a), o que pode ser observado em algumas tarefas de memória episódica (Cheke & Clayton, 2013; Easton et al., 2012; Silva et al., 2020). A outra forma trata da habilidade de recuperação de itens com múltiplos recursos, que podem ser executados por meio da lembrança de partes individuais separadamente (ex.: identidade e localização). Essa é considerada como sendo uma integração do tipo relacional (Hannula et al., 2015). Nesse último caso é estabelecida uma associação entre duas ou mais informações não dependentes, que podem representar algo, sem obrigatoriamente estarem associadas. Exemplos de tarefas que operacionalizaram esse princípio são as propostas por Naveh-Benjamin (2000, 2004, 2007 e 2009) e as adaptadas por Rentz (2010, 2011). Tais tarefas eram caracterizadas, por exemplo, pelo emparelhamento de face com nomes de pessoas (Naveh-Benjamin, Guez, & Shulman, 2004). Nessas pesquisas foram usados estímulos processados por vias distintas, que apresentavam características diferentes, permitindo que

esses fossem identificados sem necessariamente dependerem da associação estabelecida com outras informações.

No cérebro existem diversas estruturas responsáveis pelo processamento e armazenamento de determinadas características de uma informação (ex.: regiões voltadas em grande parte apenas para o processamento de aspectos temporais ou visuais de uma cena). Em razão disso, a capacidade de integração de tais informações faz-se necessária para a produção das representações complexas de eventos específicos que a todo momento são evocadas, requisitando para isso áreas especializadas em formação de associações (Bastin, Besson, Delhaye, et al., 2019b). Por exemplo, evidências empíricas sugerem que informações sobre detalhes dos objetos e a localização espacial são processadas por vias e área distintas, que convergem e se integram no hipocampo, gerando conseqüentemente representações dos itens no contexto em que elas foram experienciadas (Ekstrom & Yonelinas, 2020). A partir disso, acentua-se a importância do binding para a construção de uma memória. Tal recurso cognitivo demonstra estar presente nos diversos subtipos de memória, em especial na memória episódica (Cheke & Clayton, 2015).

1.2.1. Memória episódica integrativa

A ME recebe e armazena informações sobre eventos da vida diária. É um subsistema declarativo que, diferente do semântico, é composta apenas por informações sobre acontecimentos pessoais, ou seja, experiências particulares que foram incorporados em uma matriz de outros eventos associados à sua linha de tempo subjetivo (Tulving, 2002). Em decorrência de seu conceito ter sido inicialmente estudado pela psicologia cognitiva, umas das formas usuais de observação deste construto é por meio da experiência subjetiva associada com a recordação episódica (Rhodes et al., 2019).

Conceitualmente, o processamento episódico pode ser acessado por meio de critérios fenomenológicos (associados à experiência subjetiva relatada) e comportamentais. O primeiro critério manifesta-se apenas nos animais humanos, pois necessita de formas verbais de comunicação para ser estimado. Já o segundo pode ser observado em animais não humanos, sendo apreciado através da expressão do comportamento, em termos de flexibilidade, conteúdo e estrutura (Clayton et al., 2003).

A primeira característica dos critérios comportamentais da ME, a flexibilização, é definida como sendo a capacidade de manipulação das informações mediante a exposição a novas situações. Essa é considerada uma característica global da memória declarativa (Clayton et al., 2003).

A segunda característica, o conteúdo, trata dos elementos básicos da ME, como: I - “Quando” determinado evento ocorreu, II - o “Quê” foi esse acontecimento e, III - “Onde” foi registrado (Cheke & Clayton, 2013). Baseado nesses componentes alguns paradigmas de mensuração foram desenvolvidos, “Quê-Onde-Quando” (WWWhen, em inglês) e o “Quê-Onde-Contexto” (WWWhich, em inglês). Os primeiros trabalhos que abordaram tais temáticas foram aplicados com modelos animais, tanto para o WWWhen (Clayton et al., 2001; Clayton & Dickinson, 1998), quanto para o WWWhich (Eacott & Easton, 2010; Eacott & Norman, 2004). As tarefas derivadas de tais paradigmas possibilitaram que os animais demonstrassem memória para um objeto (“Quê”), sua localização (“Onde”) e a ocasião em que foi experimentada (“Quando” ou “Qual contexto”).

Essas formas de avaliação da ME também foram administradas com amostra de humanos. No caso das tarefas WWWhen, um dos primeiros trabalhos teve como principal objetivo avaliar a influência do sono na formação desta função cognitiva (Rauchs et al., 2004). Outras pesquisas que procuraram averiguar a eficácia deste paradigma foram realizadas por Holland e Smulders (2011), e por Cheke e Clayton (2013). A primeira avaliou a ME por meio de uma tarefa que fez uso de cenários e objetos reais. Já a segunda utilizou um game computadorizado, sendo posteriormente empregado em outras populações (Cheke, 2016; Silva et al., 2020).

Tarefas WWWhen têm sido alvo de críticas baseadas no fato de que o identificador temporal, ou seja, o aspecto "Quando" é tipicamente inespecífico, já que sua operacionalização não permite extrair informações exatas sobre a ocasião temporal precisa da ocorrência de determinado evento (Davis et al., 2013). Buscando superar tal limitação, Eacott e Norman (2004) propuseram que em vez do elemento temporal, se deveria considerar as cenas de fundo (backgrounds), o elemento contextual, como sendo um dos componentes básicos da ME. Diante disso, foi proposto examinar a capacidade de ratos em recordar objetos, posição espacial e o contexto em que eles estavam inseridos.

Estudos apontam que tarefas de ME baseadas no contexto estão associadas a características puramente episódicas, como no caso da sensação “lembrar” (Easton et al., 2012). A ME nos humanos é acompanhada por um sentimento de recordação (lembrar), enquanto processos de familiaridade, relacionado com a memória semântica, são geralmente associados a um sentimento de conhecimento (saber) (Yonelinas, 2002). Além disso, tarefas WWWhich demonstram serem dependentes do processamento hipocampal (Eacott & Norman, 2004; Langston & Wood, 2010), estrutura cuja literatura aponta como sendo um dos principais substratos neuronais da ME (Chao et al., 2020).

Por fim, a estrutura da ME está associada à concepção de que os componentes acima descritos devem se manifestar de forma integrada para consequentemente representar um determinado evento específico. Sendo assim, a recuperação de qualquer um dos elementos de uma recordação episódica deve vir associada obrigatoriamente aos demais (Bastin, Besson, Delhayé, et al., 2019b; Cheke & Clayton, 2013). Apesar das diferentes abordagens metodológicas propostas sobre a forma de estruturação (WWWhen ou WWWhich), há de acentuar-se que a ME é uma memória integrativa, pois manifesta-se nos indivíduos apenas com a recuperação simultânea dos seus componentes básicos (“Quê”, “Onde” e “Quando”/“Qual contexto”).

Tanto WWWhen quanto WWWhich demonstram serem dependentes de estruturas já consolidadas como importantes para o processamento da ME (Cheke et al., 2017; Davis et al., 2013) e envolvidas com a vinculação de informações (Henke, 2010). Como já destacado, uma dessas áreas corticais é o hipocampo, que demonstra exercer um papel na conversão e integração de informações espaciais (Ekstrom & Yonelinas, 2020), advindas do córtex parahipocampal e entorrinal medial, com aquelas que tratam sobre “características dos objetos”, projetadas de outras regiões como o córtex perirrinal e o entorrinal lateral (Sugar & Moser, 2019).

Vale salientar que ambos os paradigmas experimentais de mensuração da ME (WWWhen e WWWhich) necessitam obrigatoriamente que as informações que compõem as experiências recordadas se manifestem de forma integrada. Diante disso, pode-se dizer que a representação dos eventos emerge por meio da vinculação das unidades individuais que as formam, não apresentando significado quando esses elementos são evocados isoladamente, portanto, sendo esse considerados como modelos de Memória Integrativa Conjuntiva – MIC (Bastin, Besson, Simon, et al., 2019).

Outra forma de se trabalhar com a habilidade de associação de informações dentro de paradigmas de ME se dá por meio de modelos que buscam estabelecer pareamento entre informações desvinculadas. Esse conceito engloba a perspectiva relacional da memória (Moses & Ryan, 2006), postulando que a formação de associações pode manifestasse por meio de uma ligação entre duas ou mais informações não dependentes, sendo esses elementos isoladamente dotados de significado, assim como o produto do pareamento deles (Kormas et al., 2020).

1.2.2. Efeito do envelhecimento na memória integrativa

O processo de integração sofre alterações que variam de acordo com o tipo de memória, informações processadas ou características da população estudada. Evidências convergentes de

estudos comportamentais e neuropsicológicos apontam a existência de comprometimento dos processos associativos relacionados a formação de memórias episódicas em pessoas com envelhecimento saudável (Bastin, 2018). Acredita-se que esses decrementos surjam devido às deficiências no processamento estratégico durante fases como codificação e recordação dos eventos (Naveh-Benjamin & Mayr, 2018).

O déficit percebido na memória integrativa decorrente do envelhecimento saudável parece atingir principalmente o processamento relacional (Naveh-Benjamin et al., 2004). Esse prejuízo tem sido demonstrado para uma grande variedade de associações relacionadas a eventos múltiplos e aqueles que fazem uso de informações contextuais (Bastin & Besson, 2021). Processos relacionais que envolvem apenas associações entre itens também aparentam sofrer comprometimento em pessoas mais velhas (Naveh-Benjamin et al., 2003). Entretanto, existe a necessidade em destacar que as características dos estímulos utilizados nos pares determinam a capacidade de recordação por parte de sujeitos mais velhos. Por exemplo, estudos que utilizaram pares associados de nome-face mostraram um particular comprometimento em idosos saudáveis, quando comparados aos adultos jovens (Flores Vazquez et al., 2021). Relatou-se também forte associação entre tarefas adeptas de tal paradigma com a concentração de Beta-amiloide em estruturas corticais e subcorticais em estágios prodrômicos de certas doenças neurodegenerativas, como a Doença de Alzheimer - DA (Rentz et al., 2011).

Em amostra de idosos cognitivamente saudáveis parece existir um déficit na precisão com que executam tarefas que requisitem a associação de diferentes tipos de informações, o que é o caso do processamento integrativo conjuntivo (Cheke, 2016). Esse comprometimento acentua-se quando o conjunto de associações aumenta (Silva et al., 2020). Uma possível explicação sobre o porquê adultos mais velhos têm dificuldade em associar informações na memória é devido a dependência dessa função da integridade do hipocampo (Ekstrom & Yonelinas, 2020), e essa estrutura demonstra encolher com a idade (Liang et al., 2016), sofrendo um prejuízo ainda mais intenso em quadros patológicos (Pini et al., 2016; Sengoku, 2020).

As deficiências em capacidade integrativas podem ser explicadas por recursos limitados no processamento de certas características, exemplificado pela precisão espacial, como também pela redução na capacidade de integração de informações (associação item-local). Esse comprometimento não se estende a outros tipos de associações, como no exemplo da integração de características como cor e forma de objetos (Mayes et al., 2007).

Em termos de bases neurais, o processamento integrativo relacional parece depender de uma extensa rede cortical e subcortical, que englobam estruturas como córtex pré-frontal dorsolateral e cíngulo posterior, hipocampo e precuneos (Bastin, Besson, Delhaye, et al.,

2019a). Muitas destas estruturas são afetadas pelo envelhecimento saudável e patológico, como no DA (Liu et al., 2020; Oschwald et al., 2019), que poderia explicar esses prejuízos.

1.3. Jogos Sérios (*Serious games* - SG)

Os jogos são tão antigos quanto a própria civilização. Durante séculos, eles foram usados para entreter crianças e adultos. No atual contexto, os jogos estão presentes em uma extensa diversidade de aplicações (Lopes et al., 2018).

O crescimento dos jogos digitais no início do corrente século levou a um aumento do interesse por seu potencial no desenvolvimento de certas competências. O uso recorrente de certos jogos pode ser utilizado para o aprimoramento de habilidades cognitivas como: memória (Belleville et al., 2018; Flak et al., 2019), processos atencionais (Bier et al., 2018; Buitenweg et al., 2019) e funções executivas (Perrot et al., 2019), refletindo na melhora da tomada de decisão por parte dos jogadores (Sokolov et al., 2020).

Tais resultados trazem entusiasmo sobre o potencial dos jogos de entretenimento como uma maneira atraente e divertida de treinamento, proporcionando desenvolvimento de certas habilidades. Diante deste cenário surgem os jogos sérios (*Serious Games* – SG, em inglês) como uma nova categoria, na qual os instrumentos que fazem parte dessa podem ser empregados como ferramenta de aprimoramento (Shahmoradi et al., 2022).

Os SGs fazem referência a desafios mentais, jogados em um computador de acordo com regras específicas, que usa o entretenimento para promover treinamento, educação, saúde, políticas públicas e estratégias de comunicação (Derksen et al., 2020). Shell (2019) descreve os SG como sendo jogos desenhados com um propósito primordial que não apenas para entretenimento. Tais ferramentas podem ser desenvolvidos com a finalidade de mudar as atitudes e os comportamentos dos jogadores, sendo um meio expressivo e persuasivo. Esse modelo de jogos encontrou uma ampla aplicação na indústria de videogames, tentando educar, treinar, avaliar e inspirar os jogadores (Oliveri et al., 2018).

Essa classe de jogos concentra-se na produção de ambientes gráficos interativos e imersivos (ex.: gráficos 2D/3D, som e animação). Cada SG tem uma história de fundo, que apresenta uma lógica fluida, sem interrupções abruptas. Além disso, a interatividade possibilita conhecer o impacto das ações do jogador, através de respostas a perguntas ou situações específicas em um cenário virtual (Sweetser et al., 2017).

Para Schell (2014) muitas são as maneiras de decompor e classificar os elementos que formam um jogo, estendendo tais conceitos ao desenvolvimento dos SG. Uma organização proposta é a que trata do conceito de Tétrade Elementar, uma classificação que agrupa o

funcionamento dos jogos a partir de quatro pilares básicos: (i) Mecanismo; (ii) Estória; (iii) Estética; (iv) tecnologia. Os elementos estética e tecnologia estão nos polos de nível de interação com o jogador, no primeiro caso seus recursos são mais visíveis, já o polo da tecnologia tem seus elementos menos visíveis e, portanto, os jogadores entram menos em contato com as partes integrantes deste pilar. Mecânica e Estória se apresentam em um nível intermediário de visibilidade em relação ao jogador. Apesar desta organização, o autor argumenta que nenhum dos elementos é mais importante que os demais.

O elemento mecânico dos jogos é representado pelos procedimentos e regras que o compõem. Trata-se do objetivo do SG, e como os jogadores pode ou não tentar alcançá-lo e o que acontece quando eles tentam. Schell (2014) considera a mecânica do jogo como uma das principais características, pois ao ser comparado a outros elementos que promovem entretenimento (ex.: livros, séries, filmes etc.) apenas os jogos apresentam. Ao delimitar-se um conjunto de mecanismos, tem-se de ter em mente a tecnologia que possa apoiá-los, uma estética que enfatiza o jogador e uma estória que permita que a mecânica de jogo faça sentido.

Por sua vez, a estória trata da sequência de eventos que se desenvolve no jogo. Esta pode ser linear e pré-formatada ou derivativa das escolhas dos jogadores. Ao se determinar a Estória com que o jogo contará, os elementos mecânicos devem ser desenvolvidos simultaneamente, auxiliando a construção de uma estória fluida e sem quebras abruptas na narrativa (Schell, 2014).

Já a estética é um aspecto importante do design de jogos, inclusive no caso dos SG, visto que ela é quem têm um relacionamento mais direto com a experiência do jogador. Esta trata sobre as características perceptivas (ex.: visuais, auditiva etc.). Trata da aparência atribuída, baseada no que se espera que os jogadores experimentem ao imergirem em um jogo. Para possibilitar isso a estética é acentuadamente dependente da tecnologia empregada na construção do jogo. Por fim, mas não menos importante, tem-se a tecnologia. Esta trata do conjunto de materiais e interações que torna o jogo possível de ser executado. A tecnologia escolhida é o que permite que o jogo faça certas coisas e proíbe que ele faça outras. Ela é essencialmente o meio em que a estética acontece, a mecânica ocorre e onde a estória será contada (Schell, 2014).

Particularmente no caso dos SG, a téttrade de Schell (Schell, 2014) mostra-se insuficiente para esquematizar e englobar toda complexidade dessa aplicação, pois tais jogos tratam da abordagem de um conteúdo específico direcionado a um público-alvo, e a conceituação de cada um dos quatro elementos da téttrade deve levar em consideração tal conteúdo (Almeida et al., 2018). Em decorrência disso, Machado e colaboradores (2018)

propuseram uma expansão dessa estrutura teórica, destacando a integração do conteúdo específico aos elementos de jogos ressaltados por Schell (ver figura 1).



Figura 1: Tétrade expandida para design de Jogos. Destaca a importância do conteúdo específico na elaboração dos demais elementos de um SG. Adaptado de (Machado et al., 2018).

Todos esses elementos, influenciados pelo conteúdo específico, permitem que os SG ofereçam um ambiente imersivo e envolvente, no qual os usuários podem atingir o objetivo principal do jogo (ex.: avaliação de performance, aprendizagem, reabilitação), apenas superando despretensiosamente cada uma das fases desenvolvidas (Machado et al., 2018). O foco do usuário é superar os obstáculos apresentados, discriminando ou desconsiderando assim o objetivo no qual o jogo foi alicerçado (Oliveri et al., 2018).

Um dos principais efeitos do SG é o aumento da motivação e engajamento proporcionado aos seus jogadores. Essas características permitem desenvolver novas possibilidades para diversas áreas do conhecimento, inclusive educação, militar e saúde (F. A. M. da Silva et al., 2021).

Os SG começaram a surgir por volta de 1970 (José de Faria & Colpani, 2018). Já o conceito atualmente adotado é datado de 2002. Essa ferramenta foi aplicada em vários campos, focando-se inicialmente em educação, publicidade, ecologia e saúde. Com o passar dos anos aconteceu uma redistribuição das áreas, na qual a saúde ganhou destaque entre os desenvolvedores dessa aplicação tecnológica (Bonnechère, 2018).

1.3.1. SG aplicados à saúde

Os SG com foco no campo da saúde podem fornecer um meio adicional para aumentar o interesse em treinamento, educação e avaliação do desempenho do usuário. Essas ferramentas podem ser projetadas para educar e treinar profissionais de saúde para evitar erros médicos (F. A. M. da Silva et al., 2021) ou em processos de reabilitação, para reproduzir as tarefas repetitivas que devem ser realizadas por pacientes (Lopes et al., 2018), ou então no processo de avaliação e diagnóstico de certas doenças (Coughlan et al., 2019).

Embasados na definição de saúde proposta pela Organização Mundial da Saúde - OMS, Wattanascontom e colaboradores (2013) realizaram uma revisão sobre os principais SG desenvolvidos voltados a essa área, destacando as classes de agrupamento propostas. Para eles os SG empregados na área da saúde têm como principais finalidades: lidar com as diferentes fases do desenvolvimento de doenças, tanto o treinamento do médico quanto com a familiarização do paciente com seu estado de saúde atual, além de, mais recentemente, voltarem-se ao desenvolvimento e estimulação de hábitos saudáveis, como exercícios (Wattanasoontorn et al., 2013).

Dois jogos famosos popularizaram o uso de SG no domínio da saúde. O primeiro foi utilizado para fins educacionais, voltado para ensinar as crianças a gerenciar diabetes e insulina. Este SG mostrou ser eficiente, tendo em vista ter reduzido o número de crianças que precisaram ir ao hospital devido à crise de glicose. O segundo teve seu foco voltado para crianças com câncer, objetivando-os a lidar com o tratamento, principalmente quimioterapias. Os resultados dos estudos de validação mostraram que os pacientes que jogam esse SG melhoraram significativamente a adesão ao tratamento, os indicadores de autoeficácia relacionada ao câncer e o conhecimento sobre a doença (Schouten et al., 2014).

Nos últimos dez anos muitos SG aplicados ao campo da saúde foram desenvolvidos (F. A. M. da Silva et al., 2021; Sokolov et al., 2020; Tong et al., 2019). Eles abordaram uma ampla variedade de aspectos como: (a) ensino de certas capacidades a estudantes de medicina, médicos formados, estudantes de enfermagem, enfermeiros formados, farmacêuticos (Haoran et al., 2019); (b) educação de pacientes sobre certas condições clínicas (Marin-Gomez et al., 2019). Drummond e colaboradores (2017), por exemplo, revisaram uma série de trabalhos que utilizaram o SG como ferramenta de educação de pacientes e o público em geral sobre a asma. Seus resultados apontaram que esses jogos promovem melhorias no conhecimento sobre essa doença; (c) ferramentas de auxílio no diagnóstico (Coughlan et al., 2019) e; (d) reabilitação de habilidades cognitivas e físicas (Doumas et al., 2021). Lau e colaboradores (2017) revisaram a eficácia dos SG sobre sintomas de transtorno mental. Os jogos abordados na metanálise foram

em sua maioria utilizados no tratamento de sintomas de depressão, transtorno de estresse pós-traumático, transtorno do espectro autista, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, entre outros. Através dos achados foi possível concluir que o uso de tais jogos está associado a uma maior probabilidade da manutenção da redução dos sintomas característicos da maioria dos transtornos avaliados, isso quando comparado aos grupos não submetidos ao uso dos SG. Todas as aplicações destacadas mostram a abrangência dos SG na área da saúde e como eles podem promover benefícios aos profissionais da área, além dos pacientes e seus familiares.

1.3.2. SG como ferramenta de avaliação cognitiva

Avaliações cognitivas tradicionais, administradas verbalmente ou usando lápis e papel são custosas e demoradas para serem realizadas várias vezes durante o curso de um processo de avaliação neuropsicológica. Outros problemas a serem destacados para esse tipo de procedimento seriam as barreiras de linguagem entre o paciente e o administrador do teste e demais limitações (ex.: deficiência visual/auditiva ou imobilidade) (Lin et al., 2020).

Uma alternativa aos métodos de avaliação convencionais é o teste em série de funções cognitivas baseadas em jogos, que podem ser usados para avaliar as tendências do estado cognitivo. Uma ferramenta automatizada capaz de detectar preditores de déficits cognitivos teria aplicações clínicas úteis, pois pode alertar, por exemplo, uma equipe de profissionais especializada em reabilitação para modificar suas estratégias de intervenção quando os pacientes apresentam deterioração em seu desempenho em determinado teste ou protocolo neuropsicológico (Ferreira-Brito et al., 2019).

A avaliação cognitiva através de jogos projetados com um propósito (ex.: SG) tem o potencial de modernizar a medição e caracterização das funções cognitivas. Esse recuso possibilita medir o estado cognitivo de maneira eficiente e remota e permite testes em série ao longo do tempo (Wiley et al., 2021). Adicionalmente, uma solução baseada em software pode adaptar as propriedades do jogo, configurando-as para melhor atender ao perfil cognitivo e funcional do usuário (ex.: aumentando o tempo limite para a realização de uma tarefa) (Parsons & Reinebold, 2012).

Os jogos voltados a avaliação de funções cognitivas permitem que a testagem repetitiva e automatizada reúna dados de linha de base e os compare com os estados cognitivos após os tratamentos e em diferentes intervalos de tempo (Jin et al., 2020). Em contraste, os custos e requisitos de recursos dos testes em lápis e papel torna complexo administrá-los repetidamente em grandes amostras. Os testes neuropsicológicos convencionais geralmente não são sensíveis o suficiente para detectar mudanças relativamente pequenas no estado cognitivo ao longo do

tempo que podem ser diagnosticamente relevantes (Tong et al., 2014). Como consequência, eles apresentam limitações no que diz respeito a testagem em série, bem como para detectar as mudanças sutis e imprevisíveis no estado cognitivo, associadas a certas condições clínicas (Hagler et al., 2014).

Uma das muitas vantagens dos testes implementados através de jogos computadorizados é a possibilidade de registrar com precisão o tempo de resposta, em até milissegundos. Esta alta precisão dos dados fornece a capacidade de medir a variabilidade intraparticipante com melhor sensibilidade em comparação com os testes tradicionais, que na maioria das vezes registram o tempo geral, em vez do individualizado para cada questão (Chicchi Giglioli et al., 2021).

A inteligência artificial adotada em jogos voltados a avaliação cognitiva também se mostra útil quando possibilita a randomização de estímulos (Verschueren et al., 2019). Em testes de lápis e papel muitas vezes não é viável para os administradores aleatorizarem os estímulos para cada uma das avaliações realizadas. Esse recurso é importante para reduzir os efeitos da prática e aumenta a confiabilidade do teste-reteste. No caso em que várias versões de um teste convencional estão disponíveis, procurando minimizar esses efeitos, nem sempre é claro que as diferentes versões são equivalentes, o que então introduz outra fonte sistemática de erro. Para uma avaliação baseada em jogos adequadamente construída, pode ser possível ter tipos quase ilimitados de condições de jogo para que as pessoas não se habituem ao teste e não haja possibilidade de aprender as respostas (Tong et al., 2014).

Outra característica a ser considerada como vantajosa para os jogos voltados a avaliação cognitiva se fundamenta na capacidade que tais ferramentas têm em armazenar e compartilhar dados assim que são registrados. Isso permite que os especialistas interpretem as informações imediatamente e as compartilhem de forma ágil com outros profissionais para elaboração de planos de intervenção (Koo & Vizer, 2019).

Os SG neste âmbito também permitem a padronização que reduz o erro de medição dos administradores em um processo de mensuração neuropsicológica. Avaliações convencionais podem resultar em variabilidade devido às diferenças nos protocolos de administração entre os avaliados, ou então, inexperiência por parte dos avaliadores, resultando em maior chance de erro de aplicação (Sternin et al., 2019).

No desenvolvimento de SG, há uma série de componentes de jogos que podem aprimorar e influenciar a experiência e o desempenho do usuário. Os efeitos de áudio e visuais, que podem ser usados para representar o feedback do jogo. Diferentes sons auditivos e elementos visuais podem ser usados para indicar acertos e falhas durante um jogo. O uso de

áudio inclusive pode ajudar os participantes com deficiência visual ou baixa escolaridade a entender os objetivos da aplicação (Fleming et al., 2017).

Uma das principais vantagens de SG voltados a avaliação cognitiva está na capacidade dessa ferramenta em estimular os jogadores a realização das tarefas que incorporam tais aplicações. O aspecto de lazer dos jogos pode ser aproveitado para envolver os participantes e, ao mesmo tempo, facilitar o desenvolvimento de habilidades ou o aprendizado. Tal característica ajuda na promoção do engajamento dos jogadores (Chicchi Giglioli et al., 2021).

O engajamento refere-se a como os jogadores experimentam um jogo, como eles se sentem conectados emocional e cognitivamente às características desse ambiente e como atuam dentro dele para alcançar os objetivos propostos (O'Brien & Toms, 2008). A definição de engajamento perpassa pelo envolvimento para com cada uma das fases de um jogo, no qual a experiência não é estática, mas pode ser descrita como uma escala de envolvimento com as atividades propostas (Bodzin et al., 2020). Ferramentas como SG podem induzir altos níveis de engajamento, estimular a repetição, a prática e incentivar por meio de desafios e *feedback* rápido (Ben-Sadoun et al., 2018). Essa característica torna-se relevante no campo da avaliação neuropsicológica, pois o ambiente de avaliação às vezes é considerado como exaustivo e tedioso, resultando eventualmente em flutuações no envolvimento dos pacientes ao longo do período avaliativo, sendo considerada uma fonte de erro para o processo como um todo (Valladares-Rodríguez et al., 2016).

Outra fonte de estimulação que acompanha os jogos é a sensação de disputa que pode ser incorporada às aplicações. Competir contra outros jogadores, reais ou artificiais, e interagir com os desafios apresentados são considerados como estratégias eficazes na promoção de engajamento. A competitividade envolve uma situação em que os jogadores maximizam seu sucesso em relação ao sucesso dos outros. Já o desafio é uma atividade dependente do contexto, que envolve um grau de incerteza de resultado, progressão variável, informações ocultas ou aleatoriedade (Bodzin et al., 2020). A incorporação desses elementos em uma mensuração cognitiva, realizada com auxílio de SG, mostra-se benéfico ao processo avaliativo como todo. Especificamente, a competitividade embutida nesse “novo” ambiente possibilita replicar situações que eventualmente se desenvolvem naturalmente, pois a realização de atividades em grupos faz parte da vivência humana, refletindo consequentemente em uma maior validade externa para o procedimento (Sokolov et al., 2020).

Apesar dos benefícios e vantagens da incorporação dos SG em um ambiente de avaliação neuropsicológica deve-se destacar algumas inconveniências relacionadas a esse movimento. As críticas mais associadas a essa ferramenta incluem interfaces mal projetadas,

questões de usabilidade, falta de estruturas teóricas, diretrizes de design, carência de dados normativos e padrões psicométricos (Valladares-Rodríguez et al., 2016). Uma das principais limitações do uso da tecnologia para fornecer avaliações cognitivas através de jogos é que o hardware (tecnologia na qual o SG é executada) muda rapidamente, requerendo atualizações constantes (Koo & Vizer, 2019). Conseqüentemente, os custos associados podem ser elevados, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento. Implementar um SG com um foco específico requer muitos recursos, incluindo programadores de software e especialistas da área da saúde (Parsons & Reinebold, 2012), encarecendo o produto finalizado. A disponibilidade de SG pode ser prejudicada por custos comerciais, fator que pode dissuadir e representar uma barreira para alguns profissionais e pacientes/clientes. Por fim, outra limitação substancial perpassa pela falta de dados normativos e de teste-reteste. No entanto, esta limitação pode ser superada por testes adicionais e estudos de validação com maior adoção desta tecnologia (Fleming et al., 2017).

1.3.3. SG e o envelhecimento cognitivo

O envelhecimento é uma condição que pode se configurar em um quadro de incapacidade diante das necessidades da vida diária, sendo essas da ordem biológica, psicológica e, principalmente cognitiva, social e funcional (MacDonald & Pike, 2021; Teissier et al., 2020). Clinicamente, o envelhecimento fisiológico está implicado à algum declínio progressivo nas funções cognitivas. Os domínios cognitivos mais afetados pela idade são a velocidade de processamento, habilidades visuoespaciais e distintas dimensões mnemônicas, como memória de trabalho e ME (Sánchez-Izquierdo & Fernández-Ballesteros, 2021). Por outro lado, outras funções parecem melhorar com o envelhecimento normal, como a memória semântica e a riqueza do vocabulário (Oschwald et al., 2019).

Idealmente, os distúrbios cognitivos devem ser detectados o mais cedo possível, para que os tratamentos adequados possam ser dados e assistência seja fornecida (Loewenstein et al., 2018; Salimi et al., 2018). Avaliações neuropsicológicas são usadas para mensurar o perfil das habilidades cognitivas em pessoas mais velhas. Determinar os pontos prejudicados e os preservados nas funções cognitivas de idosos é essencial para a estruturação das abordagens implementadas objetivando a preservação da autonomia desse coorte populacional (Tong et al., 2019). Como salientado anteriormente, nesse contexto, tecnologias como os SG podem ser adaptadas para modelos tradicionais de avaliações cognitivas, promovendo uma melhora na experiência avaliativa (Tong et al., 2014).

Diretrizes para desenvolvimento de jogos voltados ao público mais velho, que por extensão, podem ser adaptados a classe dos SG, expõem que a chave para o design de ferramentas com essa finalidade é projetar e desenvolver um modelo centrado no usuário, com compreensão completa e abrangente sobre os jogadores. As características do estilo de vida e da psicologia dos usuários mais velhos devem ser sempre levadas em consideração. Além disso, também se deve analisar as motivações desse público para jogarem as tarefas propostas e as deficiências relacionadas à idade (Ijsselsteijn et al., 2007). O envelhecimento está associado a várias alterações, como a diminuição gradual da visão, problemas de audição, diminuição das habilidades motoras e aumento das deficiências cognitivas (Hamczyk et al., 2020). Essas características tornam o jogo mais difícil. Portanto, o design da interface do aplicativo ou sistema de jogo deve ser simples e intuitivo, com instruções e descrição completa, para reduzir os processos cognitivos (e a carga de memória) necessária para realização das tarefas. As características psicológicas de adultos mais velho diferem das dos jovens e lhes causam certos problemas, devendo esse fator ser levado em consideração durante o desenvolvimento de SG (Ben-Sadoun et al., 2018). Aplicativos ou jogos digitais para usuários mais velhos geralmente oferecem algumas vantagens: ajudam a melhorar estados psicoemocionais, como depressão, ansiedade e estresse, proporcionando mais interação, conexões sociais e mais entretenimento com outras pessoas (Rienzo & Cubillos, 2020).

A literatura também aponta que o aspecto social deve ser incorporado aos SG voltados ao público mais velho (Sokolov et al., 2020). Os jogos devem permitir brincadeiras com outros idosos, aumentando consequentemente a engajamento necessário para permanecer realizando as atividades digitais propostas. A opção de personalização também deve ser algo incorporado a aplicações com tal finalidade, visto que, a possibilidade de modificação de ambientes em razão de suas preferências são aspectos considerados importantes para essa amostra (Brox et al., 2017).

Embora os usuários mais velhos joguem jogos digitais com menos frequência do que outras faixas etárias, pesquisas apontam que esse comportamento não pode ser atribuído à falta de motivação, interesse ou interação social (Brox et al., 2017; Wang, 2015). Mesmo sendo um desafio para os idosos interagir com as novas tecnologias digitais, estudos concluem que eles são bastante receptivos a novos dispositivos e tecnologia computacional. Uma investigação sobre o comportamento da adoção de tecnologia apontou que os idosos gostariam de passar tempo em aplicativos digitais que podem oferecer mais benefícios. Para esse coorte populacional a tecnologia é uma ferramenta que lhes permitirá interagir com outros idosos, que

compartilham atividades em comum, fornecendo-lhes a possibilidade de interações sociais adicionais (Rienzo & Cubillos, 2020).

Diante dessa realidade pode-se apontar que os SG potencialmente representam ferramentas novas e eficazes na gestão e tratamento de deficiências cognitivas em idosos (Jin et al., 2020). Com base nessa suposição e com a ambição de complementar os testes baseados em lápis e papel, instrumentos estão sendo desenvolvidos fazendo uso dos recursos ofertados por essa tecnologia (Koo & Vizer, 2019). Assim sendo, os SG possibilitam a criação e implementação de tarefas mais próximas daquelas vivenciadas pelos idosos na vida real, vantagem bastante reduzida ou inexistente em testes tradicionalmente empregados na avaliação neuropsicológica (ex.: Mini Exame do Estado Mental/Avaliação Cognitiva de Montreal). Ao fazer uso de interfaces 2D/3D tarefas que implementam tais recursos possibilitam um ambiente mais amigável e motivador para o avaliado, adicionalmente aumentando a validade ecológica da avaliação (Chicchi Giglioli et al., 2021). Além disso, uma vez validado, SG construídos com tal finalidade podem se tornar uma ferramenta de triagem em larga escala para a detecção precoce de deficiências cognitivas (Manca et al., 2020).

Revisões evidenciam existir uma demanda crescente para o desenvolvimento de SG voltados a avaliação de certos domínios cognitivos, cujo principal propósito é a implementação desses como instrumentos de avaliação clínica. Tais pesquisas buscam principalmente testarem a viabilidade das abordagens propostas. Dentre as capacidades cognitivas exploradas tem-se: habilidades visuoespaciais, memória, atenção, funções executivas, explorando sua aplicação em amostra de pacientes com comprometimento cognitivo leve (CCL) e demências, principalmente a DA (Valladares-Rodríguez et al., 2016).

Apesar do crescente número de estudos envolvendo SG aplicados aos processos de avaliação de perfis cognitivos específicos publicados nos últimos anos, demonstrando o potencial de tal ferramenta como alternativa aos testes neuropsicológicos clássicos, ainda existe a necessidade da implementação e desenvolvimento de SG que avaliem outros processos fora os acima mencionados. Mais pesquisas são necessárias para implementar SG, confiáveis, válidos e prontos para serem usados na prática clínica diária.

Dentre os processos cognitivos que a literatura aponta não haver trabalhos de implementação através de SG pode-se mencionar a memória episódica integrativa (MI). Essa habilidade cognitiva mostra-se demasiadamente sensível aos efeitos do envelhecimento saudável (Cheke, 2016; Enriquez-Geppert et al., 2021; Naveh-Benjamin et al., 2004) e patológico (Alegret et al., 2020; Calia et al., 2020; Rentz et al., 2011), portanto, devendo ser considerado como uma ferramenta promissora de detecção de declínio cognitivo.

JUSTIFICATIVA

A avaliação das funções cognitivas é uma medida essencial para a promoção da qualidade de vida no envelhecimento (Sánchez-Izquierdo & Fernández-Ballesteros, 2021). A detecção precoce de alterações cognitivas permite uma melhor estruturação de planos intervencionistas, estabilizando de forma mais eficiente um eventual comprometimento derivado de um quadro patológico (ex.: transtorno neurodegenerativo). O processo de avaliação nesse tipo de distúrbios faz uso de diferentes técnicas e instrumentos, incluindo testes neuropsicológicos de lápis e papel (Parsons, 2016). Essas ferramentas são usadas para realizar uma avaliação cognitiva que pode ser geral ou específica, abrangendo diversos domínios, como memória, linguagem, habilidades visuoespaciais, funções executivas, entre outros (Lezak et al., 2012), no entanto, apresentam algumas limitações relevantes como: a) alterações de desempenho decorrente simplesmente da situação de avaliação, quando o avaliado está na presença de seu avaliador (Gansler et al., 2017); b) demora na produção do diagnóstico; c) propensão à erros decorrentes da execução dos procedimentos de avaliação e correção; d) efeito de prática (Tong & Chignell, 2014); e) forte dependência de fatores de confusão, como idade e nível de educação (Seblova et al., 2020) e; f) validade ecológica reduzida (Chaytor et al., 2021).

Devido à necessidade de mecanismos ecológicos alternativos para o diagnóstico precoce do comprometimento cognitivo, a literatura científica discute diversas abordagens como a digitalização de testes clássicos (Loewenstein et al., 2018), a gamificação, que trata sobre uma abordagem voltada a designe de testes inspirados em elementos dos jogos (ex.: recompensas, desafios, ambientes simulados) e a adoção de SG construídos especificamente para atender essa demanda (Tong & Chignell, 2014). A implementação de outras soluções tecnológicas, como a realidade virtual, que promovem um ambiente 3D imersivo e interativo, ou então aplicativos para smartfone e/ou tablets, que permitem ampla acesso por parte da população, também se configuram como uma alternativa viável (Chicchi Giglioli et al., 2021).

Diante desta realidade o presente trabalho se justifica por abordar o desenvolvimento de um SG cujo objetivo inicial foi verificar a eficiência de paradigmas de memória integrativa em adultos jovens e idosos, pois esse conjunto de habilidades demonstra ser particularmente comprometida no envelhecimento fisiológico (Cheke, 2016) e patológico (Rentz et al., 2013). O desenvolvimento do SG sobre MI é uma abordagem relevante, visto que não existe nada do tipo ainda na literatura.

Em função dessa lacuna, o presente trabalho se torna relevante na medida em que possibilita fornecer uma alternativa viável, em termos econômicos, pois poderá produzir uma

ferramenta relativamente barata e abrangente, podendo ser aplicada em uma grande quantidade de sujeitos. Complementarmente, pesquisas desta natureza, ou seja, que fazem uso de SG, apresentam por si só uma série de vantagens como a possibilidade de reproduzir situações ecológicas, usando ferramentas que permitem maior imersão por parte dos avaliados, quando comparado com os testes clássicos. Também facilita a padronização de sua administração e torna a coleta de dados mais eficiente e, mais especificamente, a captura do tempo de latência de resposta. Finalmente, essa abordagem permite a apresentação aleatória de estímulos em diferentes ensaios, controlando assim eventuais vieses como efeito piso ou de teto (Tong & Chignell, 2014; Valladares-Rodríguez et al., 2016).

OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1. Objetivo da tese

Objetivo geral

Desenvolver e investigar a eficiência de um SG baseado em MI em diferenciar o desempenho de adultos jovens dos seus pares mais velhos, cognitivamente saudáveis, buscando consequentemente evidências de validez.

Objetivos específicos

- a. Identificar na literatura os estudos publicados que propuseram desenvolver e validar jogos digitais ou SG baseados em paradigmas de memória, dentro os quais a MI (**Estudo 1**);
- b. Desenvolver um SG baseado em paradigmas de MI, demonstrando a lógica na construção das tarefas, o processo de design do jogo e sua implementação (**Estudo 2**);
- c. Validar o SG desenvolvido em amostras de adultos jovens e idosos cognitivamente saudáveis (**Estudo 3**);
- d. Verificar a eficiência do SG em diferenciar o desempenho de adultos jovens e idosos cognitivamente saudáveis nas tarefas implementadas no jogo (**Estudo 3**);

3.2. Estudo 1

Título: “*Jogos Sérios baseados em processos mnemônicos no envelhecimento saudável e patológico: uma revisão narrativa*”

3.2.1. Objetivo geral

Rastrear na literatura o conjunto de trabalhos científicos que abordem a utilização de SG/jogos digitais baseados em paradigmas de memória em população idosa.

3.2.2. Objetivo específico

- a. Identificar trabalhos que abordaram a construção e validação de SG/Jogos digitais que tiveram como público-alvo pessoas com 60 anos ou mais;
- b. Selecionar apenas os trabalhos que fizeram uso de tarefas baseadas em paradigmas de memória.

3.3. Estudo 2

Título: “*Esconde-Pirata: Desenvolvimento e validação de um jogo sério para medir a memória integrativa*”

3.3.1. Objetivo geral

Detalhar o desenvolvimento e implementação de um SG baseados em paradigmas de memória episódica integrativa conjuntiva e relacional.

3.3.2. Objetivo específico

- a. Desenvolver e implementar tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações temporais (WWWhen);
- b. Desenvolver e implementar tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações contextuais (WWWhich);
- c. Desenvolver e implementar tarefas de um SG baseadas em MI relacional;
- d. Identificar indicadores satisfatórios de validade de construto para as tarefas do SG desenvolvido.

3.2.3. Hipótese

2. Espera-se registrar indicadores satisfatórios que atestem uma boa validade de conteúdo, convergente e divergente, em comparação com testes baseados em lápis e papel, que avaliam a ME e outros domínios cognitivos.

3.4. Estudo 3

Título: “*Memória Episódica Integrativa através de um Jogos Sérios: um estudo de validação preliminar de um jogo de triagem para adultos idosos*”

3.4.1. Objetivo geral

Validar um SG baseado em MI, comparando-o com medidas neuropsicológicas clássicas em uma amostra de adultos jovens e idosos saudáveis.

3.4.2. Objetivo específico

- a. Verificar o desempenho de adultos jovens e idosos cognitivamente saudáveis em tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações temporais (WWWhen);
- b. Registrar o desempenho de adultos jovens e idosos cognitivamente saudáveis em tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações contextuais (WWWhich);
- c. Mensurar o desempenho de adultos jovens e idosos cognitivamente saudáveis em tarefas de um SG baseadas em MI relacional;
- d. Analisar a validação convergente entre testes clássicos de memória (verbal e não verbal) e tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações temporais (WWWhen) em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis;
- e. Observar indicadores de validação convergente entre testes clássicos de memória (verbal e não verbal) e tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações contextuais (WWWhich) em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis;
- f. Verificar a validação convergente entre testes clássicos de memória (verbal e não verbal) e tarefas de um SG baseadas em MI relacional em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis;
- g. Constatar a validação divergente entre testes neuropsicológicos não mnemônicos e tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de

informações temporais (WWWhen) em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis;

h. Obter parâmetros de validação divergente entre testes neuropsicológicos não mnemônicos e tarefas de um SG baseadas em MI conjuntiva derivada do paradigma dependente de informações contextuais (WWWhich) em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis;

i. Analisar a validação divergente entre testes neuropsicológicos não mnemônicos e e tarefas de um SG baseadas em MI relacional em uma amostra de adultos jovens e de idosos cognitivamente saudáveis.

3.4.3. Hipótese

1. Espera-se que as tarefas do SG proposto serão eficazes em diferenciar o desempenho dos grupos abordados, assim como demonstrados em estudos prévios (Cheke, 2016; Rentz et al., 2011; Silva et al., 2019).

MÉTODOS

Os métodos empregados em cada um dos trabalhos abordados na presente tese encontram-se detalhados nas respectivas seções de cada um dos estudos.

RESULTADOS

ESTUDO 1. Jogos Sérios baseados em processos mnemônicos no envelhecimento saudável e patológico: uma revisão narrativa.

ESTUDO 2. Esconde-Pirata: Desenvolvimento e validação de um jogo sério para medir a memória integrativa.

ESTUDO 3. Memória Episódica Integrativa através de um Jogos Sérios: um estudo de validação preliminar de um jogo de triagem para adultos idosos.

Estudo 1 - Jogos Sérios baseados em processos mnemônicos no envelhecimento saudável e patológico: uma revisão narrativa

Study 1 - Serious Games based on mnemonic processes in healthy and pathological aging: a narrative review

Resumo

Introdução: O envelhecimento normal e o patológico afeta de diferentes formas os distintos subtipos de memória, sendo na maioria dos cenários a função cognitiva mais comprometida. Os métodos tradicionais de avaliação e reabilitação/intervenção voltados para essa habilidade apresentam algumas limitações, como baixa validade ecológica. Nesse contexto, novas tecnologias, como os jogos sérios, uma classe específica de jogos digitais, surgem como alternativa válida para reduzir tais problemas. **Objetivo:** Identificar os paradigmas de memória que serviram de modelo na construção de tarefas contidas em SG/jogos digitais administrados em amostra de idosos. **Método:** Para a seleção dos artigos empregou-se as bases de dados: MedLine, PsycINFO, Scopus e IEEE Xplore. Os critérios de elegibilidade adotados foram: (i) amostra conter participantes com 60 anos de idade ou mais; (ii) artigos que fizeram uso de SG, jogos digitais ou tarefas computadorizadas gamificadas; (iii) trabalhos que examinaram a eficácia do jogo para avaliar, estimular ou recuperar a memória isoladamente ou associada a outros processos cognitivos; e (iv) publicação no idioma inglês, português ou espanhol. **Resultados:** 30 estudos foram selecionados ao final do processo de refinamento de acordo com os critérios de elegibilidade. Os trabalhos mostraram que a maior parte dos jogos descritos eram compostos por tarefas baseadas em 2 ou mais tipos de memória. Os artigos analisados detalharam que paradigmas de trabalho e memória visuoespacial foram os que mais serviram de referência para construção de tarefas de jogos administrados em população idosa. **Conclusão:** A revisão mostrou que existe uma quantidade ainda pequena de estudos com jogos digitais que abordam tarefas derivadas de paradigmas de memória, em amostras de idosos, apesar de essa ser uma das habilidades cognitivas mais afetadas pelos efeitos deletérios do envelhecimento.

Palavras-chave: envelhecimento; memória; jogos digitais; jogos sérios; revisão narrativa

Introdução

Em diversos países a evolução demográfica, decorrente do aumento da expectativa de vida, tende a um número crescente de pessoas idosas, derivando num aumento progressivo de doenças crônicas como as demências (Sirály et al., 2015). Dentro do espectro de demências a Doença Tipo de Alzheimer (DTA) é a doença mais representativa (Parra et al., 2018).

Em geral, a demência é uma síndrome de natureza crônica e progressiva, que promove um declínio grave da cognição que interfere nas atividades da vida diária (Dubois et al., 2010). É um transtorno caracterizado pela presença de sintomas cognitivos, como comprometimento da memória, atenção, orientação e funções executivas, que muitas vezes estão associados a sintomas comportamentais e psicológicos, como apatia ou agitação (Aalten et al., 2003).

Outra condição recorrente nessa parcela da população é o Comprometimento Cognitivo Leve (CCL), sendo tal considerado um estágio de transição entre o envelhecimento normal e a demência (Fukui et al., 2015). O CCL é definido como declínio cognitivo em testes objetivos em relação a pares da mesma idade, mas sem prejuízo funcional nas atividades da vida diária (Petersen et al., 1999). Uma classificação básica para esse transtorno é a que divide este em duas categorias: amnésica e não amnésica, estando a primeira representada por indivíduos que apresentam um déficit primário da memória ou CCL amnésico, enquanto a segunda englobaria pacientes com comprometimento de outros domínios cognitivos além da memória ou CCL não amnésico (Jessen et al., 2020). Particularmente, no caso do CCL amnésico os déficits cognitivos relatados incluem prejuízos na memória episódica (ME), com dificuldades de codificação e armazenamento de informações, especialmente em tarefas não verbais. Esse perfil cognitivo disfuncional apresenta uma maior probabilidade de evolução para a fase de demência da DTA do que o CCL não amnésico (Albert et al., 2011; Stokin et al., 2015).

No CCL amnésico e nas demências as alterações da memória são recorrentes. Por exemplo, déficits de memória é uma característica típica da DA (Salimi et al., 2018), principalmente associados com a memória espacial episódica (Sauzéon, N’Kaoua, Pala, et al., 2016). Outras formas de demência, como a frontotemporal, demonstram alterações na ME (Frisch et al., 2013; Pennington et al., 2011) e autobiográfica (Irish et al., 2011, 2014).

As alterações registradas na memória são objetivamente observadas através dos inúmeros testes neuropsicológicos implementados na clínica. Tais ferramentas têm mostrado potencial satisfatório na detecção precoce e caracterização de transtornos demenciais, sendo técnicas adicionais para o rastreamento das manifestações cognitivas, comportamentais e funcionais em estágios pré-clínicos e clínicos (Reiman, 2018). Apesar das vantagens dos testes neuropsicológicos em determinar o perfil clínico das demências, estes são considerados

demorados, trabalhosos, além de não serem adequados para testagens repetidas em nível populacional, pois acabam provocando cansaço e efeito de prática nos avaliados (Collie et al., 2003).

Uma alternativa viável e cada vez mais usual no campo da mensuração e reabilitação de habilidades cognitivas em idosos são os jogos digitais (Marston et al., 2016), sendo, por exemplo, já empregados em tarefas baseadas em paradigmas de atenção (Tong et al., 2014), funções executivas (Hagler et al., 2014) e nos diferentes tipos de memória (Coughlan et al., 2019; Vallejo, Wyss, Rampa, et al., 2017), bem como para melhorar o desempenho desse grupo nas atividades da vida diária (Manera et al., 2015). Os jogos digitais são uma atividade de lazer muito difundida que atrai não apenas crianças e jovens, mas também adultos jovens e idosos. Ferramenta de diversão como consoles, computadores e celulares possibilitam a execução de jogos que podem ser empregados na melhora das competências cognitivas, sensoriais-motoras, emocionais, pessoais e sociais (Wiemeyer & Kliem, 2012).

Uma modalidade de jogos muito empregada são os jogos sérios (do inglês Serious Games - SG). A ideia de SG é integrar jogos, simulação e aprendizagem ou treinamento para propósitos específicos, como educação, exercícios físicos, saúde, prevenção, reabilitação e propaganda (Kazmi et al., 2014; Zyda, 2005). Comparado aos jogos digitais "tradicionais", o SG tem um potencial maior para abordar as competências apresentadas previamente de uma forma mais direta e sistemática, sem negligenciar a experiência de jogo dos jogadores como diversão, motivação, fluxo, imersão, presença, desafio, curiosidade e outras emoções (Wiemeyer & Kliem, 2012).

Como os idosos constituem uma parcela considerável dos jogadores digitais, o uso de SG como ferramenta de interação com esse público pode promover a redução de barreiras autoimpostas, intensificando elementos de motivação. O emprego dessas ferramentas nesse contexto disponibiliza meios sustentáveis para melhorar ou, pelo menos, atrasar a diminuição das funções sociais, sensorio-motoras, cognitivas e emocionais decorrente do processo de envelhecimento (Wiemeyer & Kliem, 2012).

Os SG são reconhecidos como ferramentas não farmacológicas promissoras para ajudar a avaliar as deficiências funcionais de pacientes, além de serem utilizados no tratamento, estimulação e reabilitação de grupos específicos (Ben-Sadoun et al., 2018; Robert et al., 2014). No caso de idosos saudáveis, os SG já demonstraram que podem aumentar o controle cognitivo desses usuários (Anguera et al., 2013). Já no campo do envelhecimento patológico, Manera e colaboradores (2015) argumentam que existe um interesse crescente em desenvolver SG, especificamente adaptados para esse público. Muitos estudos foram publicados até então

demonstrando a implementação dessa categoria de jogos em diversos aspectos relacionados com os indivíduos com demências, sendo eles: físicos, cognitivos, sociais e emocionais.

Tradicionalmente as habilidades mnemônicas são mensuradas através de testes neuropsicológicos, no entanto, esses instrumentos apresentam uma série de vieses e limitações (Loewenstein et al., 2018). Atualmente a utilização de outras ferramentas como os SG estão cada vez mais sendo empregadas em tal contexto (Boletsis, 2014; McCallum & Boletsis, 2013; Valladares-Rodríguez et al., 2016), sendo considerados como fundamentais para a promoção de qualidade de vida, avaliação ou até mesmo reabilitação cognitiva para indivíduos desta faixa etária, que experienciam um processo normal ou patológico de envelhecimento (Manera et al., 2015). Desta forma, o objetivo da presente revisão integrativa foi identificar os paradigmas de memória que serviram de modelo na construção de tarefas contidas em SG administrados em amostra de idosos.

Método

A revisão foi estruturada em cinco estágios que objetivaram mapear a literatura relevante e atual do campo, além de possibilitar identificar eventuais lacunas e inconsistências nas bases do conhecimento que circundam o objeto de estudo da presente revisão. As etapas foram: (i) identificação da questão de pesquisa, (2) identificação de estudos relevantes, (3) seleção de estudo, (4) mapeamento dos dados e, por fim, (5) coleta, resumo e relatório dos resultados. A sumarização das etapas desta revisão será apresentada ao longo do presente texto.

Estratégia de busca (identificação de estudos relevantes)

Para a referente pesquisa foram empregadas as bases de dados eletrônicas: MedLine, PsycINFO, Scopus e IEEE Xplore até novembro de 2020. Os descritores da pesquisa priorizaram três termos básicos e associados/sinônimos, sendo: idosos, jogos sérios (serious games) ou jogos digitais e memória, em seus diferentes subtipos. As estratégias de busca individuais foram projetadas para cada banco de dados, sendo sumarizada na figura 1. Os artigos foram exportados e gerenciados no programa Microsoft Excel® e Mendeley®.

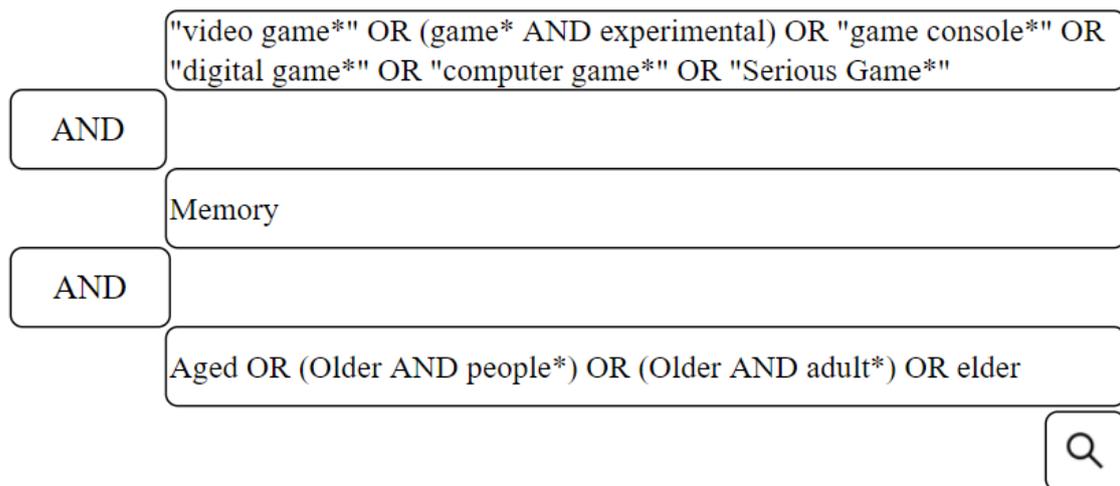


Figura 1. Sumarização das *strings* de consulta aplicadas aos bancos de dados incluídos nesta revisão (MedLine, PsycINFO, Scopus, IEEE Xplore)

Seleção dos estudos

Os artigos foram revisados para determinação da elegibilidade com base nos critérios estabelecidos, sendo: (i) amostra conter participantes com 60 anos de idade ou mais; (ii) artigos que fizeram uso de SG, jogos digitais ou tarefas computadorizadas gamificadas; (iii) trabalhos que examinaram a eficácia do jogo para avaliar, estimular ou recuperar a memória isoladamente ou associada a outros processos cognitivos; e (iv) publicação no idioma inglês, português ou espanhol. Títulos, palavras-chave e resumos foram analisados para determinar se eles atendiam aos critérios de inclusão. A busca inicial identificou 1.185 artigos. Após a remoção das duplicatas, 693 artigos foram selecionados. Ao término das análises prévias um total de 30 artigos preencheram os critérios estipulados, sendo realizada a leitura dos textos completos, que foram incluídos nesta revisão (ver figura 2).

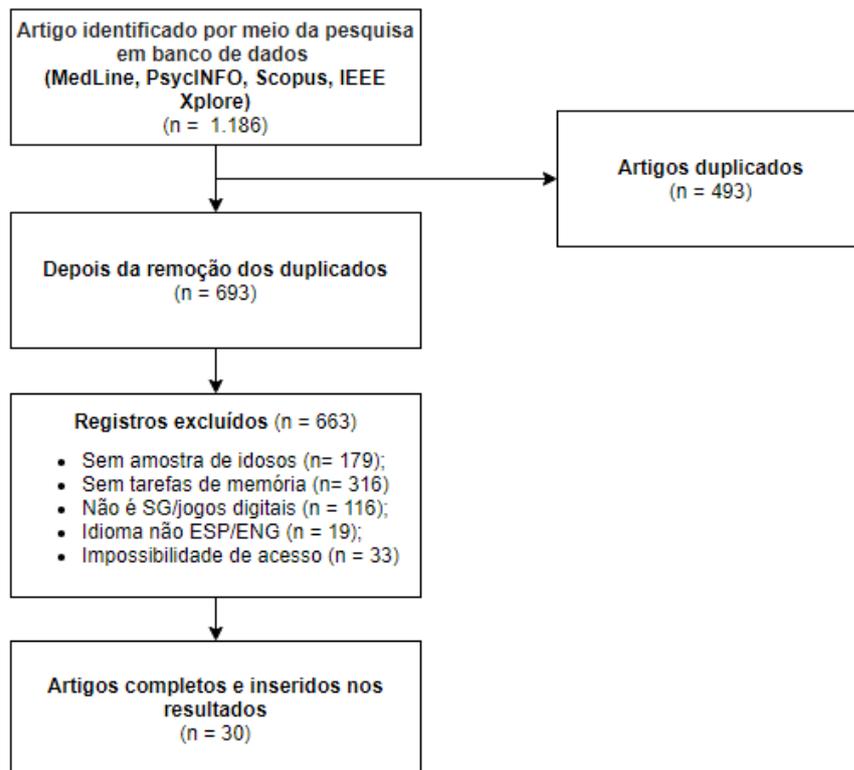


Figura 2. Processo de pesquisa e elegibilidade dos estudos decorrente dos critérios de inclusão e exclusão.

Sumarização dos dados

Planilhas foram usadas para extrair, categorizar e organizar as informações dos artigos selecionados. A análise realizada buscou examinar, identificar e registrar os critérios adotados, além de revisar e resumir as principais características de cada trabalho que entrou na revisão. As variáveis e principais informações foram sumarizadas na tabela 1, sendo: ferramenta empregada (ex. serious games), dispositivo, período no qual o SG/jogo digital ou tarefa computadorizada gamificada foi utilizado na amostra, quantidade de participantes por estudo, descrição estatística da idade dos voluntários, designe experimental das pesquisas, além de objetivos e principais considerações apresentadas pelos artigos selecionados.

Resultados

Todos os 30 estudos selecionados foram publicados entre 2009 e 2019. A maioria dos trabalhos (73%) foram produzidos entre os anos de 2013 à 2017, sendo 2015 o ano com maior concentração (20%).

50% dos artigos (n = 15) foram publicados em 12 diferentes periódicos com foco em saúde. Já 4 trabalhos (27%) estavam inseridos em periódicos relacionados com o tema do envelhecimento. Em revistas da área das tecnologias 5 artigos (17%) foram produzidos entre 2009 e 2017. As publicações multidisciplinares na área das tecnologias aplicadas a saúde abarcaram 20% de todos os trabalhos selecionados. Os demais foram apresentados em periódicos de outras áreas diversas, correspondendo a 13% de todos os estudos.

O tamanho das amostras dos trabalhos selecionados mostrou-se heterógena (ver tabela 1). A maioria usou tamanhos de amostra inferiores a 50 voluntários (70%, n = 21). O trabalho de Boletsis e McCallum foi o que apresentou a menor quantidade de participantes (n = 5). Já o trabalho de Coughlan et al. (2019) foi o que apresentou a maior quantidade de voluntários (n= 27.258).

Analisando as características das amostras se constatou que a maioria dos estudos fez uso apenas de idosos saudáveis (40%), seguido por trabalhos que fizeram uso apenas de idosos com CCL (13%). Artigos que fizeram uso de amostras que continham idosos saudáveis, com CCL e com demência foram apenas 10%. Trabalhos que fizeram uso de amostra contendo apenas idosos com demências representaram somente 3% dos artigos selecionados. Por fim, pesquisas envolvendo idosos com outras características (ex. traumatismo craniano) constituíram apenas 9% dos achados da presente revisão.

O conteúdo dos artigos evidenciou diferentes tipos de memórias expressas nas tarefas dos SG ou jogos computadorizados estudados (ver figura 3). A maioria das publicações fez uso de 1 ou 2 tipos de memória por estudo, correspondendo a 37% e 43% de todos os trabalhos selecionados, respectivamente.

Tabela 1. Variáveis analisadas dos artigos inseridos na revisão narrativa.

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|--------------------------|---------------------|--------------|-----------------------|----|--|---------------------------------------|---|--|
| (Nacke et al., 2009) | Jogos digitais | Console | 1 sessão | 40 | AJ (n= 19; Me = 21.47; DP = 2.47); AI (n = 21; Me = 74.52; DP = 8.93) | Estudo Observacional Caso-controle | Investigar os efeitos da idade e da forma do jogo na usabilidade, autoavaliação e experiência de jogo em um estudo de campo supervisionado. | Os resultados indicam que os jogadores, independentemente da idade, são mais eficazes e eficientes usando caneta e papel do que usando um console Nintendo DS. No entanto, o jogo é mais excitante e induz uma sensação intensificada de fluxo em formato digital para jogadores de todas as idades. |
| (Gamberini et al., 2009) | Serious Games | Mesa digital | 2 sessões | 12 | Me = 68.08; DP = 3.34; Amp = 64-75 | Avaliação de usabilidade | Desenvolvimento de uma ferramenta interativa para preservar as funções cognitivas prejudicadas pelo envelhecimento e proporcionar sociabilidade entre os jogadores. | O jogo desenvolvido demonstrou ser capaz de proporcionar um treinamento sócio-cognitivo agradável devido à sua simplicidade, usabilidade da interface e arquitetura multiplayer. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|----|--|--|--|--|
| (Fernández-Calvo et al., 2011) | Jogos digitais | Console | 36 sessões | 45 | GJ (n= 15; Me = 75,80; DP= 4,27); GT (n= 15; Me = 75,60 DP= 4,55); GC (n= 15; Me = 75,86 DP= 4,15) | Teste de eficácia (Delineamento pré-teste e pós-teste) | Avaliar a eficácia do jogo 'Big Brain Academy', em comparação com o Programa de Psicoestimulação Integral (PPI), um instrumento típico de entretenimento cognitivo, em pacientes com Doença de Alzheimer (DA). | O grupo submetido ao treino cognitivo com o video jogo apresentou declínio cognitivo significativamente mais lento em comparação com os grupos com estimulação tradicional e o Controle. Foi registrado também uma redução significativamente maior nos sintomas depressivos do grupo com estimulação por video jogo em comparação com os outros 2 grupos do estudo. |
| (Finn & McDonald, 2011) | Serious Games | Computador | 30 sessões | 27 | Me = 74,20; DP = 8,13; Amp = 61-89 | Teste de usuabilidade | Examinar os efeitos de um programa de treinamento cognitivo computadorizado nas funções cognitivas em um grupo de idosos com diagnóstico de CCL | Os resultados indicaram que os participantes foram capazes de melhorar seu desempenho em uma série de tarefas com treinamento. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|-----|--|----------------------|---|--|
| (López-Martínez et al., 2011) | Serious Games | Computador | 1 sessão | 20 | Me = 65,8; DP = 5,6 | Teste de usabilidade | Realizar treinamento da habilidade de planejamento dos usuários, bem como a organização necessária para atingir os objetivos planejados. Além de detalhar o desenho e a implementação desse jogo, o artigo apresenta sua validação, utilizando medidas neuropsicológicas padronizadas | O treinamento cognitivo por meio de um jogo de computador promove melhora a capacidade de planejamento de idosos saudáveis. |
| (Aalbers et al., 2013) | Serious Games | Computador | 2 sessões | 397 | GO (Me = 54,9; DP = 9,6); GAC (Me = 60,8; DP = 8,2); | Estudo de validação | Examinar a confiabilidade e validade de um novo instrumento de avaliação cognitiva, denominado de "Brain Aging Monitor" | O estudo fornece evidências para o uso da bateria de testes BAM-COG como uma ferramenta viável, confiável e válida para monitorar o desempenho cognitivo em adultos saudáveis em um ambiente online. Três em cada quatro jogos têm boas características psicométricas para medir a memória de trabalho, a memória visuoespacial de curto prazo e a capacidade de planejamento. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|-----|--|-------------------------------------|--|---|
| (Chang et al., 2013) | Serious Games | Tablet | 1 sessão | 10 | Amp: 60 - 80 | Teste de usabilidade | Implementação de um jogo de terapia de reminiscência em tablet Android para idosos objetivando ajudá-los a manter suas capacidades de memória e habilidades de cálculo. | O jogo desenvolvido pode exercitar as habilidades memoráveis e de cálculo do idoso e, até certo ponto, diminuir o comprometimento cognitivo. |
| (Tarnanas et al., 2013) | Realidade virtual | Simulador de realidade virtual | Não relatado | 205 | AI (n= 72, Me = 72,63, DP = 5,06); CCL (n = 65, Me =72,78, DP= 6,21); DA (n=68, Me= 72,58, DP= 6,21) | Estudo observacional caso-controle; | Verificar a validade ecológica e de construção de uma tarefa em um ambiente de Realidade Virtual (RV), que reproduz uma evacuação de incêndio, buscando com isso o desenvolvimento de uma ferramenta de triagem para demência em fase inicial. | O resultado mostrou que o desempenho do grupo de idosos com DA leve estava mais prejudicado do que o grupo CCL amnésico, e ambos estavam mais prejudicados do que o grupo de controles saudáveis. |
| (Anguera et al., 2013) | Serious Games | Computador | 12 sessões | 46 | Me = 67,1; DP = 4,2; Amp = 60-85 anos | Estudo observacional caso-controle; | Verificar a eficiência da estimulação, por meio de um simulador, em habilidades comprometidas pelo processo de envelhecimento. | O treinamento com o simulador (NeuroRacer) demonstra promover melhora cognitiva em participantes idosos. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-------------------------|---------------------|-------------|------------------------------------|-----|---|-------------------------------------|---|---|
| (Tarnanas et al., 2014) | Serious Games | Computador | 12 meses de intervalo de avaliação | 209 | AI (n= 75, Me = 71.6, DP = 9.2); CCL progressivo (n = 56, Me =71.3, DP= 9.0); CCL não progressivo (n=78, Me= 72.0, DP= 7.8) | Estudo de validação | Usar um ambiente de tarefa diária de realidade virtual (VR-DOT) para avaliar seu valor preditivo em pacientes com CCL. | Comparado com testes neuropsicológicos clássicos isoladamente utilizados, SG podem fornecer informações preditivas adicionais de baixo custo, computadorizado e não invasivo. |
| (Pala et al., 2014) | Realidade virtual | Computador | 4 sessões | 46 | AJ (Me = 22.44; DP= 2.05); AI (Me = 66.53; DP= 3.43); GTC (Me = 36.27; DP = 12.72) | Estudo observacional caso-controle; | Estudo piloto buscando investigar os padrões de memória através da tarefa computadorizada "The Virtual HOMES Test" | As diferenças de desempenho associadas a idade estavam principalmente relacionadas com medidas neuropsicológicas de funcionamento cognitivo, enquanto o desempenho prejudicado registrado no grupo com traumatismo cerebral mostrou estar associado com medidas de memória. |
| (Hagler et al., 2014) | Serious Games | Computador | 12 meses | 23 | (Me = 81.0; DP= 6.8); | Estudo de validação | Desenvolvimento de um instrumento de avaliação cognitiva computadorizado derivado de abordagens clássicas de avaliação neuropsicológica | Os resultados obtidos demonstraram que as medidas fornecidas pela tarefa podem ser empregadas na identificação de indivíduos com problemas neurológicos, possibilitando assim o desenvolvimento de intervenções cognitivas adequadas. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Design | Objetivo | Principais resultados |
|--------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----|---|-------------------------------------|---|---|
| (Saenz-de-Urturi et al., 2014) | Serious Games | Microsoft Kinect | Não relatado | 18 | Me = 79,61; DP = 8,90 | Estudo de viabilidade | Avaliar a eficácia de um sistema de reabilitação física e cognitiva | O treino cognitivo promove melhora/reabilita habilidades motoras e cognitivas em idosos saudáveis. |
| (Tarnanas et al., 2015) | Serious Games | Computador | 3 sessões | 227 | AI (n= 76, Me = 70.06, DP = 13.32); CCL (n = 65, Me =72.63, DP= 10.05); DA (n=86, Me= 76.59, DP= 10.59) | Estudo de validação | Avaliação da confiabilidade de 2 SG baseados em tarefas que replicam atividades complexas da vida. | O SG desenvolvido demonstra fornecer uma abordagem ecológica e confiável para avaliação cognitiva em várias sessões e, portanto, pode ser usado como uma ferramenta útil para rastrear mudanças cognitivas longitudinais em estudos observacionais e de intervenção em pacientes com CCL. |
| (Kawahara et al., 2015) | Serious Games | Computador touch | 1 sessão | 153 | AI (n = 106, Me = 64,6; DP= 6.6) MSA-C (Me = 63,6; DP= 7.2) MAS-P (Me = 66,4; DP= 4.7); CCA (Me = 65,3; DP= 12.6) | Estudo observacional caso-controle; | Examinar a capacidade cognitiva e afetiva em pacientes com atrofia sistêmica múltipla usando testes computadorizados de tela sensível ao toque. | O estudo mostrou que a ferramenta utilizada é um método de triagem sensível para avaliação cognitiva de pacientes com atrofia sistêmica múltipla |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|--------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----|---|-------------------------------------|---|--|
| (Fukui et al., 2015) | Serious Games | Computador touch | 1 sessão | 240 | AI (n= 75, Me = 75.10, DP = 6.01); CCL (n = 41, Me =75.30, DP= 6.50); DA (n=124, Me= 75.60, DP= 5.91) | Estudo observacional caso-controle; | Desenvolver e validar um teste de triagem simples para detectar declínios cognitivos e afetivos no CCL e no estágio inicial de DA. | Todas as tarefas do teste de triagem puderam ser empregadas para discriminar pacientes com DA de controles normais, enquanto apenas a tarefa de jogo de cartas invertidas foi eficaz para distinguir indivíduos com CCL de controles normais. |
| (Manera et al., 2015) | Serious Games | Tablet | 4 semanas | 21 | CCL (n = 9; Me = 75,8; DP = 9,1; Amp = 60-84); DA (n = 12; Me = 80,3; DP = 6,3; Amp = 70-90) | Estudo observacional caso-controle; | Examinar a aceitabilidade de um SG 'Kitchen and cooking' na avaliação e no treinamento cognitivo de idosos com envelhecimento patológico. | Os resultados relativos ao desempenho do jogo confirmam a aceitabilidade geral do "Kitchen and Cooking" para pacientes com CCL e com DA e distúrbios relacionados. Os achados também confirmaram que o jogo é adaptado para pacientes apáticos |
| (Kitakoshi et al., 2015) | Serious Games | Tablet | 6 semanas | 6 | Amp: 70 - 80 | Prova de conceito | Verificar a eficácia de um sistema de treinamento cognitivo para ajudar os idosos a estimular e manter suas funções cognitivas com base em um jogo de memória virtual | O resultado da avaliação subjetiva confirmou que os participantes gostaram de jogar o jogo da memória no sistema proposto com ou sem as funções introduzidas para ajustar o nível de dificuldade. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|---|---------------------|-------------|-----------------------|----|--|-------------------------------------|---|--|
| (Sirály et al., 2015) | Serious Games | Computador | 2 sessões | 46 | AI (n= 34; Me = 68.1 DP = 7.9); CCL (n = 12; Me = 76.1, DP = 11.4) | Estudo observacional caso-controle; | Verificar a eficácia de jogos de computador em prever declínio cognitivo futuro | Os resultados obtidos suportam a hipótese de que idosos saudáveis com escores mais baixos no jogo utilizado apresentam aumento do nível de atrofia nas estruturas cerebrais temporais, além de demonstrarem desempenho diminuído em testes clássicos de memória. Com base nesses resultados, pode-se concluir que os jogos de memória podem ser úteis no rastreamento precoce do declínio cognitivo. |
| (Sauzéon, N'Kaoua, Arvind Pala, et al., 2016) | Realidade virtual | Computador | 4 sessões | 60 | AJ (Me = 22,28; DP = 2,08; Amp = 18-25); AI (Me = 66,70; DP = 5,34; Amp = 60-81) | Estudo observacional caso-controle; | Investigar os efeitos da idade relacionados à navegação em uma situação naturalística usando uma tarefa baseada em apartamento virtual. | Os resultados indicaram que a navegação ativa aumentou os acertos de reconhecimento em comparação com a navegação passiva, mas não influenciou outras medidas de memória (aprendizagem, interferência proativa e agrupamento semântico) de forma semelhante em qualquer grupo de idade. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-----------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|----|--|---|--|--|
| (Toril et al., 2016) | Jogos digitais | Computador | 15 sessões | 39 | GJ (n= 19; Me = 69.95; DP = 6.73); GT (n= 20; Me =73.20; DP = 6.48) | Intervenção longitudinal com grupos experimental e controle | Verificar a eficácia de treino cognitivo com jogos virtuais | Os resultados mostraram que o desempenho dos idosos do grupo experimental melhorou significativamente em todos os jogos digitais praticados, tanto em tarefas de Memória de trabalho quanto em memória episódica. Também foi registrada melhora na memória de curto prazo. |
| (Boletsis & McCallum, 2016) | Serious Games | Tablet | 1 sessão | 5 | Me = 67.6; DP = 5.77 | Prova de conceito | Avaliar o design do conteúdo de um SG baseado em realidade aumentada, buscando verificar: a experiência do jogo; a usabilidade e interação; e a experiência pessoal do jogador | O SG utilizado demonstrou respostas positivas satisfatórias, no entanto, as reações negativas indicaram que existem problemas específicos com aspectos da técnica de interação em algumas das tarefas/mini-jogos. |
| (Ballesteros et al., 2017) | Jogos digitais | Computador | 16 sessões | 55 | GJ (n = 30; Me = 66.40; DP = 5.64); GT (n= 25; Me =64.52; DP = 4.51) | Ensaio controlado e aleatorizado | Verificar a eficácia de treino cognitivo com jogos virtuais | Os resultados mostraram melhor desempenho ao longo das sessões de treinamento. Também foi registrada melhora na motivação e engajamento dos participantes. O grupo experimental não mostrou melhorias para a medida de memória de trabalho em comparação ao grupo de controle ativo; |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|----|---|---|---|--|
| (Savulich et al., 2017) | Jogos digitais | Tablet | 8 sessões | 42 | GJ (n= 21; Me = 75.2; DP = 7.4); GT (n= 21; Me =76.9; DP = 8.3) | Ensaio controlado e aleatorizado | Objetivou testar os efeitos de um jogo de aprendizagem e memória na cognição e na motivação de pacientes com CCL. | A memória episódica melhorou de forma robusta no grupo de treinamento cognitivo. O treinamento cognitivo “gamificado” também pode melhorar as habilidades visuoespaciais em pacientes com comprometimento cognitivo leve amnésico. |
| (Tziraki et al., 2017) | Jogos digitais | Tablet | 10 - 20 sessões | 38 | DA (n = 24; Amp = 65-90 anos); Idosos saudáveis (n= 14; Amp= 65-90 anos). | Estudo observacional caso-controle; Prova de conceito | Verificar se um jogo digital pode ser jogado por pessoas com demência; Testar se pessoas com demência podem usar um dispositivo tablet para jogar um jogo digital; Constatar se pessoas com demência podem melhorar a velocidade de execução de uma tarefa com prática, indicando capacidade de aprendizagem. | Pessoas com demência podem fazer uso de dispositivos como tablets para execução de tarefas; |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|--|---------------------|--------------------------------|-----------------------|----|--|-------------------------------------|--|---|
| (Vallejo, Wyss, Rampa, et al., 2017) | Serious Games | Computador touch | 1 sessão | 18 | Me = 74.6; DP = 6.12 | Prova de conceito | de Examinar a validade cognitiva, bem como a representatividade ecológica de uma nova ferramenta de avaliação usando uma tarefa multicognitiva em idosos com pouca ou nenhuma experiência em computador. | Os SG têm potencial para ser usado como uma ferramenta de avaliação multitarefa para cognição e desempenho em uma atividade da vida diária |
| (Vallejo, Wyss, Chesham, et al., 2017) | Jogos digitais | Computador touch | 1 sessão | 38 | AI (n= 20; Me = 74.6; DP = 5.9); DA (n= 18; Me= 77.8; DP = 6.2) | Estudo Observacional Caso-controle | Avaliação das funções cognitivas em pacientes com DA. | A comparação dos desempenhos entre os dois grupos indicou uma diferença significativa em termos de percentagem e tempo de execução das várias tarefas |
| (Cho & Lee, 2019) | Realidade virtual | Simulador de realidade virtual | 20 sessões | 42 | GJ (n= 21; Me = 58.43; DP = 14.61); GT (n= 21; Me = 54.71; DP = 16.23) | Estudo observacional caso-controle; | Investigar o impacto do treinamento imersivo em realidade virtual com treinamento cognitivo computadorizado na função cognitiva e na atividade de vida diária em pacientes com AVC agudo. | O treinamento com realidade virtual mostra-se uma ferramenta eficiente na recuperação de funções cognitivas em paciente vítimas de AVC agudo. |

| Referência | Tipos de ferramenta | Dispositivo | Período de utilização | N | Idade (anos) | Designe | Objetivo | Principais resultados |
|-------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|--------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| (Coughlan et al., 2019) | Jogos digitais | celular | 1 sessão | 27.258 | AI (n = 150; Me = 61.59; DP = 4.4) | Estudo observacional caso-controle; | Verificar a capacidade de um jogo virtual prever o surgimento de padrões de desempenho cognitivo característicos de pessoas DA. | O jogo virtual implementado é sensível para detecção de alterações imperceptíveis a níveis pré-clínicos da DA. |
| (Gamito et al., 2019) | Serious Games | Computador | 12 sessões | 25 | Me = 75.3; DP = 4.5 | Intervenção longitudinal | Explorar os efeitos de uma estimulação cognitiva utilizando um SG baseado em realidade virtual, dentro de um programa de múltiplos domínios que também incluíram a promoção de habilidades sociais e treinamento em informática para idosos. | O treino cognitivo promoveu melhora no desempenho de algumas habilidades cognitivas, como atenção e memória. O estudo demonstrou que quanto mais baixo o desempenho cognitivo registrado na linha de base, mais intensa foi a melhora registrada na avaliação pós-teste. |

Nota. AJ = Adultos jovens saudáveis; AJ = Adultos idosos saudáveis; GJ = Grupo submetido ao treino/intervenção/avaliação por meio de jogos sérios/jogos digitais ou tarefas computadorizadas gamificadas; GT = Grupo submetido a estimulação tradicional; GC = Grupo Controle; GO = Grupo que acessou a versão online do jogo; GAC = Grupo avaliação cognitiva tradicional (Lapís e papel); CCL = Comprometimento Cognitivo Leve; DA = Demência por patologia de Alzheimer; GTC = Grupo traumatismo craniano; MAS-C = Grupo com atrofia sistêmica múltipla - predominância ataxia cerebelar; MAS-P = Grupo com atrofia sistêmica múltipla - predominância parkinsonismo; CCA = Grupo com atrofia cortical cerebelar. Me = Média; DP = Desvio Padrão; Amp = Amplitude.

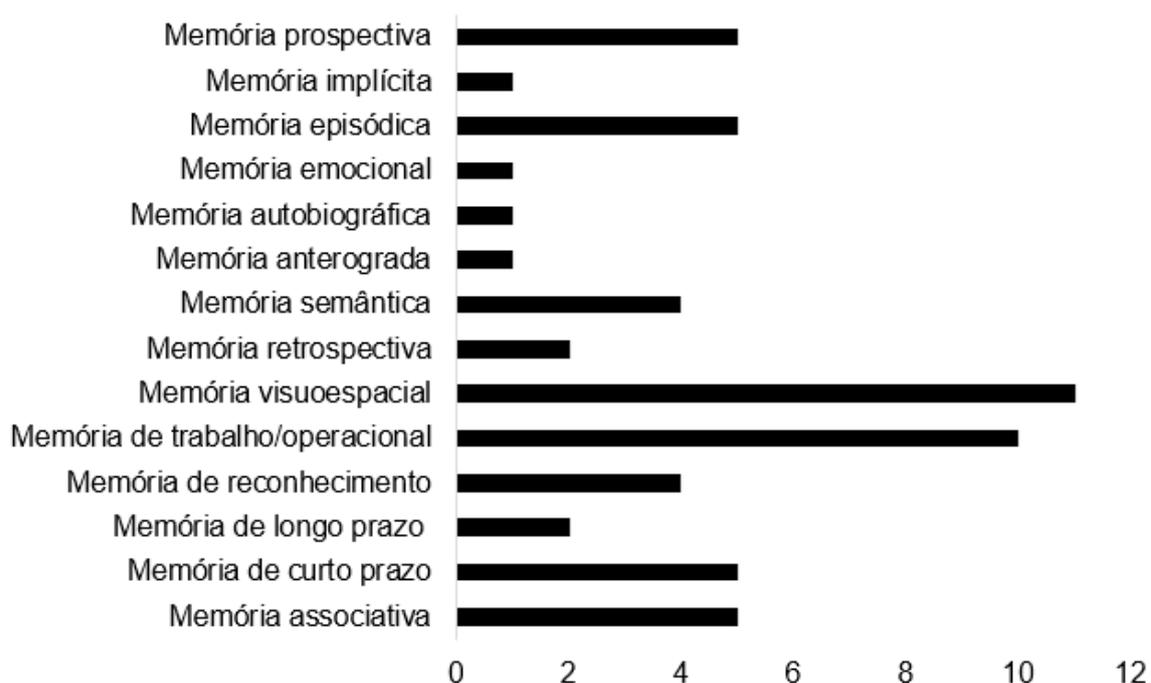


Figura 3. Quantidade de trabalhos que descrevem tarefas contidas em SG/jogos digitais por tipo de memória registrada na revisão.

Os paradigmas de memória visuoespacial foram os mais utilizados na construção de tarefas dos SG/jogos digitais utilizados em amostra de idosos, representando um total de 19% dos trabalhos selecionados na presente revisão (Aalbers et al., 2013; Coughlan et al., 2019; Fernández-Calvo et al., 2011; Finn & McDonald, 2011; Kitakoshi et al., 2015; Savulich et al., 2017; Sirály et al., 2015; Tarnanas et al., 2014, 2015; Toril et al., 2016; Tziraki et al., 2017). Em seguida foi evidenciado que os jogos que utilizaram paradigmas de avaliação da memória de trabalho - MT representaram 18% dos trabalhos (Aalbers et al., 2013; Anguera et al., 2013; Ballesteros et al., 2017; Boletsis & McCallum, 2016; Chang et al., 2013; Fernández-Calvo et al., 2011; Gamberini et al., 2009; Hagler et al., 2014; López-Martínez et al., 2011; Toril et al., 2016). Tarefas de memória de curto prazo (Cho & Lee, 2019; Fukui et al., 2015; Kawahara et al., 2015; López-Martínez et al., 2011; Manera et al., 2015), associativa (Finn & McDonald, 2011; Gamberini et al., 2009; Saenz-de-Urturi et al., 2014; Toril et al., 2016), episódica (Chang et al., 2013; Sauzón, N’Kaoua, Arvind Pala, et al., 2016; Savulich et al., 2017; Vallejo, Wyss, Rampa, et al., 2017) e prospectiva (Tarnanas et al., 2013, 2014, 2015; Vallejo, Wyss, Chesham, et al., 2017; Vallejo, Wyss, Rampa, et al., 2017) estiveram presente em 9% dos trabalhos, cada uma delas. A memória semântica foi utilizada como referência para a construção de tarefas em 7% dos trabalhos encontrados (Fernández-Calvo et al., 2011; Nacke et al., 2009; Saenz-de-

Urturi et al., 2014; Tziraki et al., 2017). Mesma porcentagem de estudos apresentou SG/jogos digitais com tarefas derivadas de paradigmas de memória de reconhecimento (Aalbers et al., 2013; Fernández-Calvo et al., 2011; Manera et al., 2015; Pala et al., 2014). Tanto a memória de longo prazo (Fukui et al., 2015; Kawahara et al., 2015), quanto a retrospectiva (Vallejo, Wyss, Chesham, et al., 2017; Vallejo, Wyss, Rampa, et al., 2017) serviram como referencial teórico para construção de jogos apresentados em 4% dos estudos, cada. O paradigma de memória que menos foi empregado na construção de SG/jogos digitais foi o de memória implícita (Tziraki et al., 2017).

Em relação ao designe dos estudos selecionados constatou que a maior parcela deles (43 %) foi do tipo observacional caso-controle (Anguera et al., 2013; Cho & Lee, 2019; Coughlan et al., 2019; Fukui et al., 2015; Kawahara et al., 2015; Manera et al., 2015; Nacke et al., 2009; Pala et al., 2014; Sauzón et al., 2016; Sirály et al., 2015; Tarnanas et al., 2013; Tziraki et al., 2017; Vallejo et al., 2017). Estudos de validação e de usabilidade corresponderam a 17%, cada um deles (Chang et al., 2013; Finn & McDonald, 2011; Gamberini et al., 2009; López-Martínez et al., 2011). Na revisão também se constatou que 10% dos trabalhos buscaram estabelecer provas de conceito sobre os jogos desenvolvidos (Boletsis & McCallum, 2016; Kitakoshi et al., 2015; Tziraki et al., 2017; Vallejo et al., 2017), sendo estes aplicados em amostras de idosos. Por fim, os designes experimentais menos utilizados nos artigos selecionados foram: intervenções longitudinais (Gamito et al., 2019; Toril et al., 2016) e ensaios controlados e aleatorizados (Ballesteros et al., 2017; Savulich et al., 2017), cada um representando 7% dos estudos.

No tocante ao tipo de dispositivo eletrônico utilizado para a execução dos jogos em amostra de idosos o de maior frequência registrado pela revisão foi computador (40%). O segundo dispositivo mais utilizado para registrar os dados dos idosos foi o tablet (20%). Outros aparelhos sensíveis ao toque, como computadores (17%), celulares (3%) e mesas digitais (3%) também foram empregados nas pesquisas. Trabalhos envolvendo consoles de vídeo game (ex.: Nitendo Wii®) representaram 10%, enquanto os que fizeram uso de simuladores de realidade virtual/aumentada foram apenas 7% dos artigos selecionados.

Por fim, uma das questões averiguadas nessa revisão foi a que trata da quantidade de sessões as quais os idosos foram submetidos em cada um dos estudos selecionados. A maior parte dos trabalhos descreveram que realizaram entre 1 à 5 sessões (50%). Artigos que descreveram a realização de 11 à 20 sessões representaram 20% de todos os trabalhos analisados. Pesquisas com SG/jogos digitais que submeteram seus participantes a mais de 20 sessões foram um total de 6%. Outras formas de descrever o período de treinamento ou

avaliação com os jogos apresentados (ex.: meses ou semana) representaram 20% do total de publicações.

Discussão

O objetivo da presente revisão foi identificar um panorama geral dos trabalhos envolvendo amostras de idosos submetidas a pesquisas que fizeram uso de SG ou jogos digitais, que adaptaram tarefas a partir de paradigmas relacionados com alguns dos subtipos de memória. A sumarização destes resultados ajudará diversos profissionais que trabalham com idosos a melhor selecionarem ferramentas dessa natureza para administrar nessa população, seja para auxiliar no processo de reabilitação ou até mesmo no desenvolvimento de pesquisas.

De acordo com Jimison e colaboradores (2004) mais de um terço da população idosa que tem acesso à internet já fez uso de algum tipo de jogo de computador. Curiosamente, os mais velhos jogam jogos de computador quase tão frequentemente quanto outros grupos de pessoas. Trinta e cinco por cento dos usuários da Internet com 65 anos ou mais já jogaram um jogo online, em comparação com 39% do público geral. Diante dessa realidade o desenvolvimento de jogos digitais voltados para esse público em particular torna-se cada vez mais relevante.

O enfoque da presente revisão nos SG/jogos digitais que fizeram uso de tarefas que demanda o processamento de informações mnemônicas deu-se em razão de que essa é uma das funções cognitivas mais afetadas pelo processo de envelhecimento saudável (Rhodes et al., 2019; Wagnon et al., 2019), intensificando seu comprometimento nos casos de envelhecimento patológico (Frisch et al., 2013; Irish et al., 2011; Possin et al., 2011; Salimi et al., 2018; Sauzón, N’Kaoua, Arvind Pala, et al., 2016).

Os resultados mostraram que ainda existe pouca quantidade de trabalhos envolvendo SG/jogos digitais com tarefas que demandem memória em amostras de idosos. A construção de jogos voltados para um público de maior idade ainda é escassa. A maioria dos trabalhos realizados com essa temática utiliza jogos inicialmente desenvolvidos para o público geral (Ning et al., 2020). Jogos computadorizados construídos com o intuito de serem aplicados em participantes com envelhecimento saudável e ou patológico devem apresentar características próprias, que irão compensar eventuais limitações dessa amostra, a exemplo de apresentação constante de feedbacks (Ben-Sadoun et al., 2018; König et al., 2015; Manera et al., 2017; Verschueren et al., 2019).

No que trata da área do conhecimento na qual esses trabalhos são publicados, os resultados mostraram que esses estão inseridos, predominantemente, no campo teórico das

ciências da saúde, representando 50% de todos os artigos. Resultados similares foram registrados em outras revisões que abordaram o uso de SG ou jogos digitais em amostras com participantes com 60 anos ou mais (McCallum & Boletsis, 2013; Ning et al., 2020). Uma possível explicação para esses achados possa estar embasada na hipótese de que o mercado de desenvolvimento de games não vê ainda essa parcela da população como alvo para criação de jogos. Em contrapartida, as áreas da saúde aparentemente perceberam que os jogos digitais são uma ferramenta válida e eficaz para aplicação neste grupo específico, principalmente, no que tange o reforço da motivação dos jogadores e a possibilidade de desenvolvimentos de tarefas com maior validade ecológica através dos jogos, visto que eles podem replicar situações cotidianas com facilidade. Por exemplo, Tarnanas e colaboradores (2013) desenvolveram um simulador em realidade virtual que replicava uma tarefa de evacuação de um prédio em chamas. Os idosos reproduziam uma série de etapas, que caso executadas com certa perfeição, resultaria em uma evacuação em segurança do prédio. A ferramenta foi baseada em modelos de decisão dependentes de processamento mnemônico prospectivo, sendo usada como ferramenta de triagem de demência em fase inicial.

Outra questão pertinente a essa revisão é a que trata sobre a discrepância registrada na amostra dos estudos selecionados. A maior parcela dos estudos registrou amostras inferiores a 50 participantes. Trabalhos como o de Marston et al. (2016) também apontaram que pesquisas envolvendo SG e idosos apresentam na sua maioria amostras inferiores a 100 voluntários por estudo. Diante dessa realidade vale destacar que o recrutamento de tamanhos de amostra maiores é crucial para obter conhecimento adicional e mais aprofundado sobre essa temática.

As análises sobre as características das amostras dos estudos mostraram uma predominância de participantes com envelhecimento saudável nos trabalhos selecionados (40%), seguido consequentemente por pesquisa com amostra de participantes com alguma variante de CCL. Esse perfil neuropsicológico é considerado uma fase preliminar de estágios demenciais (ex. DTA), podendo ou não evoluir para este estágio cognitivo (Stokin et al., 2015). Os resultados evidenciaram que delineamentos de pesquisa envolvendo SG ou jogos digitais e amostra com idosos tem um enfoque em voluntários que demonstram funções cognitivas preservadas ou então pouco comprometidas. Esse padrão pode ser fundamentado no fato de que uma das principais perspectivas de utilização dos jogos digitais para pesquisas com grupos de idosos é a utilização como ferramentas de avaliação ou reabilitação (Ning et al., 2020). Para ambas as finalidades quanto antes administrar o procedimento melhor será o resultado, tanto do ponto de vista de diagnóstico precoce quanto de início da reabilitação cognitiva (McCallum & Boletsis, 2013).

Outra questão que pode justificar a predominância de trabalhos com amostra de pacientes com as funções cognitivas preservadas se baseia na dificuldade na aplicação de tarefas em amostras com grau moderado ou severo de disfunção. Esse perfil de voluntário apresenta uma série de limitações que inviabilizam a aplicação destes métodos de interação, como por exemplo a dificuldade em memorizar os objetivos das tarefas por determinado período para conclusão dos jogos (Manera et al., 2017).

Ao focarmos nos tipos de memória que fundamentaram tarefas dos SG/jogos digitais os resultados da revisão mostraram uma predominância de tarefas derivadas de paradigmas de memória espacial. Esse tipo de memória é um dos elementos que compõem as habilidades visuoespaciais. A memória espacial é responsável pela representação e manipulação de informações espaciais extraídas de um ambiente (Iachini et al., 2010). As representações organizadas por esse tipo de memória apresentam dois componentes básicos: o processamento aloentríco, no qual as representações do ambiente são construídas referenciando-se a partir dos objetos que compõem um ambiente, e egocêntrico, onde o mapeamento do espaço tem como base o sujeito que cria as representações ambientais (Salimi et al., 2018). A habilidade espacial desempenha um papel fundamental nas atividades humanas cotidianas, como encontrar caminhos, orientação geográfica, usar um mapa do espaço para navegação, localizar lugares ou agarrar objetos (Vlček & Laczó, 2014).

O fato do resultado da presente revisão demonstrar que a memória espacial é um dos tipos mais usados como referência na construção de SG/jogos digitais aplicados em amostra de sujeitos com 60 anos ou mais já era esperado, pois essa habilidade cognitiva é uma das funções mais estudadas em amostra de idosos (Iachini et al., 2010). A intensificação desse tipo de pesquisa em amostras com essa idade deve-se em razão de que a memória espacial demonstra ser particularmente afetada pelo processo de envelhecimento (Haque et al., 2019; Suri et al., 2017). Assim, mudanças relacionadas à idade na memória espacial são comuns (Vlček & Laczó, 2014), manifestando-se em idosos saudáveis, geralmente percebidas através do aumento na quantidade de relatos ou sentimento de desorientação (Mitolo et al., 2013). Tais queixas intensificam-se nos casos de envelhecimento patológico (Haque et al., 2019).

Indivíduos com CCL demonstram sofrer alterações que prejudicam o desempenho em tarefas que avaliam a memória espacial, como pode ser constatado no trabalho de Caffo e colaboradores (2012). Nesse estudo o desempenho de reorientação dos participantes em ambos os grupos CCL amnésico foram significativamente piores do que os dos controles. Para pacientes com CCL, uma tarefa de navegação usada na avaliação da memória espacial (Lesk et

al., 2014), e outra de orientação espacial egocêntrica e allocêntrica (Serino et al., 2015), detectaram que esses grupos sofrem declínio em testagens dessa natureza.

No caso de pesquisas envolvendo grupos com demência foram demonstrados que a memória para localizações espaciais, padrões espaciais e localizações de objetos encontra-se prejudicada (Iachini et al., 2010). Alguns autores sugeriram que os déficits visuoespaciais podem constituir um preditor precoce de demências, particularmente da provocada pela DTA, cujo diagnóstico precoce pode ser previsto de forma mais eficiente pela detecção dos déficits nessa modalidade de memória (Coughlan et al., 2019; Geldmacher, 2003; Possin et al., 2011).

Os achados acima apresentados podem justificar os resultados da presente revisão que demonstram uma predominância no desenvolvimento de tarefas que compõem os SG ou jogos digitais que são inspiradas em paradigmas de memória espacial. Por exemplo, Aalbers et al. (2013) implementaram em um grupo de participantes com média de idade superior a 60 anos um jogo de quebra-cabeça intitulado “Brain Aging Monitor”, sendo esse composto por quatro tipos de tarefas, que avaliaram, entre outras habilidades, a memória espacial. Os achados mostraram evidências para o uso do “Brain Aging Monitor” como uma ferramenta viável, confiável e válida para monitorar o desempenho cognitivo em adultos e idosos saudáveis em um ambiente online. Os resultados evidenciaram que três das quatro tarefas apresentaram características psicométricas satisfatórias para medir a memória espacial e outras habilidades cognitivas. Os autores ainda destacaram que essa ferramenta deve ser predominantemente aplicada no monitoramento online da cognição e em projetos de estimulação voltado a promoção de um envelhecimento saudável do cérebro.

Outro jogo que fez uso de tarefas que requerem a memória espacial para sua execução foi o publicado por Tarnanas et al. (2015), que trabalhou com participantes com envelhecimento cognitivo patológico (CCL amnésico e DTA), os quais foram submetidos à um SG constituído por 2 módulos de jogo que emulavam atividades da vida diária, sendo essas tarefas complexas e de navegação espacial. Os resultados exibiram bons indicadores de confiabilidade, sendo esses marcadores considerados satisfatórios para o diagnóstico de CCL amnésico.

A MT também foi outra função utilizada predominantemente na criação de tarefas de jogos aplicados em amostras de idosos. Essa habilidade é considerada um sistema para a retenção e manipulação temporária de informações durante o desempenho de uma série de tarefas cognitivas, como compreensão, aprendizagem e raciocínio (Baddeley, 2010). Esse processo cognitivo apoia a realização bem-sucedida de objetivos comportamentais que estão sendo realizados por qualquer um dos vários sistemas, incluindo sistemas sensoriais, aqueles que fundamentam a memória episódica e semântica, assim como sistemas motores. Portanto,

deduzimos que em decorrência dessa importância da MT para o processamento de outros componentes mnemônicos e o grande interesse da comunidade científica por esse tema explica-se a grande quantidade de estudos envolvendo amostras de idosos e SG/jogos digitais, cujas tarefas foram inspiradas nessa função cognitiva.

Outra questão que pode justificar a quantidade de jogos digitais relacionados com MT e aplicado em amostra de idosos é embasado no fato de que diversas pesquisas demonstram que essa função cognitiva é particularmente afetada no envelhecimento (Chai et al., 2018). A literatura demonstra que os participantes mais velhos apresentam um desempenho deficitário quando comparado com seus pares mais jovens em tarefas de MT. A justificativa para esses achados está embasada no relato de que diminuições na área de superfície cortical no lobo frontal do hemisfério direito estavam associadas a esses desempenhos mais fracos (D'Esposito & Postle, 2015).

Uma questão que surpreendeu os autores foi a baixa quantidade de trabalhos que abordaram tarefas de jogos digitais derivadas de paradigmas de ME. Essa habilidade mnemônica é um sistema neurocognitivo que possibilita aos seres humanos lembrar experiências passadas, permitindo revivê-las. Essa trata sobre as informações "Quê", "Onde" e "Quando" das experiências idiossincráticas dos indivíduos, situando-as no tempo e no espaço (Tulving, 2002). Anatomicamente, a ME está associada principalmente ao hipocampo. Prejuízos nessa função cognitiva são frequentemente os primeiros sintomas experimentados por pacientes com DTA), manifestando-se inclusive em estágios prodrômicos da doença (Ex.: CCL amnésico (Weintraub et al., 2012). A falta de mais trabalhos que abordem jogos digitais com tarefas derivadas da ME é uma lacuna que deve ser explorada no desenvolvimento de jogos que tem essa parcela da população com público-alvo.

Em seu trabalho, Sauzón e colaboradores (2016) implementaram uma tarefa 3D computadorizada de reconhecimento baseada em ME. Na fase de codificação, 30 participantes adultos jovens e 30 idosos saudáveis foram divididos em dois grupos: ativo e passivo, que deveriam explorar um apartamento. Durante a fase de teste, os participantes foram solicitados a realizar uma tarefa de evocação livre e uma outra de reconhecimento. O jogo implementado explorou diferentes habilidades relacionadas com a memória episódica, como: efeito de aprendizagem, efeito de esquecimento ativo, estratégia de memória (na codificação e na recuperação) e falsos reconhecimentos. Em suma, os resultados apontaram que a navegação ativa aumentou os acertos de reconhecimento em comparação com a navegação passiva, mas não influenciou outras medidas de memória (ex.: aprendizagem) de forma semelhante em qualquer grupo de idade. Além disso, os autores argumentaram que a ferramenta empregada

pode ser promissora como instrumento clínico, equiparando-se com testes de memória tradicionais.

Por sua parte, Vallejo et al. (2017) investigou a usabilidade de um SG como ferramenta de triagem com maior validade ecológica para avaliação das funções cognitivas em pacientes com DTA. Um total de 38 participantes divididos em 2 grupos (controle e DTA) foram convidados a completar seis tarefas virtuais da vida diária avaliando várias funções cognitivas, dentre elas a memória episódica. Os resultados indicam que ambos os grupos subjetivamente acharam o jogo amigável e foram objetivamente capazes de jogar sem dificuldades de interação com o computador. O estudo sugeriu que esta nova ferramenta de avaliação baseada em um jogo é um método amigável e ecológico para avaliar as habilidades cognitivas relacionadas às dificuldades que os pacientes podem encontrar nas atividades de vida diária e pode ser usado como uma ferramenta de triagem, para distinguir o desempenho de voluntários com DTA de controles saudáveis.

Os resultados da presente revisão evidenciaram uma diversidade de delineamentos de pesquisa empregados nos trabalhos resumidos na tabela 1. É notável que estudos observacionais caso-controle, de validação de tarefas e teste de usabilidade foram os mais proeminentes. No entanto, também houve pesquisas limitadas com foco na intervenção longitudinal e ensaios controlados e aleatorizados. Estudos futuros devem considerar uma abordagem de observação focada em métodos com maior nível de evidência científica, para assim fornecer dados mais robustos no que trata a eficácia da utilização de tarefas de memória aplicadas em formato de jogos digitais em amostra de participantes mais velhos. Diante desses ajustes é possível que estudos futuros sejam capazes de fornecer uma validade e confiabilidade de resultados mais substancial para acadêmicos e profissionais da área da gerontologia que desejam usar jogos para auxiliar a avaliação e reabilitação cognitiva de idosos (Bleakley et al., 2015).

No que diz respeito aos dispositivos usados em cada uma das pesquisas foi registrada uma predominância de jogos que foram executados em computadores, seguido pelos jogos construídos para serem executados através de dispositivos tablets. Trabalhos que direcionam as normativas para construção e implementação de SG em amostra de pessoas mais velhas recomendam predominantemente o emprego de dispositivos sensíveis ao toque, como tablets e smartphones (Robert et al., 2014). O manuseio de periféricos como mouse e teclados é relatado como sendo desagradável e complicado para serem utilizados. Já dispositivos baseados em toque são considerados mais intuitivos e, portanto, são mais bem recebidos por participantes mais velhos (Ben-Sadoun et al., 2018).

Outro tipo de dispositivo empregado, estando presente em 10% dos artigos selecionados foram os consoles de videogame. O Nitendo Wii® e o Microsoft Kinect® foram os mais frequentes. O primeiro foi lançado no ano de 2006 e promove, desde então, uso de consoles de jogos digitais para benefícios à saúde, resultando em projetos de pesquisa inovadores, assim como no caso do Microsoft Kinect®, que foi desenvolvido depois, no ano de 2010. A versatilidade dessas ferramentas as torna adequadas para serem administradas em idosos. Por exemplo, a tecnologia do dispositivo da Nitendo mostrou benefícios positivos para o bem-estar, qualidade de vida e desempenho cognitivo, sendo uma tecnologia eficaz e de baixo custo para utilização de atividade física e equilíbrio. Já a tecnologia de integração do usuário no ambiente, bem como a capacidade de reconhecimento de gestos e voz presentes no console da Microsoft pode ser um benefício acrescido para os participantes com idade superior a 60anos e com pouca familiaridade com tais tecnologias (Marston et al., 2016).

Limitações

Primeiramente, a principal limitação desta revisão narrativa do escopo estaria relacionada à própria busca dos estudos que deveriam ser incluídos nela. Acreditamos que apesar das bases de dados consultadas (MedLine, PsycINFO, Scopus e IEEE Xplore) possibilitarem a extração, em primeira busca, de uma quantidade substancial de artigos, outras bases deveriam ser consideradas. Além disso, o algoritmo de busca poderia ser refinado, para assim fornecer uma maior sensibilidade. No entanto, em razão do presente levantamento tratar-se de uma revisão narrativa acreditamos que a rigidez metodológica utilizada foi adequada, fornecendo conseqüentemente a sensibilidade necessária para a proposta. Em segundo lugar, existem algumas limitações que foram detectadas após a análise dos estudos incluídos. Uma das principais é a falta de dados suficientes para realizar uma revisão sistemática ou metanálise. Uma parcela substancial dos estudos negligenciou aspectos estatísticos relevantes para análise em conjuntos dos resultados quantitativos, a exemplo das propriedades psicométricas das tarefas de memória utilizadas, ou então dados mais detalhados sobre as características das amostras empregadas. Algumas pesquisas por exemplo apenas descreveram a amplitude de idade dos grupos. Por fim, notamos que apesar das dificuldades encontradas foi desenvolvida uma revisão narrativa da literatura de forma rigorosa e abrangente. Portanto, os resultados apresentados serão úteis para se obter uma visão clara, estruturada e diversificada sobre o assunto. Esse conhecimento poderá servir futuramente de referência para construção de programas de reabilitação ou ser implementado na organização de protocolos de avaliação diferencial.

Conclusão

O objetivo desta revisão foi fornecer uma visão geral do atual estado da arte sobre o uso de SG e ou jogos digitais inspirados em paradigmas neuropsicológicos de memória e aplicados em pessoas idosas. Esse levantamento acaba por fornecer informações como esses estão sendo projetados, implementados e validados atualmente. Tal compreensão faz necessária em razão de que esse processo cognitivo é um dos mais afetados, tanto no envelhecimento saudável quanto no patológico, e que essa ferramenta é apontada como uma alternativa eficaz para minimizar uma série de problemas presentes em instrumentos tradicionais de mensuração e reabilitação neuropsicológica. Este estudo pretende ajudar a mapear rapidamente os conceitos-chave que sustentam esta área de investigação e a identificar aspectos que requerem maior detalhamento para melhorar os jogos virtuais com tais características e aplicados a essa amostra em particular.

A revisão mostrou que os SG/jogos digitais são ferramentas promissoras para a aplicação em amostra de idosos, visto que esse grupo em particular demonstra dificuldade em interagir com ambientes de avaliação tradicional, a exemplo de laboratórios de pesquisa e na clínica. A possibilidade de construção de formas de mensuração ou reabilitação que possam emular ambientes mais familiares aos idosos, a exemplo de residências ou parques pode ser uma alternativa para superar tais dificuldades. O desenvolvimento de tarefas mais ecológicas é um dos grandes desafios dessa área de pesquisa e os jogos digitais, principalmente SG baseados em ambientes de realidade virtual mostram-se uma possibilidade de solução para tais adversidades.

Vale salientar que os resultados demonstraram uma quantidade pequena de estudos com um foco em tarefas baseadas em paradigmas neuropsicológicos de memória. Geralmente os trabalhos fizeram uso de múltiplas funções cognitivas na construção das respectivas tarefas implementadas nos jogos digitais selecionados, buscando investigar predominantemente outros processos cognitivos, a exemplo de funções executivas e atenção, e dentro desses conjuntos de habilidades exploradas foram inseridas algumas tarefas baseadas em processos mnemônicos, sendo predominantemente representados por paradigmas de memória espacial e de trabalho.

Convém apontar que alguns paradigmas de memória, como os de memória integrativa (Cheke & Clayton, 2013; Clayton et al., 2003; Eacott & Norman, 2004; Easton & Eacott, 2010) ficaram de fora dessa revisão, pois não foram utilizados em quaisquer dos estudos pesquisados, mesmo sendo particularmente comprometidos pelo processo de envelhecimento (Cheke, 2016; Mazurek et al., 2015; Silva et al., 2019). Isso demonstra uma lacuna na literatura, que deve ser

explorada por estudos futuros envolvendo SG baseados nesses paradigmas em amostra de idosos, com envelhecimento saudável e/ou patológico.

A maioria dos estudos demonstra ser exploratório, envolvendo pequenos grupos de participantes, e seus objetivos são principalmente avaliar a viabilidade do uso dessas novas tecnologias para mensuração neuropsicológica. Por enquanto, e de acordo com todos os artigos analisados, apenas um dos SG avançou para a fase de normalização (Aalbers et al., 2013). Diante desse cenário, mais pesquisas ainda são necessárias para construir testes implementados por meio de SG/jogos digitais, que possam ser confiáveis, válidos e prontos para serem usados na avaliação neuropsicológica clínica. No entanto, dado o grande número de estudos sobre o tema e o crescente interesse nos últimos anos, eles demonstram seu potencial como uma alternativa aos testes neuropsicológicos clássicos.

Estudo 2 - Esconde-Pirata: Desenvolvimento e validação de um jogo sério para medir a memória integrativa

Study 2 - Esconde-Pirata: A Serious Game for measure integrative memory

Resumo:

A Memória integrativa é uma habilidade cognitiva que permite a associação de diversas informações que compõem estímulos complexos ou os diferentes eventos compostos por experiências advindas da vida diária, sendo classificada em conjuntiva ou relacional. Os efeitos do envelhecimento saudável ou patológico parecem afetar de diferentes formas esses distintos processos mnemônicos. A detecção das alterações dessas memórias é essencial para aqueles que sofrem com as consequências desse comprometimento. Os métodos experimentais atuais (Testes Neuropsicológicos de lápis e papel) para caracterização desses processos apresentam uma série de limitações. Nesse contexto, outras ferramentas, como no caso dos jogos sérios (*Serious Games* – SG, em inglês) mostram-se promissoras. Assim sendo, no presente artigo apresentamos o desenvolvimento e validação de um jogo baseado em paradigmas de memória integrativa, denominado de “Esconde-Pirata”. O estudo foi conduzido com 51 adultos jovens, objetivando comparar a pontuação produzida pelo SG e medidas neuropsicológicas tradicionais. Os resultados apontaram que o desempenho das tarefas do SG apresentou indicadores satisfatórios de validade de construto. Em função disso, “Esconde-Pirata” demonstra potencial como ferramenta de avaliação cognitiva da memória integrativa.

Palavras-chave: Memória Integrativa; Memória Episódica; Jogos digitais; Jogos sérios; Design de jogos

I. Introdução

A integração (binding) é um recurso mnemônico que possibilita associar as múltiplas informações que compõem estímulos complexos ou os diferentes eventos compostos por experiências advindas da vida diária (Buschke et al., 2017). Esse recurso cognitivo possibilita que diferentes características sejam associadas formando conseqüentemente uma representação de um objeto complexo (Rhodes et al., 2015), podendo ser expresso de duas formas possíveis: a integração conjuntiva e a relacional (Bastin, 2018; Moses & Ryan, 2006). A primeira consiste na construção de uma representação unitária, cuja significação desta é indissociável da integração de todos os elementos que a compõem, podendo ser observadas em diversas tarefas de memória (Cheke & Clayton, 2013; Eacott & Easton, 2010). Já a integração relacional é um recurso que permite a construção de representações derivadas da associação entre duas ou mais informações não dependentes (Kormas et al., 2020).

A implementação de paradigmas de memória integrativa foi adaptada em testes tradicionais, baseados em lápis e papel (Rauchs et al., 2004) ou então por meio de instrumentos computadorizados (Plancher et al., 2010), sendo administrados em amostras distintas, como crianças (Cheke & Clayton, 2015), adultos jovens (Cheke & Clayton, 2013; Saive et al., 2015), idosos saudáveis (Silva et al., 2020) ou com transtornos neurocognitivos (Fernández & Parra, 2021), demonstrando níveis satisfatórios de validade. Apesar de serem formas de avaliação neuropsicológica recorrentes e amplamente administradas tais métodos apresentam algumas limitações como: i - demora na aplicação (Collie et al., 2003), ii - Efeito de Aprendizagem (Lezak et al., 2012), falta de validade ecológica (Loewenstein et al., 2018), e formas de aplicação pouco estimulantes, resultando em baixo engajamento por parte dos avaliados (Ben-Sadoun et al., 2018).

Uma alternativa interessante para o campo da avaliação neuropsicológica são os jogos digitais (O'Shea et al., 2019). O desenvolvimento e implementação de tarefas baseadas em paradigmas de mensuração de certas habilidades cognitivas (ex.: atenção, memória, ou funções executivas) inseridas no contexto dos jogos digitais apresentam vantagens em relação às implementações tradicionais de caneta e papel, incluindo, por exemplo, uniformidade de administração das tarefas e extração de desempenho mais consistente (Shahmoradi et al., 2022). De acordo com McCallum e Boletsis (2013) os jogos cognitivos apresentam o potencial para superar as limitações presentes nas tarefas

neuropsicológicas tradicionais, além de serem ferramentas que possibilitam um aumento da motivação dos jogadores.

Os jogos sérios (Serious Games – SG, em inglês) são uma classe específica de jogos cujo objetivo principal não se restringe exclusivamente em proporcionar entretenimento ao seu público-alvo. Adicionalmente, tais aplicativos buscam educar, informar ou aprimorar funções cognitivas e/ou físicas (Derksen et al., 2020; Eichenberg & Schott, 2017; Lau et al., 2017). Quando aplicado na área da neuropsicologia essa ferramenta demonstra ser uma alternativa viável para o processo de avaliação e reabilitação cognitiva em diversas populações, fazendo uso de tarefas baseadas em paradigmas de atenção, memória e funções executivas (Valladares-Rodríguez et al., 2016). Por exemplo, os SG aplicados à idosos demonstraram ser uma alternativa eficaz para mensurar e treinar suas capacidades cognitivas e físicas, que repercute numa melhora da qualidade de vida (Sokolov et al., 2020), na medida que esta ferramenta digital pode oferecer aos idosos uma melhora ou estabilização de funções cognitivas sensíveis aos efeitos deletérios do envelhecimento, como no caso da memória, assim como um aumento da autoestima (Kleschnitzki et al., 2022).

Apesar da diversidade de SG que exploram distintos processos cognitivos (Valladares-Rodríguez et al., 2016), os que abordam paradigmas de memória integrativa são inexistentes, mesmo sendo essa uma das habilidades cognitivas mais promissoras na detecção de perfis mnemônicos disfuncionais em idosos com envelhecimento saudável ou patológico (Naveh-Benjamin & Mayr, 2018; Rentz et al., 2013), evidenciando assim a aplicabilidade de SG com tais características como uma ferramenta simples e amigável de avaliação neuropsicológica. Partindo dessa premissa o objetivo deste estudo foi apresentar o processo de design de um SG para mensurar memória integrativa e fornecer evidências de validade de construto das medidas mnemônicas obtidas com o SG, por meio de um estudo piloto, com uma amostra de adultos jovens e saudáveis. Esperamos registrar indicadores satisfatórios de validade convergente e divergente, visto que os modelos que fundamentaram o SG demonstraram previamente a associações com substratos neuronais envolvidos com o processamento de diferentes modalidades de memória (Cheke et al., 2017; Davis et al., 2013; Rentz et al., 2011). A contribuição deste trabalho está relacionada com a necessidade de desenvolvimento de mecanismos mais ecológicos de mensuração de certas habilidades cognitivas, que conseguem emular, por meio da tecnologia dos SG, situações do cotidiano, podendo ser implementado para diferentes

finalidades, a exemplo da detecção de padrões disfuncionais de memória integrativa conjuntiva e relacional em grupos específicos.

II. Conceito do jogo

A memória integrativa pode ser mensurada através de diferentes tarefas neuropsicológicas experimentais. As baseadas na perspectiva da memória integrativa conjuntiva objetivam principalmente verificar a acurácia da recuperação das representações mnemônicas únicas, que são o produto da integração dos elementos individuais que constituem tais memórias (Bastin & Besson, 2021), podendo ser investigadas, por exemplo, fazendo uso de paradigmas de memória episódica baseadas na ligação de elementos como: características de objetos, localização espacial e informações temporais (Cheke & Clayton, 2013; Silva et al., 2020) ou contextuais (Easton et al., 2012; Saive et al., 2015). Já a memória integrativa relacional foca-se na formação de relações/associações entre elementos distintos, não dependentes e dotados de múltiplas características individuais (Alegret et al., 2020; Enriquez-Geppert et al., 2021; Rubiño & Andrés, 2018).

A memória integrativa conjuntiva baseada em informações temporais pode ser explorada através de tarefas fundamentadas por um paradigma de Memória Episódica (ME) proposto por Clayton (1998, 2003), denominado como abordagem “Que – Onde – Quando” (WWWhen, em inglês) da ME, cuja sua validade foi testada por diversos estudos, com diferentes grupos (Cheke & Clayton, 2013; Holland & Smulders, 2011; Mazurek et al., 2015; Silva et al., 2020). A construção do modelo é derivada da concepção de que a ME é um subsistema de memória declarativa responsável pela aquisição, armazenamento e recuperação de informações sobre eventos datados temporalmente, e sua relação espaço-temporal (Tulving, 2002). Dentro desta perspectiva, a ME estaria integrada pelos componentes "Que", "Onde" e "Quando" dessas representações (Clayton et al., 2003) e necessariamente, os elementos que compõem os eventos de natureza episódica devem ser recuperados simultaneamente e de forma integrada (Clayton & Dickinson, 1998).

Já o modelo de memória integrativa baseada em contexto pode ser investigado por um paradigma experimental que explora o efeito das circunstâncias que formam o cenário para um evento ocorrer. A fonte que influenciou esse modelo considera que cenas de fundo (backgrounds) definem a característica contextual para uma ocasião específica

(Gaffan, 1994). Integrando esse elemento com outras informações como tipo de objeto (informações “Que”) e posição espacial (informações “Onde”). Este enfoque da ME foi proposto por Eacott e Norman (2004) e nomeado de “Que – Onde – Qual contexto” (WWWhich, em inglês). A validade deste paradigma também foi explorada tanto em estudos com animais humanos (Easton et al., 2012; Saive et al., 2015) e não humanos (Davis et al., 2013).

A memória integrativa relacional (MIR) faz uso de paradigmas que utilizam a capacidade de aprendizagem por meio da formação de associações entre vários elementos individuais distintos (Kormas et al., 2020). Trabalhos nessa linha elaboraram protocolos experimentais que buscaram investigar a capacidade de recuperação das relações derivadas do pareamento de duas informações em comparação com a memória para itens únicos (Naveh-Benjamin et al., 2007). Exemplos de tarefas que fazem uso de tal perspectiva é o Memory Capacity Test - MCP (Papp et al., 2015; Rentz et al., 2011; Roman et al., 2016), que trabalha com a recordação de pares de palavras a partir do auxílio de dicas semânticas, ou então, o Face-Name Associative Memory - FNAME, que explora a capacidade de recordações de associações entre faces e nomes (Alegret et al., 2020; Flores Vazquez et al., 2021; Nanda et al., 2019).

Atividades que dependem da memória integrativa para sua resolução são consideradas ferramentas de rastreio cognitivo promissoras. Por exemplo, essa habilidade parece ser sensível ao processo de envelhecimento, já que permanece preservada ao longo da vida, reduzindo sua eficiência no envelhecimento saudável e intensificando o prejuízo no envelhecimento patológico (Naveh-Benjamin et al., 2004; Parra et al., 2010). Parte considerável desse comprometimento deve-se à dependência da memória integrativa de estruturas como o hipocampo (Eichenbaum, 2017; Ekstrom & Yonelinas, 2020; Sugar & Moser, 2019). Essa região é uma das primeiras comprometidas no envelhecimento patológico (ex. Demência por patologia de Alzheimer - DA). Assim, o desenvolvimento e validação de instrumentos (ex. jogos sérios digitais) baseados em tarefas derivadas de modelos de memória integrativa podem se tornar ferramentas úteis no contexto clínico, por exemplo, na detecção precoce de estágios prodrômicos das demências (Calia et al., 2020; Norton et al., 2020).

III. Método

Para atingir os objetivos deste estudo, o método contempla duas fases: (a) design do jogo, incluindo os elementos e modelos de mensuração de memória integrativa para estimar os escores do jogo; e (b) execução de um estudo piloto para verificar evidências de validade de construto do SG em uma amostra de adultos jovens.

Design de jogo

O processo de desenvolvimento e implantação do SG proposto exigiu uma equipe multidisciplinar (neuropsicólogos, neurocientistas especializados em memória, pesquisadores da área de desenvolvimento de SG), obedecendo a múltiplos requisitos (Ben-Sadoun et al., 2018; Manera et al., 2017; Verschueren et al., 2019). A base necessária para o design do SG levou em consideração a tétrede expandida (Machado et al., 2018), que considera a influência do conteúdo específico, derivado do propósito e objetivos do SG, na implementação dos demais elementos que fundamentam o desenvolvimento de jogos (ver figura 1).



Figura 1: Tétrede expandida para design de Jogos. Destaca a importância do conteúdo específico na elaboração dos demais elementos de um SG. Adaptado de (Machado et al., 2018).

Para cada um dos modelos de memória integrativa foram elaboradas definições teóricas e operacionais (ver figura 2). Dessas definições foram derivadas três tarefas principais, executadas no SG intitulado de “Esconde-Pirata” , em razão da proposta

temática do jogo, sendo: (a) esconder e indicar onde determinado objeto foi depositado no mesmo cenário em duas situações temporalmente separadas, representando o modelo WWWhen (Cheke & Clayton, 2013; Clayton et al., 2003); (b) ocultar e recuperar o mesmo objeto em dois contextos diferentes, caracterizando o paradigma WWWhich (Eacott & Norman, 2004; Easton et al., 2012); e (c) relacionar figuras e nomes (tarefa NOFI), para a exploração da MIR, abordada por meio de uma adaptação de uma tarefa de associação nome-face (Kormas et al., 2020; Rentz et al., 2011)

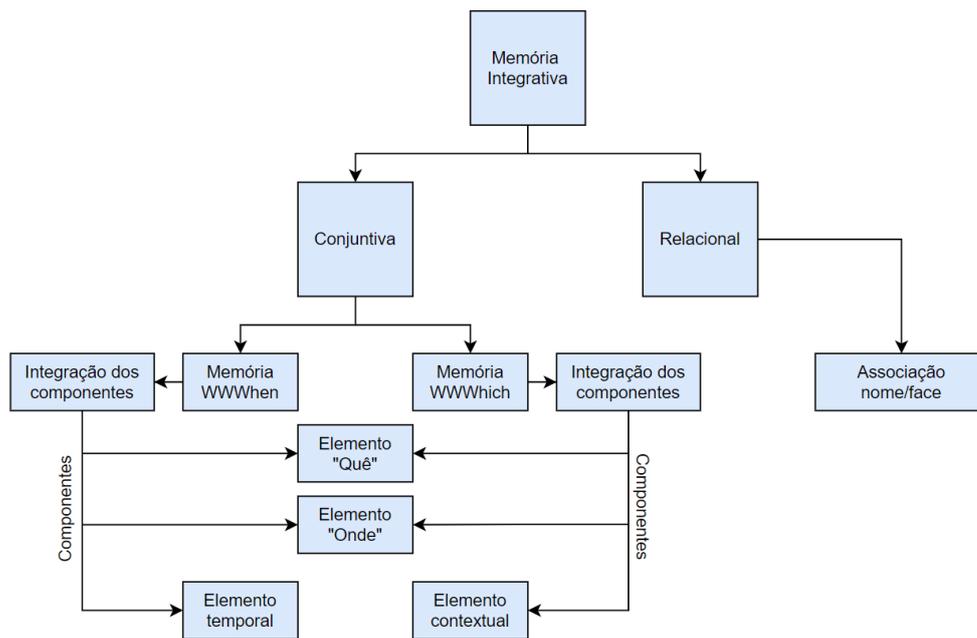


Figura 2: Definição operacional das tarefas que compõem o SG “Esconde-Pirata”.

Mecânica do SG

A Mecânica caracteriza o conjunto de procedimentos e regras de um jogo (Schell, 2019). No “Esconde-Pirata” as diretrizes resumiram-se a ações de esconder e encontrar tesouros, para as tarefas WWWhen e WWWhich, e relembrar associações preestabelecidas para a NOFI.

Em um painel 2D foram projetados diversos cenários contendo, cada um deles, distintos elementos de referência (ex. árvores) distribuídos aleatoriamente nas imagens. Cada um dos ambientes era estático e alterava-se à medida que novos desafios eram evocados para serem resolvidos pelos jogadores. Dentro do espaço delimitado pelas bordas do painel era permitido que os voluntários movessem objetos 2D (tesouros) livremente até determinada coordenada espacial na qual desejasse “esconder”. Os objetos sempre eram disponibilizados na região inferior do painel. As ações eram realizadas até

que não restasse mais opções de seleção. Todos os itens eram extraídos de um banco de imagens de forma aleatória, buscando com esse procedimento reduzir o efeito de ordem.

O SG foi configurado para que os jogadores executassem uma quantidade limitada de ações, buscando com isso evitar sobrecarga de informações. As ações permitidas pelo jogo possibilitavam que os jogadores escondessem o mesmo conjunto de elementos em um cenário específico, mas em 2 ocasiões temporalmente separadas (fase de aquisição para evento 1 e 2), e uma posterior fase de recuperação, na qual deveriam ser apontados onde os tesouros foram escondidos em cada um dos eventos (intervalo de aproximadamente 3 minutos entre as fases de aquisição e recuperação), sendo esse conjunto de ações restrito as tarefas WWWhen. As mesmas regras se aplicaram para as tarefas WWWhich, só que substituído os eventos por contextos distintos.

O período de realização das tarefas eram turnos de 25 segundos. Finalizado o intervalo, os jogadores eram estimulados sonoramente sobre o término do tempo padrão para resolução do desafio proposto. Essa exigência foi estipulada apenas durante a fase de aquisição das informações. Na fase de recuperação os jogadores tinham a liberdade de apontar onde os objetos foram escondidos, sem serem pressionados por um indicador de tempo limitado.

Tanto as tarefas WWWhen quanto as WWWhich tiveram suas rotinas executadas após a seleção, por parte do jogador, de um dos 4 Non-player character (NPCs) disponibilizados em uma tela de seleção, onde abaixo de cada personagem era apresentado seus respectivos nomes. Metade dos NPCs executavam as rotinas das tarefas WWWhen e o restante as da tarefa WWWhich. A escolha era livre e após completar a tarefa associada o personagem se tornava indisponível. Não existindo mais NPCs livres para serem escolhidos era executada a rotina de ações relacionadas com NOFI. A mensuração para esse tipo de modelo de memória integrativa se baseia no pareamento entre diferentes informações independentes. A partir dessa exigência foi estruturada uma tarefa que requisitou que na fase de recordação os jogadores fossem apresentados a uma cena contendo a imagem de um dos NPCs previamente desafiados e um painel com alternativas contendo letras, onde uma delas correspondia a inicial do nome associado ao respectivo personagem. Respondendo erroneamente o jogador passava para uma nova combinação de nome-figura. Ao responder corretamente uma nova tela foi apresentada, devendo nela ser selecionado o nome exato associado com o respectivo personagem (ver figura 3).

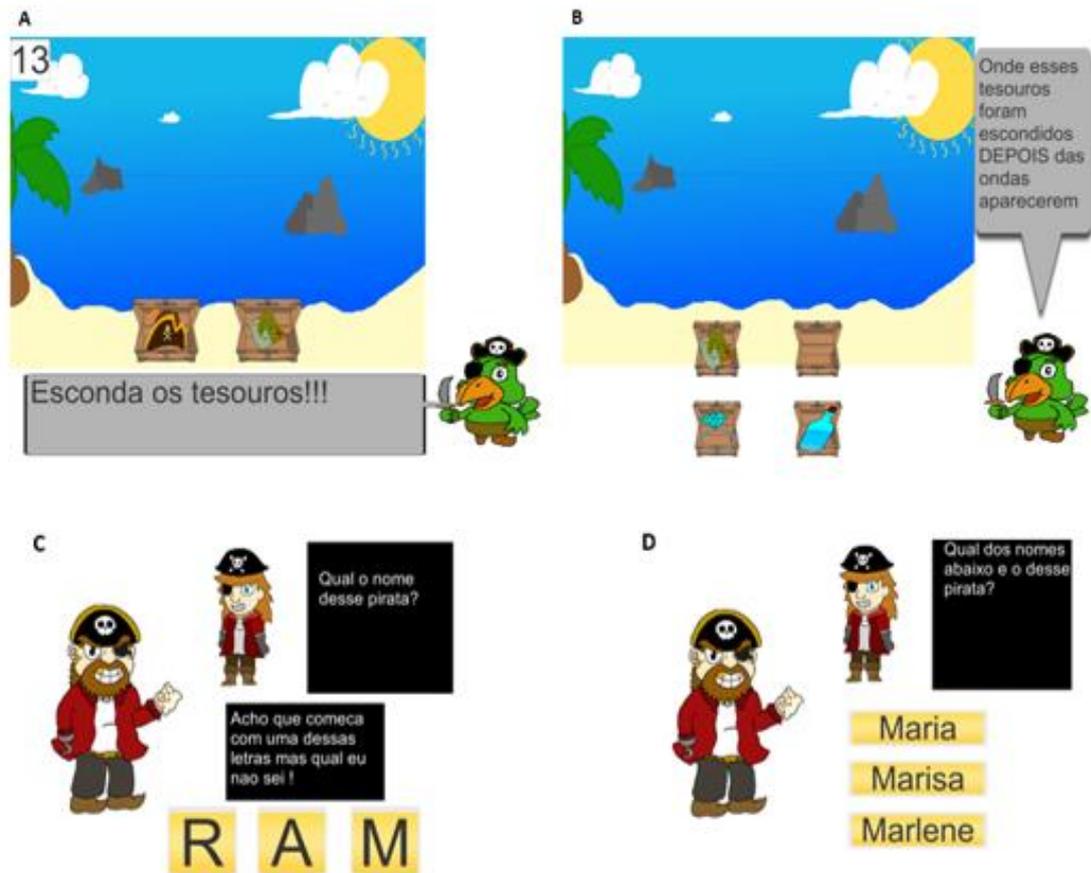


Figura 3: Fase de aquisição (A) e recuperação (B) das informações da tarefa WWWhen ou WWWhich. Fase de recordação (C e D) da associação nome-figura para a tarefa de MIR (NOFI).

A recordação de objetos escondido em determinado local em um tempo (WWWhen) ou em um contexto (WWWhich) específico, além da capacidade de relembrar o nome de pessoas conhecidas (MIR), adaptado para o SG como recordação de nomes associados a figuras, são aptidões mnemônicas condizentes com situações cotidianas (atividades da vida diária). Portanto, tarefas que emulam tais ações hipoteticamente apresentam indicadores satisfatórios de validade ecológica.

Narrativa do SG

Foi proposta uma narrativa relacionada com as regras estabelecidas para atender os objetivos das tarefas do SG. Uma competição de esconde-esconde entre piratas foi pensada com background para o desenrolar do fluxo de jogo. Os jogadores atuaram passivamente, seguindo um conto linear, sem múltiplos caminhos de desenvolvimento.

Esse formato também foi optado para não sobrecarregar os jogadores de informações que viessem a prejudicar a execução dos objetivos das tarefas.

O fluxo narrativo iniciou-se com a apresentação dos objetivos da competição. Seguiu-se com os desafios impostos pelas respectivas tarefas, nas quais os voluntários tiveram que desafiar os NPCs selecionados. No caso das tarefas baseadas no elemento temporal da memória integrativa os jogadores escondiam os tesouros disponibilizados, mas em razão de eventos pré-programados (ex. um furacão sumiu com os tesouros) eram requisitados que os escondessem novamente no mesmo cenário. Já para as tarefas WWWhich, outros eventos pré-programados (ex. um pirata ladrão roubando os tesouros, sendo recuperados após a prisão do respectivo personagem) exigiram que os voluntários escondessem os mesmos objetos, só que em um novo cenário (contextos distintos). Já para a NOFI foi desenvolvida uma história que explorou a dificuldade de um personagem em recordar os nomes associados aos NPCs desafiantes, requisitando assim que os jogadores pareassem tais informações.

Estética do SG

A estética, conhecida como detalhes de superfície, está relacionada à forma com que os elementos visuais, sons, música e mecânica do jogo funcionam juntos (Schell, 2019). Em razão do público-alvo, foram adotados recursos gráficos 2D e uma paleta de cores reduzida para os componentes visuais usados no SG.

O protótipo primordial com os conceitos preliminares do SG foi esboçado em papel (protótipo de baixa fidelidade), que posteriormente foram convertidos em versões digitais que expuseram o conteúdo das cenas e a lógica condicional (ver figura 4). Finalizado essa etapa, um artista gráfico ficou responsável pela criação dos tesouros e cenários usados no jogo.

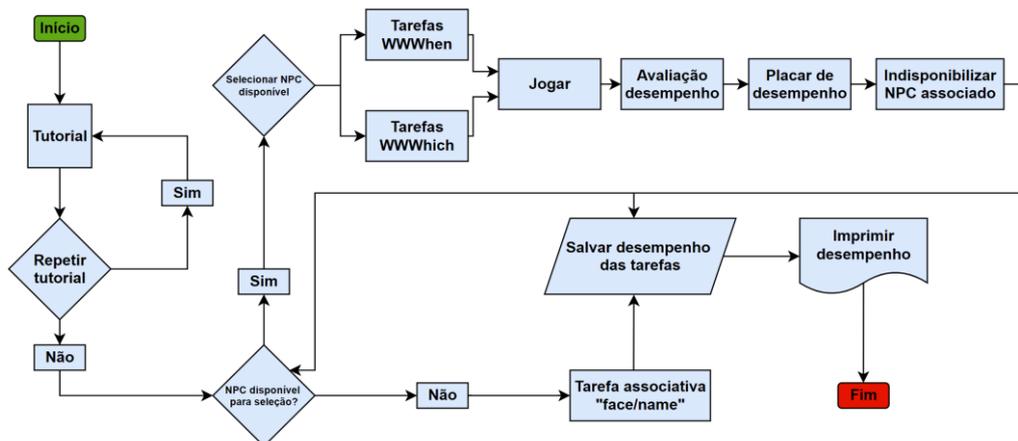


Figura 4: Fluxograma que ilustra o fluxo de execução do jogo “Esconde-Pirata”.

Adicionalmente foi selecionado um background sonoro constante, executado durante a realização das tarefas, sendo permitido aos jogadores regularem sua intensidade e ativação. Também se inseriu na versão do SG testada a sonoplastia para ações executadas no jogo: i – seleção de objetos; ii – enterro dos tesouros. Os áudios empregados são de livre acesso (<https://freesound.org/>).

Tecnologia

No processo de design de um jogo, o conceito de tecnologia refere-se à plataforma na qual o jogo é executado (Machado et al., 2018). Considerando o momento de uso e o público-alvo, foi definido que o jogo não deveria depender de nenhum recurso que estivesse fora dos padrões de mercado e uso. Deste modo, a execução do jogo não depende de nenhum dispositivo específico e pode ocorrer em computadores convencionais ou dispositivos móveis. Ao considerar o público-alvo, optou-se pelo uso de uma forma de interação simples com o jogo: por meio de seleção. Esta seleção pode ocorrer com o uso de dispositivos apontadores, como o mouse em computadores desktop ou notebooks, ou com o toque sobre o objeto em dispositivos móveis. A construção do SG se deu através da engine Unity (<https://unity3d.com/pt>), utilizando-se da linguagem C#.

Inicialmente, considerando os testes de validação, a execução do jogo ocorreu em um notebook padrão, com tela de 15.6 polegadas (resolução 1366 x 768 Pixels), processador Intel® Core™ i7-8550U (1.8GHz; 8MB Cache), com placa gráfica NVIDIA GeForce MX110 com 2GB. O dispositivo de entrada adotado para a versão testada foi um mouse óptico, que controlou o ponteiro para a interação com os tesouros utilizados na tarefa, permitindo o deslocamento pelos cenários do “Esconde-Pirata”. Por razões de mobilidade, versões futuras deverão ser executadas em dispositivos móveis, como tablets ou celulares, mas a forma de interação permanecerá por meio de seleção.

Sistema de inteligência

O sistema de inteligência empregado fundamentou-se em modelos de mensuração da memória baseado em recordação (livre e com dicas) e reconhecimento (por escolha forçada ou com múltiplos distratores) de informações (Kahana, 2012; Macmillan & Creelman, 2005; Otani & Schwartz, 2018; Snodgrass & Corwin, 1988). A recordação livre requer relatar/descrever o número máximo de itens aprendidos, de forma espontânea e sem auxílio de dicas após um intervalo de demora depois da aquisição de uma determinada informação (Kahana, 2012). Os intervalos entre a fase de aquisição e recuperação da informação exposta varia consideravelmente entre estudos como, por exemplo, 1 minuto, 5 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 dia, 1 semana, etc. (Otani & Schwartz, 2018). O reconhecimento trata da capacidade de discriminar itens estudados de não estudados em uma lista de teste (Snodgrass & Corwin, 1988). Uma variante deste tipo de mensuração é o “reconhecimento associativo” que busca investigar a capacidade de discriminação de associações previamente estabelecidas versus novas (Macmillan & Creelman, 2005).

As tarefas WWWhen e WWWhich foram baseadas em paradigma de recordação livre, constituindo suas estimativas de desempenho a partir do Índice de Precisão da Memória (IPM), sendo esse expresso através da magnitude do vetor decorrente das coordenadas espaciais de determinado objeto para cada uma das ocasiões (WWWhen) ou contextos (WWWhich), respectivamente, produzidas na fase de aquisição e comparada com as obtidas para o mesmo objeto na fase de recuperação. No contexto do jogo foi adotado que a magnitude distância seria inversamente proporcional ao IPM, visto que quanto maior o módulo do vetor decorrente menor a precisão de recordação de determinado objeto em uma ocasião ou contexto específico (Cheke et al., 2016). A escala

empregada para o cálculo da magnitude das distâncias entre as coordenadas dos itens foi derivada da proporção de pixels distribuídos por uma tela de jogo com resolução de 1024x720 fixada no centro do monitor onde o jogo foi executado.

O cálculo da pontuação NOFI foi baseado na proporção das respostas corretamente recordadas. Essa estimativa utilizou a proporção de pares nome-figura corretamente recordados em relação aos possíveis (Rentz et al., 2011; Saive et al., 2015).

Avaliação do jogo (Estudo piloto)

Amostra do estudo

A versão prévia do “Esconde-Pirata” foi administrada em uma amostra de adultos jovens, visto que essa é parcela da população com maior familiaridade com dispositivos tecnológicos (Wong et al., 2020). Fizeram parte do grupo voluntários que: i - relataram ausência de doenças ou transtornos que afetam o sistema nervoso central; ii - apresentaram capacidade de ler e escrever; iii - demonstraram aptidão para resolver adequadamente as provas neuropsicológicas utilizadas e iv - entenderam adequadamente os objetivos apresentados no tutorial do SG. Não foram considerados aptos aqueles que apresentaram condições clínicas específicas como: i - traumatismo crânio-encefálico; ii - distúrbios de aprendizagem; iii - abuso de álcool ou drogas; iv - déficits de audição ou de fala, que dificultaram a comunicação e; v - doenças endócrinas (ex.: diabetes mellitus).

Testagem cognitiva

Foi administrada nos voluntários uma bateria de testes neuropsicológicos que cobriram diferentes domínios cognitivos. (a) atenção: atenção sustentada, através da parte A do Trail Making Test (Tombaugh, 2004), controle atencional, com o teste d2 (Silva-Sauer et al., 2022; Strauss et al., 2006); (b) memória verbal, Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey – RAVLT (Cotta et al., 2012) e (c) não verbal, fazendo uso do Teste de Aprendizagem não verbal – La Ruche (Violon & Wijns, 1984; Zimmermann et al., 2019); (d) funções executivas: flexibilidade cognitiva, através do índice B/A do Trail Making Test (Lamberty & Axelrod, 2006), processamento inibitório por meio da versão Victoria do Teste de Stroop - parte C (Campanholo et al., 2014; Strauss et al., 2006).

Procedimento de coleta

Os participantes foram submetidos ao SG acompanhados por um profissional capacitado para esclarecer eventuais dúvidas durante a execução do jogo. Posteriormente, os voluntários foram submetidos ao protocolo de avaliação das habilidades cognitivas.

Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Neurociência Social, localizado no Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal da Paraíba – CCHLA. A pesquisa foi aprovada e seguiu todos os requisitos do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPB sob CAAE: 26350019.0.0000.5188. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo recrutados por meio de anúncios em redes sociais.

Análises estatísticas

As pontuações WWWhen e WWWhich foram derivadas da média de IPM para os itens corretamente recordados em cada uma dessas tarefas. Já a NOFI foi estimada através da proporção de acerto em relação as chances possíveis. Todas as medidas obtidas por meio do “Esconde-Pirata” e as medidas neuropsicológicas empregadas no estudo foram convertidas em distribuição normatizada para assim serem comparadas.

Testes de Kolmogorov–Smirnov foram conduzidos para verificar a normalidade das medidas. Em razão das distribuições verificadas e da quantidade de sujeitos do estudo optou pela utilização de estatística paramétrica para análise dos dados.

Correlações de Pearson foram utilizadas para verificar as associações entre as medidas neuropsicológicas e as estimativas produzidas pelo SG desenvolvido. Foram executadas correlações parciais excluindo os efeitos das covariáveis idade e escolaridade sobre as associações averiguadas. Regressões lineares múltiplas foram executadas objetivando verificar como os escores nos testes neuropsicológicos predisseram o desempenho dos jogadores nas tarefas que fundamentaram o SG proposto.

As análises de dados foram geradas usando o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 21 (IBM®, SPSS Statistics versão 21). Valores de $p < .05$ foram considerados significativos.

IV. Resultados

Descrição da amostra e da testagem

O presente estudo foi conduzido com uma amostra de 54 adultos jovens. Um total de 3 voluntários foram excluídos por não realizarem todo o processo de mensuração das habilidades cognitivas que compuseram o protocolo neuropsicológico. Não se excluiu participantes em razão da existência de transtornos neurológicos e/ou psiquiátricos. Uma amostra final de 51 participantes (Idade, M = 27.86, DP = 5.77, Amp. = 18–38; Sexo, 64% feminino) foi constituída para as análises do presente artigo.

Tabela 1: *Resumo dos dados demográficos da amostra do estudo e pontuações de avaliação cognitiva.*

| Variável | Masculino (n = 18) | | Feminino (n = 33) | |
|--------------|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | M (DP) | Amp. | M (DP) | Amp. |
| Idade | 26.16 (4.96) | 20-37 | 28.78 (6.05) | 18-38 |
| Escolaridade | 14.01 (2.37) | 12-17 | 14.27 (2.33) | 12-17 |
| TAP | 32.61 (4.16) | 27-40 | 33.27 (3.85) | 25-39 |
| TMT-A | 34.61 (4.67) | 27-45 | 40.03 (6.66) | 26-51 |
| TMT-B | 61.88 (13.11) | 45-101 | 69.27 (11.91) | 48-97 |
| TMT-B/A | 1.81 (.45) | 1.20-3.06 | 1.75 (.32) | 1.27-2.58 |
| d2 | 459.83 (27.86) | 376-497 | 456.6 (21.43) | 408-497 |
| Stroop | 29.77 (9.25) | 19-55 | 34.21 (11.10) | 18-58 |
| RAVLT-i | 14.19 (1.81) | 12-15 | 13.43 (2.08) | 11-15 |
| RAVLT-t | 13.24 (1.03) | 10-15 | 12.28 (1.57) | 10-15 |
| La Ruche-i | 9.25 (1.05) | 8-10 | 8.84 (1.12) | 8-10 |
| La Ruche-t | 8.62 (1.19) | 8-10 | 8.31 (1.01) | 8-10 |
| WWWhen | 82.50 (61.73) | 3.52-217.20 | 81.96 (56.36) | 10.65-212.44 |
| WWWhich | 156.27 (81.12) | 13.98-299.33 | 131.16 (89.64) | 8.65-293.87 |
| NOFI | 7.51 (.62) | 6-8 | 7.75 (.61) | 6-8 |

Nota: M = Média; DP = Desvio padrão amostral; Amp = Amplitude; TAP = Teste de Acentuação de Palavra; TMT-A = Trail Making Test versão A (em segundos); TMT-B = Trail Making Test versão B (em segundos); TMT-B/A = Índice de flexibilidade cognitiva do Trail Making Test; d2 = Teste de controle atencional d2; Stroop = versão Vitória do Teste Stroop – Parte C (em segundos); RAVLT-i = Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (recordação imediata); RAVLT-t = Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (recordação tardia - após 20 minutos); La Ruche-i = Teste de aprendizagem não verbal (recordação imediata); La Ruche-t = Teste de aprendizagem não verbal (recordação tardia - após 20 minutos); WWWhen = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações temporais (pixels); WWWhich = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações contextuais (pixels); NOFI = Tarefa de associação Nome-Figura.

Todos os participantes completaram a aplicação para: Trail Making Test – versão A e B, d2 e Stroop. O SG também foi jogado por todos os voluntários captados para o estudo. Os testes RAVLT e La Ruche tiveram uma taxa de conclusão de 94,44% e 98,18%, respectivamente.

Observando a tabela 1 temos acesso ao desempenho da amostra nos diferentes testes cognitivos empregados, além dos dados fornecidos pelos modelos computados pelo “Esconde-Pirata”. Para a completa realização do protocolo de medidas neuropsicológicas os voluntários demoraram aproximadamente 60 minutos. Já para completarem todas as tarefas do SG foi necessário em média 23m48s (DP = 03m57s). A média de tempo para conclusão das tarefas WWWhen, WWWhich e NOFI foi 04m41s (DP = 34s), 04m29s (DP = 30s) e 51s (DP = 13s), respectivamente.

Estimativa de validade de construto

Tabela 2: *Correlações entre testes neuropsicológicas e as medidas produzidas pelo “Esconde-Pirata” (Escores padronizados)*

| Medidas neuropsicológicas | Tarefas “Esconde-Pirata” | | |
|---------------------------|--------------------------|---------|--------|
| | WWWhen | WWWhich | NOFI |
| Z(TMT-A) | NS | NS | NS |
| Z(TMT-B) | NS | NS | NS |
| Z(TMT-B/A) | NS | NS | NS |
| Z(d2) | -.395** | NS | NS |
| Z(Stroop) | .302* | NS | NS |
| Z(RAVLT-i) | NS | NS | NS |
| Z(RAVLT-t) | NS | NS | .386** |
| Z(La Ruche-i) | -.334* | -.525** | NS |
| Z(La Ruche-t) | NS | NS | NS |

Nota: WWWhen = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações temporais (pixels); WWWhich = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações contextuais (pixels); NOFI = Tarefa de associação Nome-Figura; TMT-A = Trail Making Test versão A (em segundos); TMT-B = Trail Making Test versão B (em segundos); TMT-B/A = Índice de flexibilidade cognitiva do Trail Making Test; d2 = Teste de controle atencional d2; Stroop = versão Vitória do Teste Stroop – Parte C (em segundos); RAVLT-i = Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (recordação imediata); RAVLT-t = Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (recordação tardia - após 20 minutos); La Ruche-i = Teste de aprendizagem não verbal (recordação imediata); La Ruche-t = Teste de aprendizagem não verbal (recordação tardia - após 20 minutos). *p < .05, ** p < .01, *** p < .001.

Na tabela 2 são apresentadas as correlações entre as habilidades cognitivas com escores padronizados que demonstraram ser significativas com as medidas de memória

integrativa empregadas. No caso da tarefa do SG baseada no aspecto temporal (WWWhen) foram registradas correlações significativas fracas com a medida de controle atencional (Tarefa d2), o teste de aprendizagem não verbal imediata (La Ruche-i) e controle inibitório (Stroop). No caso das duas primeiras medidas foram correlações negativas. Já a memória integrativa conjuntiva dependente de informações contextuais (WWWhich) demonstrou correlacionar significativamente apenas com a La Ruche-i, sendo uma associação moderada e negativa. Por fim, registrou-se uma correlação significativa entre os escores padronizados entre NOFI e a RAVLT-t.

Quando comparadas entre si, as medidas de memória integrativa que fundamentaram a construção do SG demonstraram ser moderadas e fracas. O desempenho padronizado dos voluntários na tarefa WWWhich mostrou-se correlacionar positivamente com os escores de precisão da WWWhen ($r = .535$; $p < .001$) e negativamente com a NOFI ($r = - .325$; $p < .05$). Não foram registradas associações significativas entre os indicadores de desempenho WWWhen e NOFI.

Correlações parciais mostraram que após a supressão dos efeitos das covariáveis foi verificado associações significativas da precisão de WWWhen quando comparado com o desempenho no teste d2 e La Ruche-i, representando 16 e 13% da variação compartilhada, respectivamente. No caso da precisão WWWhich foi registrada uma variância compartilhada significativa de 30% com os escores obtidos na tarefa de aprendizagem não verbal imediata. Não foi constatada correlações parciais significativa entre os escores da tarefa NOFI e quaisquer medida neuropsicológica empregada.

Tabela 3: *Resumo das análises de regressão lineares múltipla para as variáveis preditoras (medidas neuropsicológicas).*

| Variável dependente | Variável previsoras | B | SE B | β |
|---------------------|---------------------|-------|------|----------|
| WWWhen | Stroop | .020 | .048 | .227* |
| | La Ruche-i | -.114 | .009 | -.312* |
| WWWhich | La Ruche-i | -.288 | .067 | -.525*** |
| NOFI | RAVLT-t | .188 | .064 | .386** |

Nota: WWWhen = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações temporais (pixels); WWWhich = Memória integrativa conjuntiva baseada em informações contextuais (pixels); NOFI = Tarefa de associação Nome-Figura; Stroop = versão Vitória do Teste Stroop – Parte C (em segundos); RAVLT-t = Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (recordação tardia - após 20 minutos); La Ruche = Teste de aprendizagem não verbal (recordação imediata). * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Para a construção dos modelos de regressão linear múltipla foram assumidos apenas os testes neuropsicológicos que se correlacionaram significativamente com o desempenho das tarefas de memória integrativa empregadas (ver tabela 3).

A estimativa de desempenho em Stroop e La Ruche-i explicaram conjuntamente uma proporção significativa da variância da precisão dos voluntários em WWWhen [$R^2 = .187$; $F(2, 48) = 5.537$; $p < .01$]. Individualmente, o controle inibitório demonstrou um efeito significativo na memória integrativa baseada em informações temporais, $p < .05$. Da mesma forma foi registrado com o teste de aprendizagem não verbal, $p < .05$.

No caso da tarefa WWWhich apenas a pontuação de La Ruche-i explicou uma variância significativa do desempenho [$R^2 = .276$; $F(1, 49) = 18.664$; $p < .001$]. A pontuação do referente teste não verbal demonstrou um efeito significativo na memória integrativa baseada em informações contextuais, $p < .001$.

Por fim, registrou-se que apenas o desempenho em RAVLT-t predisse significativamente a variação registrada nas pontuações da NOFI [$R^2 = .149$; $F(1, 49) = 8.571$; $p < .01$]. A pontuação obtida durante a fase de evocação atrasada (intervalos de 20 minutos) do RAVLT apresentou efeito significativo sobre a memória integrativa relacional, $p < .01$.

V. Discussão

O presente estudo teve como finalidade apresentar o desenvolvimento do SG “Esconde-Pirata” baseado em modelos de mensuração de memória integrativa conjuntiva e relacional, além de verificar a validade de construto das medidas propostas (WWWhen, WWWhich e NOFI) em comparação com testes já consolidados na prática neuropsicológica. A partir desses objetivos foi hipotetizado que as tarefas do “Esconde-Pirata” apresentariam pontuações associadas as tarefas de memória (validade convergente), já que estariam teoricamente mensurando habilidades mnemônicas, que apesar de distintas, convergem seus desempenhos, pois tais processos cognitivos compartilham substratos e vias corticais em comum, a exemplo do hipocampo (Schultz & Engelhardt, 2014) e do córtex pré-frontal (Takehara-Nishiuchi, 2020). Essa hipótese foi confirmada em maior parte, visto que as tarefas WWWhen e WWWhich demonstraram associações moderadas com a tarefa de memória não verbal imediata (La Ruche-i), enquanto o desempenho em NOFI correlacionou-se significativamente com a memória verbal após atraso de 20 minutos (RAVLT-t).

Concomitantemente buscou-se averiguar a existência de correlações não significativas com medidas não mnemônicas (ex.: Stroop, d2), pois parte-se do princípio da dissociação cognitiva, na qual habilidades distintas recrutam redes neurais diferentes e, portanto, pode-se inferir que as funções são independentes uma da outra de alguma forma (Lezak et al., 2012). Essa hipótese foi confirmada parcialmente, pois apenas a medida WWWhen demonstrou correlações significativas com tarefas neuropsicológicas não mnemônicas, como no caso da tarefa d2, relacionada com habilidades atencionais e o teste de Stroop, uma medida tradicional de controle inibitório. Esses achados nos levam a supor que tais habilidades, combinadas habilidades de memória não verbal, são necessárias para a correta resolução das tarefas WWWhen implementadas pelo SG testado. Estudos com ferramentas de neuroimagem demonstraram que regiões pré-frontais estão relacionadas com o processamento da memória integrativa conjuntiva baseada no elemento temporal (Cheke et al., 2017). Esse substrato neuronal também demonstra estar relacionado com o processamento atencional e com o controle inibitório (Eichenbaum, 2017), vindo a explicar a possível dependência de tarefa WWWhen dessas duas habilidades.

As correlações parciais corroboraram parcialmente com as associações previamente observadas. No caso da medida de precisão WWWhen persistiu as associações com o controle atencional e a memória não verbal. Já para a medida WWWhich as correlações, após suprimido os efeitos das covariáveis, existiram apenas com a tarefa La Ruche-i. Diante desse delineamento estatístico as associações significativas previamente registradas entre a estimativa NOFI e o teste de memória verbal tardia deixaram de serem observadas.

Complementarmente, as regressões corroboraram com os achados acima descritos, dando indícios de que além de estarem associados, habilidades como controle inibitório e a memória não verbal são capazes de prever as alterações registradas para as pontuações WWWhen. Padrão semelhante foi registrado nas pontuações WWWhich, que se mostraram alteradas em razão de mudanças nos escores da tarefa La Ruche-i. Perfil semelhante foi observado nas mudanças em NOFI, influenciadas, em parte, pelo desempenho registrado na tarefa de memória verbal tardia.

A literatura aponta algumas explicações para a influência registradas dos testes neuropsicológicos sobre as pontuações das medidas obtidas pelo “Esconde-Pirata”. Estimativas WWWhen demonstram serem dependentes de regiões frontais (Takehara-

Nishiuchi, 2020), também relacionadas com o processamento do controle inibitório (Barker et al., 2017) e da atenção (Simons & Spiers, 2003). No caso da memória não verbal imediata, registrada através da tarefa La Ruche-i, a influência deve-se também pelo compartilhamento de substratos neuronais que partem do córtex occipital, perpassando por regiões como córtex perirrinal (Dickerson & Eichenbaum, 2010) e entorrinal lateral (Sugar & Moser, 2019), e se integram a outras informações no hipocampo (Eichenbaum et al., 2012). Essa influência da pontuação da La Ruche-i também pode ser verificada na tarefa WWWhich, indicando que essa é uma habilidade que contribui para a correta execução dos modelos de memória integrativas conjuntiva adotados no SG proposto.

Já os escores registrados em NOFI demonstraram serem modulados pelas pontuações de memória episódica verbal. Pesquisas anteriores apontam que tarefas que requerem a associação nome-face fornecem índices sensíveis ao desempenho em tarefas de memória episódica e semântica (Rentz et al., 2011). Trabalhos com ressonância magnética funcional já apontaram que a formação e recuperação bem-sucedida de associações nome-face exigem atividade coordenada de uma complexa rede mnemônica (Papp et al., 2015). Essa é composta pelo hipocampo e outras regiões do lobo temporal medial, além de estruturas frontais (Rentz et al., 2010), que também atuam no processamento da memória episódica (Kovács, 2020).

Diante dos resultados que mostraram as correlações/regressões do “Esconde-Pirata” com outros métodos existentes de mensuração cognitiva, particularmente os relacionados com funções mnemônicas, parece que a ferramenta é tão eficiente quanto medidas tradicionais implementadas na clínica em neuropsicologia. Outros estudos mostraram a capacidade dos SG em atender tal finalidade (Tong & Chignell, 2014). A partir disso, podemos concluir que a hipótese principal da presente pesquisa foi respondida afirmativamente, já que foram registrados indicadores de validade convergente e divergente para as medidas obtidas através do “Esconde-Pirata”. Esses achados demonstram a aplicabilidade do referente SG na avaliação clínica do estado cognitivo, tendo potencial para ser empregado por profissionais da área em diferentes contextos, a exemplo de grupos de idosos, já que habilidades cognitivas, como a memória integrativa conjuntiva e relacional, mostram-se sensíveis aos efeitos deletérios do envelhecimento saudável e em estágios pré-clínico de enfermidades como na demência de Alzheimer (Norton et al., 2020).

Uma alternativa viável para o aprimoramento do SG seria aumentar o número de tarefas do jogo, já que a versão testada se mostrou relativamente curta (em média 22 minutos). Para tanto, propomos a inserção de mais desafiantes e o aumento do número de itens a serem escondidos em cada uma das tarefas. Atualizações como essa podem tornar o “Esconde-Pirata” mais desafiador. Quando dosada adequadamente a dificuldade de um jogo pode estimular o engajamento dos jogadores para superação dos desafios propostos (Khalid & Iida, 2021). Esse aprimoramento é importante pois um dos problemas associados a testagem neuropsicológica tradicional (ex.: lápis e papel) é a baixa estimulação dos voluntários a prosseguir realizando tarefas dessa natureza, principalmente em ambientes com testagem longa e exaustiva (Loewenstein et al., 2018; Tong et al., 2014).

Baseando-se nos resultados da presente pesquisa, algumas recomendações sobre a construção e validação de SG voltados a mensuração de habilidades cognitivas podem ser propostas: i – Em razão da peculiaridade dos itens desse tipo de instrumento, que são provas ou tarefas, e não apenas perguntas sobre comportamento, como no caso de escalas, existe a necessidade de acompanhamento presencial, por parte de um profissional especializado durante a utilização do SG, pelo menos nas fases iniciais do processo de validação; ii – Os elementos sobre a mecânica devem ser baseados nas regras propostas para as atividades que fundamentaram a criação do SG. De acordo com Tong e colaboradores (2016) os componentes de um jogo voltado a avaliação de habilidades cognitivas devem refletir as propriedades psicométricas das tarefas neuropsicológicas das quais foram derivadas; iii – Os elementos dessas tarefas devem ser apresentados de forma aleatória aos jogadores, buscando consequentemente a redução do efeito de aprendizagem, comum em testes neuropsicológicos (Lezak et al., 2012), principalmente os de memória; iv – Buscar preferencialmente a implementação de versões de SG adaptadas para aparelhos com telas sensíveis ao toque, permitindo o uso em dispositivos de uso pessoal mais frequente que os computadores (ex. tablets e smartphones).

A partir dos achados podemos destacar limitações relacionadas com o desenvolvimento da presente pesquisa: i- Por se tratar de um SG cujo mouse foi o dispositivo de entrada padrão, foi registrado em algumas ocasiões que os jogadores acabavam soltando o “tesouro” (soltando o botão do mouse) durante o deslocamento, promovendo uma demora na finalização das tarefas. A substituição do dispositivo atual por um com tela touchscreen pode ser uma solução para tal problema; ii – A amostra

empregada foi constituída por apenas 51 voluntários jovens. Esse número de participantes pode não ser considerado como o ideal para estudos dessa natureza. Apesar disso, acreditamos que essas limitações não invalidam os achados apresentados.

V. Conclusão

Em decorrência dos resultados obtidos reforçamos a defesa do uso de SG voltados para a avaliação de habilidades cognitivas, no caso a memória episódica integrativa conjuntiva e relacional, tal qual já ocorre em outros trabalhos, que exploraram funções como atenção, processamento inibitório e outras modalidades de memória, voltados à área de avaliação neuropsicológica. Consideramos essa proposta a partir do detalhamento da aplicação do “Esconde-Pirata” em uma amostra de jovens saudáveis, demonstramos conseqüentemente o impacto de diferentes habilidades cognitivas sobre as estimativas produzidas pelo SG. Os dados extraídos da amostra em questão poderão ser empregados no processo de normatização, sendo conseqüentemente usados como critério padrão para diferenciação de grupos específicos, como idosos com envelhecimento saudável e/ou patológico, já que esse é um público que demonstra ter suas habilidades cognitivas comprometidas, principalmente diferentes tipos de memória.

Em futuras atualizações pretende-se diminuir as limitações registradas nesse estudo inicial, objetivando o desenvolvimento de versões que poderão medir com maior precisão as alterações em tais habilidades. Como extensão para o trabalho atual, planeja-se conduzir outros delineamentos, submetendo o “Esconde-Pirata” a amostras com diferentes características, como envelhecimento saudável (estudo em andamento), buscando encontrar indicadores de validade de critério. Nesse cenário, espera-se aprender como os idosos interagirão com o SG e determinar se a métrica estimada pela ferramenta testada permanece sendo uma boa representação para a memória integrativa conjuntiva (WWWhen e WWWhich) e relacional (NOFI).

Almejamos criar uma versão adaptável do SG, que module automaticamente a complexidade das tarefas, alterando a quantidade de itens a serem escondidos, sendo atualizado a partir do desempenho do jogador. Esperamos também que os métodos adotados nesse artigo possam ser aplicados a outros delineamentos de desenvolvimento de SG voltados à avaliação neuropsicológica, especialmente da memória.

Estudo 3 - Memória Episódica Integrativa através de um Jogos Sérios: um estudo de validação preliminar de um jogo de triagem para adultos idosos

Study 3 - Integrative Episodic Memory with Serious Games: a preliminary validation study of an screening game for aging adults

Resumo:

A Memória Integrativa (MI) é uma habilidade cognitiva que permite à associação de diversas informações que compõem estímulos complexos ou eventos derivados por experiências cotidianas, podendo ser categorizada em Conjuntiva e Relacional. Os efeitos do envelhecimento saudável parecem afetar de formas distintas essas habilidades. A detecção dessas alterações pode ser utilizada como instrumento de rastreio de perfis cognitivos disfuncionais. A avaliação por meio de testes neuropsicológicos é considerada como medida padrão-ouro usado para identificar essas mudanças em ambiente clínico e na pesquisa, no entanto, esse método é alvo de muitas críticas, pois apresentam uma série de limitações. Nesse contexto, outras ferramentas, como os jogos digitais, mais especificamente a classe dos Jogos Sérios (Serious Games - SG, em inglês) mostram-se promissoras. Assim sendo, a referente pesquisa detalha o desenvolvimento e a implementação de um SG baseado em paradigmas de MI, denominado de “Esconde-Pirata”. Os resultados desse estudo mostraram que as tarefas adotadas no jogo estão predominantemente relacionadas com testes de memória tradicionais, sendo o desempenho no SG explicado pelas pontuações neuropsicológicas empregadas, demonstrando conseqüentemente, bons indicadores de validade de construto para o jogo proposto. Além disso, o SG mostrou-se capaz de detectar alterações no desempenho relacionado ao envelhecimento saudável, sendo que, o grupo de idosos mostrou piores indicadores de precisão de recordação na comparação com os adultos mais jovens em todas as tarefas implementadas no SG. Em decorrência dos resultados obtidos o SG mostrou ser uma ferramenta viável e válida para avaliar diferentes tipos de MI em adultos jovens e idosos saudáveis em um ambiente controlado, indicando ser sensível em detectar alterações nessas habilidades decorrentes do envelhecimento saudável. Assim, pode no futuro ser usada para auxiliar no processo de caracterização do perfil cognitivo da MI no envelhecimento normal e/ou patológico.

Palavras-chave: envelhecimento cognitivo; memória integrativa; jogos digitais; jogos sérios; design de jogos

I. Introdução

O comprometimento progressivo no funcionamento da memória é uma das alterações cognitivas mais presentes no envelhecimento (Mahncke et al., 2006). Dentre os diferentes tipos, a memória episódica (ME) demonstra ser uma das mais afetadas, tanto no envelhecimento normal (Rhodes et al., 2019) quanto no patológico (Weintraub et al., 2012). Por exemplo, A diminuição do desempenho de tarefas relacionadas com essa habilidade cognitiva é uma das características definidoras do início da Doença de Alzheimer - DA (McDonough et al., 2020). Em razão disso, frequentemente esse processo mnemônico é considerado com um indicador cognitivo para certas síndromes demenciais, com déficits frequentemente aparecendo antes que outros sinais e sintomas se tornem aparentes (Nyberg et al., 2012). O monitoramento sistemático das funções de memória usando ferramentas psicométricas especializadas pode, portanto, ser útil para o diagnóstico precoce e tratamento da demência, potencialmente retardando a progressão da doença (Varela et al., 2021).

O comprometimento da memória episódica (ME) é uma disfunção cognitiva primária do envelhecimento normal (MacDonald & Pike, 2021; Rhodes et al., 2019) e patológico (El Haj et al., 2020). Assim, mudanças progressivas relacionadas com a ME são consideradas uma característica cardinal da doença de Alzheimer – DA (Babcock et al., 2021; Reiman, 2018).

Experiências específicas da vida cotidiana são memoráveis devido a ME (Tulving, 2002). Essa habilidade permite a codificação e retenção permanente de informações sobre o “que”, “onde” e “quando” aconteceu determinado evento (Tulving, 1972), sendo esses elementos evocados simultaneamente (Clayton et al., 2003). O processamento neurocognitivo que fundamenta a formação da ME se baseia na velocidade de codificação, na formação de associações e a representação de uma memória flexível (Bastin et al., 2019; Henke, 2010; Wuethrich et al., 2018).

Alguns paradigmas de mensuração da ME fazem uso da habilidade de formação de associações entre os elementos que compõem as evocações episódicas. Por exemplo, Clayton & Dickinson (1998) desenvolveram uma proposta de avaliação da ME centrada na integração dos componentes “Que”, “Onde” e “Quando”, que tem sido utilizada em estudos de ME com adultos jovens (Cheke & Clayton, 2013) e idosos (Cheke, 2016), demonstrando que medidas dessa natureza são suficientemente sensíveis para detectar decaimento da ME em pessoas mais velhas do que os paradigmas clássicos de ME

baseados na mensuração do componente “Que” de determinado evento (Mazurek et al., 2015; Silva et al., 2020).

Outros autores apontaram limitações no modelo baseado em informações temporais, propondo a substituição pelo componente contextual presente nos eventos episódicos, sendo a ME o produto da integração dos elementos “Que”, “Onde” e “Qual ocasião/contexto” (Eacott & Norman, 2004). Tarefas embasadas nessa proposta demonstraram requisitar predominantemente estratégias dependentes da ME (ex.: preferência por atribuições da experiência “recordar” versus “saber”; Yonelinas, 2002) para sua correta execução em adultos jovens (Easton et al., 2012) e idosos (Silva et al., submetido).

Nesses dois modelos/paradigmas experimentais de mensuração da ME, a representação dos eventos emerge apenas da integração das unidades individuais que os compõem, não apresentando significado quando esses elementos são evocados isoladamente, portanto, podendo ser considerados como modelos de Memória Integrativa Conjuntiva – MIC (Bastin, 2018).

Outra proposta teórica é a Memória Integrativa Relacional – MIR (Moses & Ryan, 2006). Esse modelo postula que a formação de associações pode manifestasse por meio de uma ligação entre duas ou mais informações não dependentes, sendo esses elementos isoladamente dotados de significado, assim como o produto do pareamento deles (Kormas et al., 2020). A validação desse conceito foi posta à prova através de tarefas como o Teste de Capacidade de Memória - TCM (Rentz et al., 2010), que usa a recordação de pares de palavras a partir do auxílio de dicas semânticas, ou então, por meio do Exame de Memória Associativa FACE-NOME (Alegret et al., 2020; Alviarez-Schulze et al., 2022).

Testes experimentais que requisitam a associação entre pares de informações apresentam um padrão claro de comprometimento relacionado ao envelhecimento. Os idosos expressão menor capacidade de recordação dos estímulos que constituem as conexões estabelecidas e eventualmente testadas nessas tarefas (Enriquez-Geppert et al., 2021; Flores Vazquez et al., 2021). Modelos de avaliação baseados em pareamento de estímulos não relacionados também aparentam serem sensíveis as alterações manifestas no início do espectro da doença de Alzheimer (Alegret et al., 2020), sendo essas consideradas como paradigmas promissores para detecção pré-clínica para as demências (Rentz et al., 2013).

De forma geral, a mensuração da ME se dá por meio de medidas neuropsicológicas de caneta e papel (e.g., Teste de Aprendizagem Verbal Hopkins – revisado; HVLT-R; Brandt & Benedict, 2001). No entanto, esse método apresenta limitações relevantes como a variabilidade de aplicação e correção decorrentes da experiência do profissional (Loewenstein et al., 2018). Os testes computadorizados são uma alternativa para a redução dessas limitações, entretanto, também apresentam problemas como: alterações de desempenho decorrente da situação de avaliação, sendo a presença do avaliador uma variável interveniente (Parsons, 2016); validade ecológica pobre, pois muitas tarefas não são propostas que refletem a complexidade das situações cotidianas que requisitam a ME (Howieson, 2019); ou então, o efeito de prática (Tong & Chignell, 2014). Diante dessas limitações, alternativas, como os jogos digitais, mostram-se válidas para atender essa demanda (Sokolov et al., 2020; Yan et al., 2021).

Uma classe de jogos em expansão é a dos jogos sérios (Serious Games - SG, em inglês). Os SG são ferramentas cujo objetivo principal vai além do simples entretenimento, não se restringindo a esse. Tais jogos podem ser aplicados para fins educacionais, de avaliação, reabilitação e aprimoramento físico ou cognitivo (Valladares-Rodríguez et al., 2016).

Uma série de estudos demonstram a aplicação dos SG em idosos (McCallum & Boletsis, 2013), sendo considerada uma alternativa relevante para avaliar (Jin et al., 2020; Tong et al., 2021; Yan et al., 2021) e treinar (Ballesteros et al., 2017; Belleville et al., 2018) funções cognitivas. Os SG permitem criar múltiplas tarefas que incorporam várias funções mentais, possibilitando emular comportamentos como se os participantes estivessem inseridos no mundo real (Clay et al., 2020). Essas aplicações apresentam uma série de vantagens, dentre elas: atratividade, estimulação do engajamento e eficácia (Abd-Alrazaq et al., 2022).

A maioria dos SG implementados com idosos estão compostos por tarefas baseadas em paradigmas experimentais de memória de trabalho (Ballesteros et al., 2017; Boletsis & McCallum, 2016; Toril et al., 2016) e episódica visuoespacial (Coughlan et al., 2019; Savulich et al., 2017; Tziraki et al., 2017). No entanto, até onde se tem conhecimento, não há SG que fazem uso de modelos ME integrativa, seja baseado na associação de informações “Que”, “Onde” e “Quando” – paradigma WWWhen (Cheke & Clayton, 2013; Clayton et al., 2003), na ideia alternativa baseada no elemento

contextual - paradigma WWWhich (Eacott & Norman, 2004; Easton et al., 2012), ou focado em MIR (Naveh-Benjamin et al., 2009; Rentz et al., 2013).

Recentemente Silva et al. (Estudo 2) desenvolveram um SG, denominado “Esconde-Pirata”, que explora as habilidades mnemônicas conjuntivas e relacionais através dos paradigmas MIC (WWWhen, WWWhich) e MIR (tarefa de associação nome e figura – NOFI). A validade desta medida digital foi analisada em adultos jovens. Os resultados apontaram que as tarefas mnésicas, curtas e desafiadoras, contidas no SG estavam relacionadas significativamente com o desempenho em testes clássicos de ME, demonstrando assim que as atividades implementadas apresentam indicadores aceitáveis de validade de construto.

Visto que SG contendo tarefas baseados em MIC e MIR demonstrou ser uma ferramenta válida de mensuração para esses processos cognitivos, e que a habilidade de associação/integração de elementos aparenta ser comprometida em decorrência dos efeitos deletérios do envelhecimento saudável (Naveh-Benjamin et al., 2009), intensificando-se em quadros patológicos (Rentz et al., 2011), o presente trabalho buscou caracterizar e comparar o desempenho de adultos jovens e suas contrapartes mais velhas em um SG de memória integrativa, intitulado de “Esconde-Pirata”. Este estudo de validação empírica consistiu em duas partes. Primeiramente, estudamos a validade convergente e divergente do “Esconde-Pirata” em uma amostra composta por adultos jovens e idosos e, em segundo lugar, foi examinado a capacidade das tarefas em diferenciar o desempenho dos grupos envolvidos (validade de critério). As hipóteses para este estudo foram que as tarefas do SG foram eficazes em diferenciar o desempenho dos adultos jovens e idosos. Adicionalmente, espera-se registrar indicadores satisfatórios que atestem uma boa validade convergente e divergente, em comparação com testes cognitivos tradicionais.

Método

Participantes

Os oitenta e três voluntários (54 mulheres e 29 homens) do estudo foram recrutados por meio de anúncios em redes sociais e centros comunitários. Nenhum dos participantes registrou presença de sintomas de ansiedade e/ou depressão (pontuação ≤ 7 na Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão [Botega et al., 1995]) ou relatou histórico

de traumatismo cranioencefálico, distúrbios psiquiátricos (por exemplo, esquizofrenia, depressão grave), distúrbios neurológicos (por exemplo, distúrbios neurocognitivos, acidente cerebrovascular, epilepsia, tumores, etc.), terapia psicofarmacológica, alcoolismo ou abuso de substâncias psicoativas, analfabetismo ou deficiências físicas ou intelectuais. Todos os participantes tiveram uma visão normal ou corrigida e os idosos foram cognitivamente saudáveis (pontuação ajustada por idade e educação > 24 no Mini-Exame do Estado Mental [Brucki et al., 2003]) e independentes nas atividades cotidianas (pontuação < 4 no Questionário de Atividades Funcionais de Pfeffer, [FAQ]; Assis, et al., 2014).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPB sob CAAE: 26350019.0.0000.5188, e foi conduzido de acordo com a declaração de Helsinque. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Instrumentos

Os voluntários foram avaliados usando o SG “Esconde-Pirata” e diferentes medidas neuropsicológicas tradicionais. Um pesquisador treinado auxiliou os participantes durante todo o período de coleta de informações.

Medidas neuropsicológicas

Atenção: o controle atencional foi avaliado através do d2 Teste de Atenção (d2) (Brickenkamp & Zilmer, 1998; Silva-Sauer et al., 2022). O desempenho no teste se deu através da medida do Resultado Líquido - RL, expressa pelo Resultado Bruto - RB (número total de sinais analisados) menos os Erros Totais - ET (soma das omissões e falsa assinalação de sinais, de acordo com o padrão solicitado). Já atenção sustentada foi estimada através do tempo de execução da parte A do Trail Making Test – TMT-A (Tombaugh, 2004).

Funções executivas: Versão Victoria do Teste de Stroop (Campanholo et al., 2014; Strauss et al., 2006) foi usado para obter uma estimativa do processamento inibitório (Stroop - parte C), enquanto o índice B/A do Trail Making Test (TMT-B/A) permitiu estimar a flexibilidade cognitiva (Lamberty & Axelrod, 2006).

Memória: o Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT) permitiu obter uma medida de memória episódica verbal (Malloy-Diniz et al., 2007; Rey, 1958;

Strauss et al., 2006). Foram adotados apenas os índices de Recordação Livre Imediata (RAVLT-i) e Tardia (RAVLT-t, após intervalo de retenção de 20 minutos) como os escores padrão. O teste de Percepção e Aprendizagem Progressiva na Memória Visual – La Ruche (Violon & Wijns, 1984; Zimmermann et al., 2019) foi usada para estimar a memória não verbal. A pontuação para esse teste se deu por meio dos índices de aprendizagem (La Ruche-i) e de retenção (La Ruche-t, após 20 minutos de atraso), considerados com indicadores de memória de curto e de longo prazo, respectivamente (Zimmermann et al., 2019).

SG “Esconde-Pirata”

Com base em reuniões de trabalho com especialistas na relação cérebro-comportamento (neuropsicólogos e neurocientistas especializados em memória) e na área de desenvolvimento de SG foram desenvolvidas 3 tarefas experimentais para avaliar a MIC (WWWhen e WWWhich) e a MIR (NOFI), embasando-se em pesquisas prévias (Cheke et al., 2016; Easton et al., 2012; Rentz et al., 2011; Silva et al., 2020).

O “Esconde-Pirata” é um jogo 2D desenvolvido em linguagem C# através da engine Unity (<https://unity3d.com/pt>), usando diretrizes de implementação de games voltados a população idosa (Ben-Sadoun et al., 2018; Johnson & Finn, 2017; Manera et al., 2017), com o intuito de mensurar diferentes dimensões da ME (ver figura 1). O SG foi descrito em detalhe em Silva et al., (Estudo 2). Na tabela 1 se detalham as tarefas implementadas no SG e as respectivas estimativas (pontuações) de desempenho, sendo essas: (a) Índice de Precisão de Memória – IPM, no caso das tarefas baseadas em WWWhen e WWWhich e; (b) Proporção de respostas recordadas para a tarefa NOFI.

O fluxo do SG iniciou-se com a submissão dos voluntários a um tutorial, com instruções breves e claras sobre o que o participante deve esperar (objetivo do jogo), além dos comandos necessários para a execução das tarefas. Após as instruções obrigatórias, os participantes realizaram uma tentativa prática para se familiarizarem ainda mais com o jogo. Finalizada a etapa de instrução dos jogadores, apresentou-se uma tela de seleção, contendo 4 Non-player character (NPC), onde cada um apresentava fisionomia e nome próprio. Metade dos personagens executava uma rotina de tarefas baseada no paradigma WWWhen, enquanto o restante apresentava desafios derivados de WWWhich (ver figura 1).

Tabela 1: Detalhamento das tarefas implementadas nos SG "Esconde-Pirata".

| Jogo Esconde-Pirata | Domínio cognitivo | Nº Tarefas | Descrição sumária | Pontuação final |
|---------------------|--|------------|---|---|
| WWWhen | Memória episódica integrativa – paradigma Temporal | 02 | <p>Background: Em cada uma das tarefas o participante escondeu dois objetos (tesouros piratas) em um cenário específico em determinado momento (evento 1). A estória do jogo direcionou o jogador a esconder os mesmos itens novamente no mesmo cenário (evento 2) – <u>fase de aquisição</u>.</p> <p>Objetivo: Passado um período de retenção de informação (3 minutos), preenchido com uma tarefa de atenção (Tong et al., 2014), o jogador deve recordar o exato local do respectivo cenário no qual escondeu determinado item no evento 1 e no 2 – <u>fase de recordação</u>.</p> <p>Pontuação: O desempenho do jogador foi determinado pelo vetor 2D de distância entre as coordenadas x e y da fase de aquisição e de recordação para cada um dos objetos utilizados nas tarefas dessa natureza.</p> | <p>Índice de Precisão da Memória (IPM). Se refere a média das distâncias entre as coordenadas dos tesouros nas respectivas fases de aquisição e recordação (2 tesouros X 2 eventos X 2 tarefas = 8 vetores de distância)</p> |
| WWWhen | Memória episódica integrativa – paradigma contextual | 02 | <p>Background: Em cada uma das tarefas o participante escondeu dois objetos (tesouros piratas) em um cenário específico (contexto 1). A estória do jogo direcionou o jogador a esconder os mesmos itens em um cenário novo (contexto 2) – <u>fase de aquisição</u>. Objetivo: O jogador deve recordar o exato local onde escondeu item, tanto no contexto 1 quanto no 2 – <u>fase de recordação</u>. O intervalo entre o período de aquisição e recordação também foi preenchido com uma tarefa de atenção (Tong et al., 2014).</p> <p>Pontuação: O desempenho do jogador foi determinado pelo vetor 2D de distância entre as coordenadas x e y da fase de aquisição e de recordação para cada um dos objetos utilizados nas tarefas dessa natureza.</p> | <p>IPM</p> |

Tabela 1: Detalhamento das tarefas implementadas nos SG "Esconde-Pirata" (continuação).

| Jogo Esconde- Pirata | Domínio cognitivo | Nº Tarefas | Descrição sumária | Pontuação final |
|--|--------------------------------------|---------------|--|--|
| Tarefa de associação nome-figura (NOFI) | Memória integrativa relacional | 01 | Background: O jogador formou associações entre os nomes e a figura dos NPCs desafiantes durante a execução das tarefas WWWhen e WWWhich. Objetivo: O jogador deve recordar as associações corretamente formadas entre os nomes e as figuras, por meio de um painel contendo a imagem de um dos NPCs e alternativas baseadas em nomes comuns (alvo e distrator). Pontuação: Para cada associação corretamente recordada foi atribuída um ponto ao score da tarefa. | Método de proporção da recordação. Medida que está baseada na relação entre as associações corretamente recordadas (taxa de acerto) ponderada pelo total possível de pares associativos (Otani & Schwartz, 2018; Rentz et al., 2011) |

Nota. *NPCs = Non-Player Character*, referindo-se a personagens do SG com rotinas preestabelecidas e que não são controladas pelo jogador.

Concluída a execução de todas as tarefas associadas a um dos NPCs, o personagem tornava-se indisponível, sendo o jogador direcionado novamente para a tela de seleção até não restarem mais oponentes a serem desafiados. Superado essa etapa a tarefa NOFI foi habilitada, que usou as características dos 4 NPC (nome e figura) adquirida nas tarefas anteriores, na qual os jogadores deveriam apontar corretamente qual o nome associado a imagem do NPC apresentada na tela.

O “Esconde-Pirata” foi executado através de um notebook LENOVO ideapad300, com tela de 15.6 polegadas (resolução 1366 x 768 Pixels), processador Intel® Core™ i7-8550U (1.8GHz; 8MB Cache), com placa gráfica NVIDIA GeForce MX110 com 2GB.

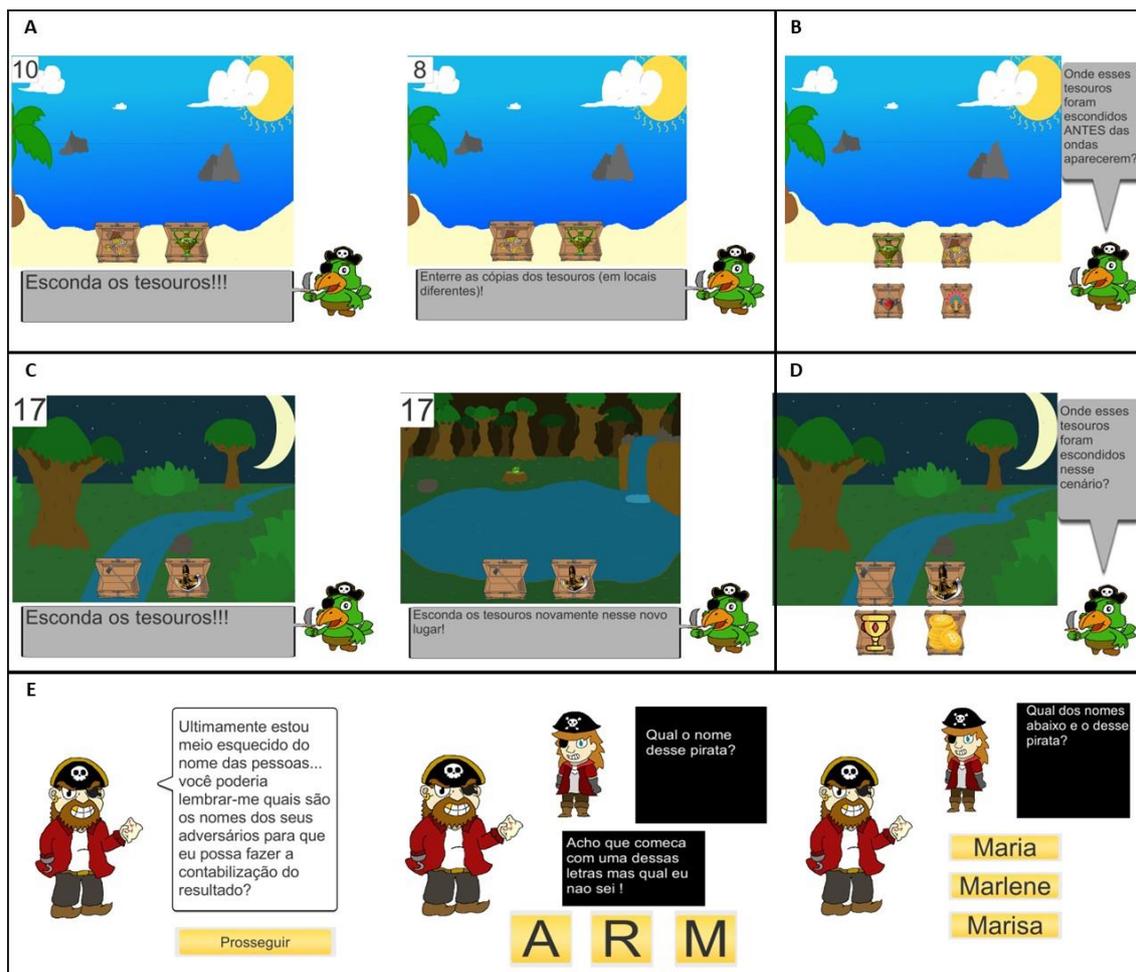


Figura 1: Cenas das fases do SG "Esconde-Pirata"; A. fase de aquisição de informações para tarefa WWWhen; B. fase de recuperação de informações para tarefa WWWhen; C. fase de aquisição de informações para tarefa WWWhich; D. fase de recuperação de informações para tarefa WWWhich; E. tarefa de MIR (NOFI).

Análise Estatística

As variáveis dependentes (VDs) foram todas as medidas de MIC (WWWhen e WWWhich) e NOFI, além das pontuações nos testes neuropsicológicos utilizados. Já a variável Independente (VI) foram os grupos do estudo (adultos e idosos). Os testes de normalidade, usando o teste de Shapiro-Wilk e avaliando assimetria e curtose, demonstraram uma distribuição paramétrica das variáveis para os grupos. Em razão disso, a média e o desvio padrão foram os parâmetros de tendência central e de dispersão, respectivamente adotados nas análises.

O coeficiente de correlação de Pearson e análises de regressões lineares múltiplas foram utilizadas para verificar a validade convergente e divergente entre as medidas do SG e os escores produzidos pelos testes neuropsicológicos empregados para toda a amostra conjuntamente. Para o primeiro processo de validação foi estimada a relação das

tarefas WWWhen, WWWhich e NOFI com as medidas neuropsicológicas de memória: RAVLT (Memória episódica verbal imediata e tardia) e La Ruche (Memória visuoespacial imediata e tardia). Já a validação divergente se deu através das correlações estabelecidos entre as mesmas medidas do SG e os testes neuropsicológicos relacionados com funções cognitivas distintas da memória, como: TMT-A, TMT-B, TMT-B/A, Stroop e D2.

Uma ANOVA fatorial (duas vias) foi conduzida objetivando verificar a porção de variabilidade do IPM das tarefas de MIC explicada em razão do efeito do tipo de paradigma (WWWhen ou WWWhich) e do grupo, bem como o efeito de interação. O IPM adotado correspondeu a média da precisão da recordação (distância em pixels) para as respectivas tarefas, sendo essa uma medida inversamente proporcional, na qual quanto maior o indicador (IPM) pior o desempenho. Na análise dos efeitos principais, o tamanho do efeito foi obtido através do Ômega² (ω^2), assumindo um efeito pequeno ($<0,05$), médio ($0,05 - 0,24$), alto ($0,25 - 0,50$) e muito alto quando $\omega^2 > 0,50$ (Cohen, 1988). As comparações por pares foram obtidas pelo método de Bonferroni associado ao tamanho do efeito de Cohen, e usando correção de Hedges com valores de 0,20, 0,50 e 0,80 refletindo efeitos pequenos, médios e grandes, respectivamente (Hedges & Olkin, 1985). Já para NOFI as diferenças entre os grupos foram estimadas por meio de um teste t student de Welch (variante para amostras de tamanho diferentes, Welch, 1947) para amostras independentes, associadas com o mesmo procedimento para cálculo de tamanho de efeito. A proporção de respostas recuperadas foi a estimativa analisada pelo respectivo procedimento estatístico, sendo essa diretamente relacionada ao desempenho.

As análises de dados foram geradas usando o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 21 (IBM®, SPSS Statistics versão 21). Um valor de p de 0,05 foi considerado significativo.

Resultados

A tabela 2 mostra os dados sociodemográficos e os resultados dos testes cognitivos dos 51 adultos jovens (AJ) e 32 idosos (GI). Os grupos de participantes mostraram-se equiparados em termos de sexo, escolaridade e nível intelectual pré-mórbido (estimado através do Teste de Acentuação de Palavras – TAP). Entretanto, os voluntários diferiram significativamente em todas as medidas cognitivas, nas quais os AJ obtiveram melhores estimativas na comparação com seus pares mais velhos. Salienta-se

que as maiores diferenças foram registradas nos testes de ME verbal (RAVLT) e visuoespacial (La Ruche), sendo que a estimativa de tamanho de efeito de maior intensidade foi a registrada entre os grupos na tarefa de memória visuoespacial imediata (La Ruche-i) seguida pela memória episódica verbal imediata (RAVLT-i).

Tabela 2: Características sociodemográficas e média e desvio padrão (entre parêntesis) dos testes cognitivos do grupo de adultos jovens e idosos.

| | Adultos (n= 51) | Idosos (n= 32) | t/ χ^2 |
|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| Sexo (F/M) | 33/18 | 21/11 | NS |
| Idade (anos) | 27.86 (5.77) | 68.01 (7.88) | - |
| Escolaridade (anos) | 14.17 (2.32) | 13.34 (3.26) | 1.35 ^{ns} , g = - .293 |
| TAP | 33.03 (3.93) | 31.90 (4.77) | 1.17 ^{ns} , g = .661 |
| TMT-A | 38.11 (6.53) | 47.09 (9.94) | 4.96 ^{***} , g = 1.121 |
| TMT-B | 66.66 (12.72) | 107.68 (37.17) | 7.25 ^{***} , g = 1.636 |
| TMT-B/A | 1.77 (.37) | 2.28 (.61) | 4.65 ^{***} , g = 1.070 |
| Stroop | 32.64 (10.61) | 42.09 (12.57) | 3.67 ^{***} , g = .828 |
| d2 | 457.78 (23.66) | 430.53 (56.91) | 3.03 ^{**} , g = .684 |
| RAVLT-i | 13.61 (1.21) | 11.62 (1.49) | 6.40 ^{***} , g = 1.379 |
| RAVLT-t | 12.54 (1.33) | 10.28 (1.97) | 7.66 ^{***} , g = 1.727 |
| La Ruche-i | 9.01 (.71) | 7.29 (1.27) | 4.03 ^{***} , g =.829 |
| La Ruche-t | 8.41 (1.18) | 7.04 (2.14) | 7.27 ^{***} , g = 1.547 |

Nota. F = Feminino; M = Masculino; χ^2 = Teste Qui-quadrado; t = valor do teste *t-student*; g = tamanho de efeito de Hedges (g); TAP = Teste de Acentuação de Palavras; TMT-A = Trial Making Test – Trilha A (em segundos); TMT-B = Trial Making Test – Trilha B (em segundos); TMT-B/A = Índice obtido da relação entre TMT-B/ TMT-A; Stroop = Teste de Stroop – fase de interferência (em segundos); d2 = Teste d2 de atenção – Resultado Líquido; RAVLT-i = Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey Imediata; RAVLT-t = Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey Tardia – Índice de Recordação após 20 minutos; La Ruche-i = Teste experimental de percepção e aprendizagem progressiva na memória visual; La Ruche-t = Teste experimental de percepção e aprendizagem progressiva na memória visual – Índice de Retenção após 20 minutos; As medidas TMT – A, B, B/A e Stroop foram estimadas por meio de indicadores inversamente proporcionais, de forma que quanto maiores as pontuações, pior o desempenho dos voluntários. NS = Não Significativo; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001;

Validação convergente e divergente do SG “Esconde-Pirata”

A tabela 3 mostra os coeficientes de correlação entre as tarefas de memória integrativas (conjuntiva e relacional) empregadas no SG “Esconde-Pirata” e os testes cognitivos relacionados e não associados com habilidades mnemônicas para toda a amostra do estudo.

Tabela 3: *Validação convergente e divergente do jogo "Esconde-pirata" (Coeficientes de correlação de Pearson).*

| Testes neuropsicológicos | | Tarefas “Esconde-pirata” | | |
|--------------------------|------------|--------------------------|---------|---------|
| | | WWWhen | WWWhich | NOFI |
| Não mnemônicos | TMT-A | .372** | | |
| | TMT-B | .313** | | -.226* |
| | TMT-B/A | | | -.297** |
| | Stroop | .328** | | |
| | d2 | -.255* | | |
| Mnemônicos | RAVLT-i | -.437** | -.286** | |
| | RAVLT-t | -.287** | -.284** | |
| | La Ruche-i | | | |
| | La Ruche-t | -.483** | -.590** | .295** |

Nota. WWWhen = tarefa de memória episódica integrativa conjuntiva baseada no elemento temporal; WWWhich = tarefa de memória episódica integrativa baseada no elemento contextual; NOFI = Tarefa de associação nome-figura; TMT-A = Trial Making Test – Trilha A (em segundos); TMT-B = Trial Making Test – Trilha B (em segundos); TMT-B/A = Índice obtido da relação entre TMT-B/ TMT-A; Stroop = Teste de Stroop – fase de interferência (em segundos); d2 = Teste d2 de atenção – Resultado Líquido; RAVLT-i = Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey Imediata; RAVLT-t = Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey Tardia – Índice de Recordação após 20 minutos; La Ruche-i = Teste experimental de percepção e aprendizagem progressiva na memória visual; La Ruche-t = Teste experimental de percepção e aprendizagem progressiva na memória visual – Índice de Retenção após 20 minutos; As pontuações dos testes cognitivos TMT – A, B, B/A, Stroop e o IPM das tarefas WWWhen e WWWhich foram estimadas por meio de indicadores inversamente proporcionais, de forma que quanto maiores as pontuações, pior o desempenho dos voluntários. NS = Não Significativo; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001;

As medidas neuropsicológicas não relacionadas com habilidades mnemônicas apontaram correlações significativas para com as tarefas WWWhen e NOFI do “Esconde-pirata”. A tarefa WWWhen mostrou associações com a atenção sustentada (TMT-A), além do controle atencional (d2) e inibitório (Stroop – parte C). Já a NOFI apresentou correlação apenas com índice de flexibilidade cognitiva (TMT-B/A). Não foram registradas correlações significativas entre o desempenho em WWWhich e quaisquer dos testes não dependentes de memória.

Todas as tarefas implementadas pela SG demonstraram associações significativas com outras medidas tradicionais de memória. WWWhen apresentou correlações com o desempenho da ME verbal imediata (RAVLT-i) e tardia (RAVLT-t), além da memória não verbal após retenção de 20 minutos (La Ruche-t), sendo essa última a de maior intensidade. Padrão semelhante de associação também foi identificado para com o desempenho em WWWhich. Por fim, a NOFI apenas demonstrou correlações significativas com a pontuação em RAVLT-t.

Considerando apenas as correlações significativas com as pontuações nas medidas neuropsicológicas derivou-se modelos de regressão linear múltipla que ajudaram a explicar as alterações registradas no desempenho das tarefas implementadas pelo SG (ver tabela 4).

Tabela 4: *Resumo das análises de regressões lineares múltiplas para as variáveis predictoras (medidas neuropsicológicas).*

| Tarefa SG | Previsores | B | SE B | β |
|-----------|------------|--------|------|----------|
| WWWhen | RAVLT-i | -.032 | .011 | -.293** |
| | La Ruche-t | -1.406 | .387 | -.368*** |
| WWWhich | La Ruche-t | -2.986 | .453 | -.590*** |
| NOFI | TMT-BA | -.398 | .166 | -.252* |
| | La Ruche-t | .968 | .407 | .249* |

Nota. WWWhen = tarefa de memória episódica integrativa conjuntiva baseada no elemento temporal; WWWhich = tarefa de memória episódica integrativa baseada no elemento contextual; NOFI = Tarefa de associação nome-figura; TMT-B/A = Índice obtido da relação entre TMT-B/TMT-A; RAVLT-i = Teste de aprendizagem auditivo-verbal de Rey Imediata; La Ruche-t = Teste experimental de percepção e aprendizagem progressiva na memória visual – Índice de Retenção após 20 minutos; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$;

A estimativa de desempenho da ME verbal imediata (RAVLT-i, $p < .01$) e da ME visual tardia (La Ruche-t, $p < .001$) explicaram conjuntamente uma proporção significativa da variância da precisão em WWWhen [$R^2 = .305$; $F(2, 80) = 17.58$; $p < .001$]. No caso da tarefa WWWhich apenas a pontuação da ME visual tardia (La Ruche-t, $p < .001$) explicou uma variância significativa do desempenho [$R^2 = .349$; $F(1, 81) = 43.36$; $p < .001$]. Por fim, registrou-se que tanto a flexibilidade cognitiva (TMT-BA, $p < .05$) quanto ME visual tardia (La Ruche-t, $p < .05$) predisseram significativamente a variação registrada nas pontuações da NOFI [$R^2 = .148$; $F(2, 80) = 6.96$; $p < .01$].

Validação por critério

Na figura 2 apresenta o desempenho médio nas tarefas WWWhen e WWWhich de ambos os grupos. Houve um efeito principal significativo do Grupo [$F(1, 162) = 27.98$, $p < .001$, $\omega^2 = .141$] e do Paradigma usado (WWWhen e WWWhich) [$F(1, 162) = 21.82$, $p < .001$, $\omega^2 < .112$]. Não foi registrado efeito de interação: Grupo x Paradigma [$F(1, 162) = .28$, $p = .594$, $\omega^2 = .001$]. Os testes post hoc evidenciaram que AJ obtiveram melhores indicadores de precisão da recordação na comparação com suas contrapartes mais velhas em tarefas de memória integrativa conjuntiva que fizeram uso de informações temporais (WWWhen), sendo essa diferença de 1,78 vezes ($p < .001$, $g = 5.93$). Já para a tarefa WWWhich os AJ também obtiveram melhor desempenho significativo na comparação com os idosos, sendo esse 1,37 vezes melhor ($p < .01$, $g = 4.84$).

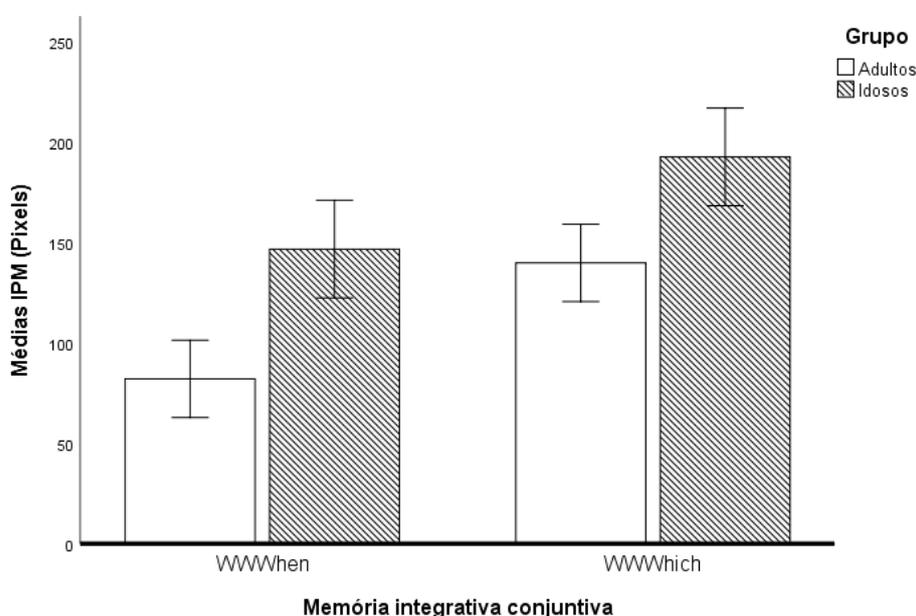


Figura 2: Desempenho médio dos voluntários (adultos jovens e idosos) nas duas tarefas baseadas no elemento temporal (WWWhen) e no contextual (WWWhich). Os valores são representados pelo IPM (distância em pixels), sendo essa uma estimativa inversamente proporcional, na qual quanto maiores os valores registrados pior o desempenho dos grupos. A estatística empregada levou em consideração o efeito das variáveis faixa etária amostral e o paradigma administrado.

Quando comparado o desempenho dentro dos grupos, constatou-se que para os adultos jovens o IPM das tarefas baseadas no paradigma WWWhen foi 1,7 vezes melhor do que o WWWhich ($p < .001$, $g = 5.88$). No caso dos idosos o IPM em tarefas WWWhen foi superior 1,31 vezes na comparação com WWWhich ($p < .01$, $g = 3.69$).

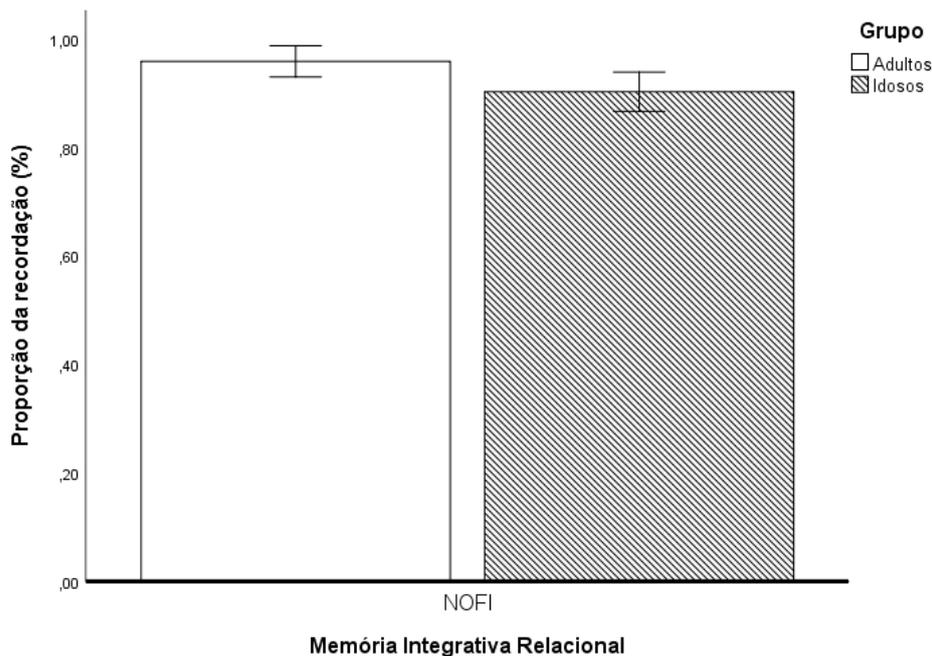


Figura 3: Proporção da recordação dos grupos na tarefa de memória integrativa relacional do “Esconde-pirata”. Os indicadores amostrais apresentados são embasados na proporção das respostas corretamente recordadas, sendo estimativas de desempenho diretamente proporcionais, nas quais quanto maior o índice representado melhor a performance dos voluntários.

A figura 3 mostra o desempenho dos grupos na NOFI. Para a comparação em questão não foi assumido igualdade de variância entre os grupos ($p < .001$). O teste estatístico registrou uma diferença significativa entre as amostras na NOFI [$t(44) = 2.152$, $p < .05$, $g = 0.54$]. As médias demonstraram que os adultos jovens obtiveram um desempenho 1,06 vezes superior aos idosos.

Discussão

Neste estudo, visamos 1) analisar a validade divergente e convergente do SG “Esconde-Pirata”, que contém tarefas baseadas em paradigmas de MI conjuntiva (WWWhen e WWWhich) e relacional (NOFI); e 2) explorar a capacidade do SG para detectar diferenças específicas de idade nas tarefas propostas.

As estimativas neuropsicológicas relacionadas com habilidades mnemônicas se associaram com todas as tarefas implementadas pelo SG “Esconde-pirata”. No caso da WWWhen foi registrado correlações com a ME de curto e longo prazo, além da memória não verbal após intervalo de retenção de 20 minutos, sendo essa última correlação a de maior intensidade. Padrão semelhante persistiu com o desempenho em WWWhich. Finalmente, a NOFI apenas demonstrou associação significativa com o teste RAVLT-t. Adicionalmente os modelos de regressão múltipla corroboraram com tais achados,

explicitando as associações das tarefas do SG com os testes neuropsicológicos de memória utilizados. No caso, a medida La Ruche-t explicou uma proporção significativa da variabilidade do desempenho de WWWhen ($p < .001$), WWWhich ($p < .001$) e NOFI ($p < .05$). Já a ME verbal imediata demonstrou influenciar apenas a variância registrada em WWWhen ($p < .01$).

Esperava-se que não fossem registradas associações entre as tarefas do SG e os testes não mnemônicos, tendo em vista que teoricamente tratam-se de domínios cognitivos que requisitam substratos neurais diferentes, podendo-se inferir que as funções são independentes uma da outra de alguma forma - princípio da dissociação cognitiva (Lezak et al., 2012). No entanto, resultados distintos foram constatados para tarefas WWWhen e NOFI, que correlacionaram com processos atencionais e/ou executivos, mesmo essas sendo associações fracas. Uma explicação alternativa para tais achados fundamenta-se em dados de estudos anteriores que demonstram a dependência de regiões frontais para integração e associação de elementos na ME (Cheke et al., 2017; Eichenbaum, 2017; Takehara-Nishiuchi, 2020). Essas áreas corticais são demasiadamente complexas e atuam auxiliando processos cognitivos como controle inibitório (Barker et al., 2017) e diferentes tipos de habilidades atencionais (Simons & Spiers, 2003).

Por outro lado, achamos que as tarefas do SG “Esconde-pirata” mostraram ser capazes de registrar as diferenças no desempenho entre adultos jovens e idosos, sendo que o primeiro grupo demonstrou índices de precisão superiores para as tarefas WWWhen e WWWhich. Perfil similar persistiu para a proporção de respostas recuperadas para NOFI. Os tamanhos de efeito apontaram que as tarefas do SG baseadas no paradigma WWWhen produziram diferenças mais intensas entre os grupos sendo seguido por aquelas derivadas da MI dependente de contexto (WWWhich). Os resultados de WWWhen podem ser justificados pelo fato de que a perspectiva subjetiva de tempo parece ser um elemento sensível aos efeitos deletérios do envelhecimento (Silva et al., 2020; Varela et al., 2021). Na comparação com WWWhich, o paradigma baseado em tempo caracteriza um processo mnemônico menos dependente de dicas contextuais, pois os cenários dispostos nesse tipo de tarefa permanecem inalterados nas 2 ocasiões em que os objetos são escondidos. Sem dicas contextuais apoiando a recuperação bem-sucedida de experiências episódicas os idosos parecem sofrer um prejuízo de maior intensidade sobre a capacidade de recordação de itens em um ambiente ou cenário específico na

comparação com adultos jovens (Fernandez-Baizan et al., 2020). Por sua vez, diferenças menos intensas foram registradas entre os grupos em NOFI. Uma hipótese alternativa para justificar esses achados estaria fundamentada na quantidade reduzida de pares associativos estabelecidos e empregados para essa tarefa. Diferentes tipos de memória já demonstraram que a quantidade de itens/associações estabelecidas em tarefas empregadas em amostra de adultos jovens e idosos é fator relevante para a recordação das informações aprendidas (Artuso et al., 2017; Bayram et al., 2021; Silva et al., 2020), sendo que o prejuízo observado nos idosos se intensifica na medida em que se aumenta o número de elementos empregados.

Diante dos resultados, esse estudo fornece suporte para considerar o SG “Esconde-pirata” como uma ferramenta válida e sensível para o monitoramento da MI conjuntiva e relacional. As tarefas pensadas parecem englobar predominantemente aspectos mnemônicos, requisitando em menor grau outras habilidades cognitivas, mas que também dão suporte a formação de novas memórias (Bastin, 2018). A ferramenta mostrou ainda ser capaz de discriminar o desempenho de grupos etários distintos (adultos jovens vs. idosos), podendo ser aprimorada para ser implementada como instrumento de diagnóstico de diferentes transtornos neurocognitivos que afetam precocemente a memória.

Existem algumas limitações relevantes neste estudo que devem ser comentadas. Primeira, a adoção do mouse como dispositivo de entrada padrão. A utilização desse método pode ter provocado eventos nos quais observou-se que os jogadores acabavam “soltando” involuntariamente os itens durante o deslocamento pelo cenário, requisitando conseqüentemente que toda a ação tivesse de ser executada novamente. A substituição por dispositivos touchscreen (ex.: tablets e smartphones) poderia reduzir esse efeito indesejado. Além disso, essa tecnologia demonstra ser melhor aceita pelo público-alvo dessa proposta (ex.: idosos com envelhecimento normal ou patológico), sendo mais intuitiva e agradável, quando comparado com jogos que requerem a interação por meio do mouse (Johnson & Finn, 2017). Adicionalmente, essa atualização promoveria um ganho relacionado ao aumento do alcance da distribuição o SG, pois smartphones são um dos principais dispositivos usados pelos idosos (Vahia, 2019).

Segunda, existiu um número baixo de associações para NOFI, que acabou gerando diferenças menores do que as esperadas entre os grupos analisados. Portanto, é necessário níveis adicionais para as tarefas do SG, aumentando assim a quantidade de NPCs (desafiantes) e conseqüentemente o número de associações possíveis para a tarefa NOFI. A implementação de novas fases também se tornaria interessante em razão da possibilidade da estruturação das tarefas nas quais uma quantidade maior de “tesouros” poderia ser disponibilizada, permitindo um incremento na dificuldade nas rotinas de atividades características de WWWhen e WWWhich. Trabalhos anteriores demonstraram que tarefas de ME integrativa intensificam as diferenças de desempenho de adultos jovens em relação aos mais velhos na medida em que o número de objetos (informação “que”) aumenta (Silva et al., 2020). Novos níveis, mais complexos e exigentes, poderão tornar o “Esconde-pirata” mais sensível, refletindo em uma precisão mais acurada.

A terceira limitação que podemos destacar trata sobre características da amostra. A desproporcionalidade dos grupos (adultos jovens = 51; idosos = 32) deve ser um fator a ser considerado. No entanto, apesar desses problemas os resultados foram promissores, pois testes que controlaram os efeitos de amostras desproporcionais foram adotados no estudo (Welch, 1947). Além disso, estimativas menos sensíveis aos efeitos do tamanho amostral, como o *g* de Hedges, apontaram tamanho de efeito elevados (Cohen, 1988), sendo esse um indicador adicional que reafirmou a capacidade do SG em detectar prejuízo no desempenho dos idosos em relação aos adultos jovens para todas as tarefas adotadas.

Apesar das limitações apontadas os resultados obtidos parecem ser positivos, pois atendem integralmente a proposta do presente estudo, demonstrando indicadores satisfatórios de validade divergente, convergente e de critério. Pesquisas adicionais em uma amostra maior e mais equilibrada podem fortalecer as conclusões tiradas e a validade externa do SG “Esconde-pirata” e estudos de validação com outras medidas cognitivas devem ser realizados para replicar os presentes resultados.

Conclusão

Os achados sugerem que todas as tarefas que compuseram o jogo apresentaram boas características psicométricas para medir memória integrativa conjuntiva e relacional. Portanto, o SG “Esconde-pirata” mostrou ser uma ferramenta viável, confiável e válida para avaliar diferentes tipos de ME em adultos jovens e idosos em um ambiente controlado, permitindo detectar alterações nessas habilidades decorrentes do

envelhecimento saudável. Mais estudos devem ser conduzidos para aprimorar a medida produzida, por exemplo aplicando o SG em outros grupos (voluntários com transtornos neurocognitivo menor e/ou maior).

DISCUSSÃO GERAL

O objetivo geral da presente Tese foi o desenvolvimento de um SG baseado em MI e a capacidade dele em diferenciar o desempenho de adultos jovens em relação a suas contrapartes mais velhas, apresentando, conseqüentemente, evidências de validade do instrumento. A partir desse objetivo, foram desmembrados os específicos que fundamentaram os estudos executados, orientando e delimitando os seus desenvolvimentos e implementações.

Procurando atender ao primeiro objetivo específico foi realizado uma revisão narrativa da literatura sobre o desenvolvimento de SG que contemplavam o domínio cognitivo da memória, em suas diferentes dimensões, que foram aplicados em amostras de pessoas mais velhas (Estudo 1). Essa exploração em específico foi realizada em decorrência da memória ser particularmente afetada pelo envelhecimento normal ou fisiológico (Rhodes et al., 2019) e patológico (El Haj et al., 2020). Os resultados do estudo 1 mostraram que existem diferentes evidências na literatura da aplicabilidade do uso de SG/Jogos digitais para avaliar a ME espacial e MT, mas até o momento da realização da revisão da literatura nenhum SG havia sido desenvolvido e implementado para avaliar a habilidade de integração na ME, mesmo essa sendo requisito intrínseco a essa função cognitiva, pois ambas demonstram serem muito sensíveis as mudanças associadas ao envelhecimento (Bastin, 2018).

Constatada uma lacuna na literatura, os esforços do desenvolvimento da presente tese se voltaram para a estruturação teórica e operacional de um SG que conservasse as características de tarefas de MI (Conjuntiva e Relacional), mas que fossem apresentadas aos voluntários/jogadores em forma de um jogo digital, introduzindo elementos que estimulasse o engajamento (Chicchi Giglioli et al., 2021; Valladares-Rodríguez et al., 2016). Ainda permanecendo voltados ao primeiro objetivo da tese foi posto em prática o desenvolvimento do SG (Estudo 2), que em razão da narrativa adotada foi intitulado de “Esconde-Pirata”.

O segundo objetivo específico foi testar a eficácia do SG em diferenciar o padrão de desempenho dos adultos jovens em relação aos idosos, buscando com isso aferir a validade de critério para essa ferramenta. Para mostrar a validade de uso como ferramenta neuropsicológica, que possa ser aplicada no ambiente experimental ou clínico o

instrumento deve ser sensível suficiente para distinguir desempenho mnemônico de diferentes amostras. O Estudo 3 explorou essa questão.

Nesta discussão geral, serão revistos os resultados mais relevantes dos estudos realizados, bem como as suas implicações práticas, exploradas as limitações derivadas dos desenhos utilizados e propostas para futuras linhas de investigação.

6.1. SGs baseados em diferentes modelos de memória aplicados em amostra de idosos

A partir do estudo 1 foi percebido que diante da importância que a memória representa para a mensuração neuropsicológica de idosos (Wagnon et al., 2019), ainda existe uma quantidade escassa de trabalhos envolvendo SG/jogos digitais com tarefas que demandem o processamento dessa habilidade administrado nesse público específico. Além disso, uma crítica pertinente a essa área de estudo é de que a maior parcela dos trabalhos realizados faz uso de jogos desenvolvidos para o público geral (Ning et al., 2020; Sokolov et al., 2020). Isso promove uma série de problemas, visto que, jogos voltados para idosos, no geral, devem considerar certos requisitos: (a) quais aspectos da rotina, estilo de vida e características psicológicas dos usuários mais velhos devem ser essenciais e, portanto, incorporados aos SG; (b) identificação dos elementos motivadores para esse público (Ijsselsteijn et al., 2007); (c) adaptação das tarefas levando em consideração problemas cognitivos, sensoriais e motores intrínsecos (Ben-Sadoun et al., 2018); (d) disponibilidade de recursos que aumentem a interação social, para em consequência reforçar o engajamento (Sokolov et al., 2020); (e) opções de personalização (Brox et al., 2017); (f) apresentação constante de feedbacks (Manera et al., 2017; Verschueren et al., 2019). Jogos comerciais muitas vezes desconsideram esses aspectos. Isso pode ser fonte de vieses para pesquisas que envolvam a aplicação dessa ferramenta em amostra de pessoas mais velhas (Ning et al., 2020).

Os resultados da revisão narrativa apontaram uma predominância de trabalhos que abordaram a memória espacial e a de trabalho como as habilidades cognitivas mais exploradas por delineamento de pesquisas que procuraram explorar a eficácia da aplicabilidade dos SGs em grupos de idosos. No entanto, o Estudo 1 também apontou que paradigmas de memória, como os de MI (Bastin, 2018; Cheke & Clayton, 2013; Clayton et al., 2003; Eacott & Easton, 2010; Eacott & Norman, 2004; Rentz et al., 2010) ficaram de fora dessa revisão, pois não foram utilizados em quaisquer dos estudos pesquisados.

Esse achado torna-se relevante pois destacou uma área de estudo que necessitava ser mais bem explorada, visto que, tais habilidades são indispensáveis para formação da ME (Bastin, Besson, Delhayé, et al., 2019a) e demonstram serem particularmente comprometidas pelo processo de envelhecimento (Bastin, 2018; Cheke, 2016; Mazurek et al., 2015).

6.2. Desenvolvimento, implementação e validação dos modelos de memória integrativa utilizados no SG “Esconde-Pirata”

O desenvolvimento do SG “Esconde-Pirata” (Estudo 2) fundamentou-se em pressupostos teóricos para a construção de jogos, que foram expandidos para a classe dos SG, no qual o conteúdo específico que subsidiou o objetivo do jogo referenciou todo o pensamento dos elementos básicos de um SG (Almeida et al., 2018; Machado et al., 2018). Uma vez que o jogo buscou explorar diferentes mecanismos de formação de ME a partir da habilidade de integração/associação de diferentes informações (Moses & Ryan, 2006), as tarefas do jogo tentaram replicar situações cotidianas, inserindo-as em um contexto lúdico e desafiante. Para a proposta baseada em MIC (WWWhen e WWWhich) as tarefas foram desenhadas para que os jogadores executassem uma ação simples de esconder e recuperar tesouros, comportamento esse que pode ser observado no cotidiano das pessoas. Já a tarefa baseada em NOFI foi uma adaptação de outra conduta comum, lembrar o nome de pessoas conhecidas recentemente. Esse paradigma em particular já foi investigado em outros trabalhos (Enriquez-Geppert et al., 2021; Naveh-Benjamin et al., 2009). No caso da tarefa NOFI do SG deve-se compreender que para atender a proposta estruturada foram feitas as adaptações, principalmente no que diz respeito a estética da tarefa, variando nas devidas proporções em relação a medida neuropsicológica original (Rentz et al., 2011), salvaguardando o desafio básico dessa, no caso, recuperar associações estabelecidas entre informações específicas e não relacionadas (nome-face).

Fundamentando-se na tétrade expandida (Machado et al., 2018) e em diretrizes para construção de SG (Ben-Sadoun et al., 2018; Ijsselsteijn et al., 2007) foi pensado um jogo simples, que pudesse ser jogado sem grandes dificuldades. Com uma mecânica composta de poucas regras (livre deslocamento de “tesouros” em um cenário 2D, devendo apontar onde tais itens foram “escondidos” em determinada situação/ocasião ou em certos contextos, representando respectivamente, as tarefas WWWhen e WWWhich) o jogo foi implementado. O entendimento dos objetivos e da mecânica adotada foi assegurado pela

necessidade de realização da etapa do tutorial. O prosseguimento da realização do jogo somente se deu após o jogador julgar-se apto e dotado do conhecimento necessário para concluir as tarefas e superar os desafios apresentados. Apoiando-se nessa mesma diretriz também foi criado um fluxo narrativo linear, sem múltiplos caminhos de desenvolvimento, objetivando com isso que o jogador se submetesse a todos os desafios do jogo, pois estes estavam diretamente relacionados com a realização da tarefa NOFI. Foi necessário estabelecer esse fluxo predefinido para não produzir mudanças substanciais no conjunto de informações a serem adquiridas e posteriormente recordadas durante a realização da fase de recuperação da NOFI. Grande variabilidade de regras e de informações poderiam acabar confundindo os jogadores, desviando-os dos objetivos principais das tarefas implementadas (Manera et al., 2017), podendo isso ser uma fonte de erro para as medidas produzidas.

As estimativas de desempenho derivadas das tarefas de MIC (WWWhen e WWWhich) e NOFI demonstraram estar relacionadas principalmente com tarefas clássicas de memória. Esses resultados reforçam a hipótese de que SG “Esconde-Pirata” é uma ferramenta que mede certos aspectos da ME. A realização das tarefas contidas nesse instrumento possivelmente recruta os substratos corticais relacionados com o processamento dessa habilidade cognitiva em humanos, a exemplo do hipocampo (Sugar & Moser, 2019), assim como observado por trabalhos prévios (Cheke et al., 2017; Davis et al., 2013; Rentz et al., 2011). Adicionalmente, os dados apontaram que no caso da tarefa WWWhen foram registradas associações com o desempenho em outras habilidades cognitivas, sendo essa o controle atencional (d2) e inibitório (Stroop – parte C). A literatura igualmente explica o motivo de tais associações serem registradas, já que trabalhos envolvendo o paradigma de MIC baseada em aspectos temporais parecem também dependerem de informações processadas por regiões frontais (Eichenbaum, 2017). Um conjunto de trabalhos também apontou que essa estrutura é responsável pelo processamento de habilidades atencionais (Simons & Spiers, 2003) e funções executivas, dentre essas, o controle inibitório (Barker et al., 2017).

Em razão dos resultados obtidos, o Estudo 2 forneceu evidências de que o SG desenvolvido e testado demonstra ser uma ferramenta que rastreia o desempenho da memória de forma tão eficiente quanto outras medidas neuropsicológicas tradicionais e experimentais, respectivamente adotadas no ambiente clínico e na pesquisa. Adicionalmente, o SG engloba tais medidas de forma lúdica e simples, sem um conjunto

extenso de regras, distinguindo-se nesse aspecto de outras avaliações habitualmente adotados nesse contexto. Além disso, as tarefas replicam atividades do cotidiano dos jogadores avaliados, incorporando nas medidas aspectos de validade ecológica mais robustos. Essa característica é uma das mais comprometidas em tarefas empregadas na avaliação de habilidades cognitivas (Chaytor et al., 2021), sendo uma das principais fontes de crítica atrelada a testagem por instrumentos psicológicos, em função das tarefas propostas não replicarem, na maioria das vezes, situações de avaliação condizentes com a realidade dos avaliados (Spooner & Pachana, 2006). Assim, pode-se dizer que o SG “Esconde-Pirata” aparenta ser um instrumento mais vantajoso na comparação com os testes tradicionais, portanto, podendo ser válida a implementação em um ambiente clínico, ressaltando evidentemente, a necessidade de mais estudos empíricos que repliquem os resultados aqui apresentados, aumentando a validade e a confiabilidade da medida proposta. Uma vez que as medidas adotadas pelo presente SG serem particularmente comprometidas pelo envelhecimento (Bastin, 2018; Rhodes et al., 2019), a elaboração de um delineamento de pesquisa com amostra de idosos se faz necessário para aumentar a validade do “Esconde-Pirata” (Estudo 3).

6.3. A eficácia do SG “Esconde-Pirata” em diferenciar o desempenho de adultos jovens e idosos (validade de critério)

Os Estudos 1 e 2 apresentaram, respectivamente: a) uma lacuna na literatura no que diz respeito a existência de SGs voltado à avaliação da ME, especificamente das habilidades integrativas intrínsecas dessa função cognitiva, que foram administrados em amostra de idosos e; b) a descrição de um estudo experimental que buscou atender a necessidade encontrada, desenvolvendo e validando uma ferramenta de avaliação com tais propriedades. Por sua vez, o Estudo 3 foi desenhado buscando verificar a eficácia do SG de MI “Esconde-Pirata” em estimar o desempenho de idosos cognitivamente saudáveis no conjunto de tarefas do SG produzido e compará-lo com os adultos jovens.

Os resultados do Estudo 3 continuaram destacando a relação entre as tarefas implementadas no “Esconde-Pirata” e os indicadores neuropsicológicos obtidos de uma amostra de adultos jovens e idosos sem prejuízo cognitivo. As correlações registradas foram mais intensas com as tarefas de memória do que as produzidas por testes que avaliam outras funções cognitivas, como a atenção (d2). Os modelos de regressão múltiplas construídos reforçaram estes achados, explicitando que as medidas de avaliação

da ME foram capazes de explicarem significativamente o desempenho obtido nas tarefas MI conjuntiva (WWWhen e WWWhich) e MI relacional (NOFI). Os resultados obtidos reforçam as considerações apresentadas no Estudo 2, que demonstram indicadores satisfatórios de validade convergente e divergente para as tarefas do SG “Esconde-Pirata”.

Uma vez constatado esses indicadores de validade para as medidas do SG, foram levantados questionamentos sobre a capacidade que o SG teve em detectar diferenças no desempenho decorrente do envelhecimento normal. Foi hipotetizado que as medidas produzidas pelo SG apresentariam piores indicadores de desempenho do grupo de idosos em relação aos adultos mais jovens, já que as habilidades cognitivas que fundamentaram a ferramenta de avaliação (WWWhen, WWWhich e NOFI) demonstram sofrerem prejuízos relacionados ao processo de envelhecimento (Cheke, 2016; Davis et al., 2013; Rentz et al., 2011; Silva et al., 2020), sendo inclusive consideradas como medidas promissoras para a detecção precoce de mudanças pré-sintomáticas de processos neurodegenerativos, como doença de Alzheimer (Rentz et al., 2013).

O delineamento metodológico implementado no Estudo 3 produziu resultados que apontaram diferenças relativas à idade para todas as estimativas derivadas do SG. Para as medidas das tarefas WWWhen, WWWhich e NOFI, os adultos jovens obtiveram um desempenho médio superior aos dos idosos. Os tamanhos de efeitos registrados, excetuando os da NOFI, foram mais intensos do que aqueles estimados para as medidas neuropsicológicas, superando até mesmo as medidas de memória tradicionais adotadas (RAVLT e La Ruche). Esses resultados reforçaram as descobertas apresentadas no Estudo 2, ratificando a validade de construto para SG construído. Além disso, incorporou outros critérios de validação ao instrumento (validade de critério).

6.4. Limitações dos estudos

Apesar dos resultados detalhados nos Estudos 2 e 3 atenderem integralmente os objetivos da presente tese, algumas limitações devem ser apontadas. Ao realizar-se o processo de construção e validação do SG (Estudo 2), observou-se durante a fase de coleta que alguns jogadores expuseram um problema relacionado à execução das tarefas WWWhen e WWWhich. Foram testemunhados eventos nos quais os voluntários acabavam soltando o “tesouro” (soltando o botão do mouse), de forma não proposital, durante o deslocamento, promovendo conseqüentemente uma demora na finalização das

tarefas. A substituição do dispositivo atual (mouse óptico) por um com tela touchscreen (ex.: tablet ou smartfone) pode ser uma solução para tal problema (Tong & Chignell, 2014). Outra dificuldade associada a esse estudo trata sobre a amostra empregada (51 adultos jovens). Pesquisas voltadas à validação de SG empregados na mensuração de habilidades cognitivas (Aalbers et al., 2013; Coughlan et al., 2019) fizeram uso de uma quantidade maior de voluntários. Apesar de que esses dois exemplos tiveram suas atividades desenvolvidas para serem implementadas de forma online, sem a supervisão de um profissional especializado para acompanhar a realização das tarefas.

Em relação ao terceiro estudo, pode-se destacar outra limitação relacionada com características da amostra. A desproporcionalidade dos grupos (adultos jovens = 51; idosos = 32) pode ser considerada uma questão relevante, que venha a ser alvo de crítica. Apesar disso, vale destacar que na população brasileiro em geral existe uma parcela maior de adultos jovens do que idosos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018), portanto, acredita-se que a amostra seja considerada como representativa. Além disso, foram adotados testes estatísticos que procuraram controlar os erros decorrentes de amostras desproporcionais (Welch, 1947). A estatística de tamanho de efeito (g de Hedges) foi outra estratégia adotada para minimizar a influência do tamanho amostral sobre os resultados da pesquisa, já que esse procedimento ratificou as diferenças registradas pelo teste de hipótese adotado, que foi sensível o suficiente para detectar prejuízo no desempenho dos grupos em todas as tarefas do SG e testes neuropsicológicos.

Apesar dessas limitações, os resultados obtidos demonstram ser positivos, pois atenderam a proposta dessa tese, mostrando indicadores satisfatórios de validade divergente, convergente e de critério. Pesquisas adicionais em uma amostra maior e mais equilibrada podem fortalecer as conclusões tiradas e a validade externa do SG “Esconde-pirata” e estudos de validação com outras medidas cognitivas devem ser realizados para replicar os presentes resultados.

6.5. Perspectivas futuras

Em decorrência dos resultados obtidos reforça-se a defesa do uso de SG voltados para a avaliação de habilidades cognitivas, no caso a ME integrativa conjuntiva e relacional, tal qual já ocorre em outros trabalhos, que exploraram funções como atenção, processamento inibitório e outras modalidades de memória, voltados à área de avaliação neuropsicológica. Considerou-se essa proposta a partir do detalhamento da aplicação do

“Esconde-Pirata” em uma amostra de adultos jovens e idosos saudáveis, demonstrando consequentemente o impacto de diferentes habilidades cognitivas sobre as estimativas produzidas pelo SG. Os dados extraídos da amostra em questão poderão ser empregados no processo de normatização, sendo consequentemente usados como critério padrão para diferenciação de grupos específicos, como idosos com envelhecimento normal e/ou patológico, já que esse é um público que demonstra ter suas habilidades cognitivas comprometidas, principalmente diferentes tipos de memória.

Em futuras atualizações pretende-se diminuir as limitações registradas nesse estudo inicial, objetivando o desenvolvimento de versões que medirão com maior precisão as alterações em tais habilidades. Como extensão para o trabalho atual, planeja-se conduzir outros delineamentos, submetendo o “Esconde-Pirata” a amostras com diferentes características, como envelhecimento patológico, buscando encontrar indicadores de validade de critério. Nesse cenário, espera-se aprender como os idosos interagirão com o SG e determinar se a métrica estimada pela ferramenta testada permanece sendo uma boa representação para a MI conjuntiva (WWWhen e WWWhich) e relacional (NOFI).

Almeja-se criar uma versão adaptável do SG, que module automaticamente a complexidade das tarefas, alterando a quantidade de itens a serem escondidos, sendo atualizado a partir do desempenho do jogador. Espera-se igualmente que os métodos adotados nessa tese possam ser aplicados a outros delineamentos de desenvolvimento de SG voltados à avaliação neuropsicológica, especialmente da memória.

CONCLUSÃO

Os três estudos que compõem esta Tese de Doutorado se basearam na busca por desenvolver e investigar a eficiência de um SG baseado em ME integrativa em diferenciar o desempenho de adultos jovens dos seus pares mais velhos, que apresentaram um processo de envelhecimento sem prejuízo cognitivo, procurando agregar consequentemente evidências de validação. Dessa forma, levou-se em consideração três paradigmas experimentais de mensuração da memória integrativa, sendo dois do tipo conjuntiva (tarefas WWWhen e WWWhich) e um relacional (NOFI) como modelos teóricos para embasar a construção das tarefas propostas. Os resultados apontaram que todos os paradigmas que compuseram o SG estão predominantemente correlacionados com tarefas de memória. Além disso, os resultados obtidos mostraram que as propostas de tarefas implementadas no SG “Esconde-Pirata” foram capazes de diferenciar o desempenho de adultos jovens em comparação com os idosos, sendo registrado diferenças mais intensas para as tarefas baseadas nos paradigmas experimental WWWhen e WWWhich. Em razão dos resultados obtidos pode-se concluir que a proposta do SG “Esconde-Pirata” agrega indicadores satisfatórios de validade de construto e de critério. Em decorrência dessas funções serem comprometidas tanto pelo processo de envelhecimento fisiológico (Cheke, 2016; Silva et al., 2020) quanto patológico (Rentz et al., 2013), mais estudos devem ser conduzidos, dessa vez explorando os efeitos de transtornos neurodegenerativos no desempenho das tarefas do SG.

REFERÊNCIAS

- Aalbers, T., Baars, M. A. E., Rikkert, M. G. M. O., & Kessels, R. P. C. (2013). Puzzling with online games (BAM-COG): Reliability, validity, and feasibility of an online self-monitor for cognitive performance in aging adults. *Journal of Medical Internet Research*, 15(12), e270. doi: 10.2196/jmir.2860
- Aalten, P., De Vugt, M. E., Lousberg, R., Korten, E., Jaspers, N., Senden, B., Jolles, J., & Verhey, F. R. J. (2003). Behavioral problems indementia: A factor analysis of the neuropsychiatric inventory. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 15(2), 99–105. doi: 10.1159/000067972
- Abd Razak, M. A., Ahmad, N. A., Chan, Y. Y., Mohamad Kasim, N., Yusof, M., Abdul Ghani, M. K. A., ... Jamaluddin, R. (2019). Validity of screening tools for dementia and mild cognitive impairment among the elderly in primary health care: a systematic review. *Public Health*, 169, 84–92. doi: 10.1016/j.puhe.2019.01.001
- Ahn, H.-J., Seo, S. W., Chin, J., Suh, M. K., Lee, B. H., Kim, S. T., ... Na, D. L. (2011). The cortical neuroanatomy of neuropsychological deficits in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: A surface-based morphometric analysis. *Neuropsychologia*, 49(14), 3931–3945. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.10.010
- Aine, C. J., Sanfratello, L., Adair, J. C., Knoefel, J. E., Caprihan, A., & Stephen, J. M. (2011). Development and decline of memory functions in normal, pathological and healthy successful aging. *Brain Topography*, 24(3–4), 323–339. doi: 10.1007/s10548-011-0178-x
- Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., Gamst, A., Holtzman, D. M., Jagust, W. J., Petersen, R. C., Snyder, P. J., Carrillo, M. C., Thies, B., & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's and Dementia*, 7(3), 270–279. doi: 10.1016/j.jalz.2011.03.008
- Alegret, M., Muñoz, N., Roberto, N., Rentz, D. M., Valero, S., Gil, S., Marquié, M.,

- Hernández, I., Riveros, C., Sanabria, A., Perez-Cordon, A., Espinosa, A., Ortega, G., Mauleón, A., Abdelnour, C., Rosende-Roca, M., Papp, K. V., Orellana, A., Benaque, A., ... Boada, M. (2020). A computerized version of the Short Form of the Face-Name Associative Memory Exam (FACEmemory®) for the early detection of Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research & Therapy*, *12*(1). doi: 10.1186/S13195-020-00594-6
- Allen, T. A., & Fortin, N. J. (2013). The evolution of episodic memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(Suppl 2), 10379–10386. doi: 10.1073/pnas.1301199110
- Almeida, L. R., Machado, L. S., Medeiros, A. T., Coelho, H. F. C., Andrade, J. M., & Moraes, R. M. (2018). The Caixa de Pandora Game: Changing Behaviors and Attitudes toward Violence against Women. *Computers in Entertainment*, *16*(3), 1–13. doi: 10.1145/3236493
- Alvarez-Schulze, V., Cattaneo, G., Pachón-García, C., Solana-Sánchez, J., Tormos-Muñoz, J. M., Alegret, M., Pascual-Leone, A., & Bartrés-Faz, D. (2022). Validation and Normative Data of the Spanish Version of the Face Name Associative Memory Exam (S-FNAME). *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, *28*(1), 74–84. doi:10.1017/S1355617721000084
- Anderson, E. F., McLoughlin, L., Liarokapis, F., Peters, C., Petridis, P., & de Freitas, S. (2010). Developing serious games for cultural heritage: a state-of-the-art review. *Virtual Reality*, *14*(4), 255–275. doi: 10.1007/s10055-010-0177-3
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., Larraburo, Y., Rolle, C., Johnston, E., & Gazzaley, A. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature*, *501*(7465), 97–101. doi: 10.1038/nature12486
- Artuso, C., Cavallini, E., Bottiroli, S., & Palladino, P. (2017). Updating working memory: memory load matters with aging. *Aging Clinical and Experimental Research*, *29*(3), 371–377. doi:10.1007/s40520-016-0581-y
- Babcock, K. R., Page, J. S., Fallon, J. R., & Webb, A. E. (2021). Adult Hippocampal

- Neurogenesis in Aging and Alzheimer's Disease. In *Stem Cell Reports* (Vol. 16, Issue 4, pp. 681–693). *Stem Cell Reports*. doi:10.1016/j.stemcr.2021.01.019
- Baddeley, A. (2010). Working memory. In *Current Biology* (Vol. 20, Issue 4, pp. R136–R140). Elsevier. doi: 10.1016/j.cub.2009.12.014
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2020). *Memory* (A. Baddeley, M. W. Eysenck, & M. C. Anderson (eds.); 3^o). Taylor & Francis.
- Ballesteros, S., Mayas, J., Prieto, A., Ruiz-Marquez, E., Toril, P., & Reales, J. M. (2017). Effects of video game training on measures of selective attention and working memory in older adults: Results from a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9(NOV), 354. doi:10.3389/fnagi.2017.00354
- Baptista, P., & Andrade, J. P. (2018). Adult Hippocampal Neurogenesis: Regulation and Possible Functional and Clinical Correlates. *Frontiers in Neuroanatomy*, 12. doi: 10.3389/FNANA.2018.00044
- Barker, G. R. I., Banks, P. J., Scott, H., Ralph, G. S., Mitrophanous, K. A., Wong, L. F., Bashir, Z. I., Uney, J. B., & Warburton, E. C. (2017). Separate elements of episodic memory subserved by distinct hippocampal-prefrontal connections. *Nature Neuroscience*, 20(2), 242–250. doi:10.1038/nn.4472
- Bastin, C. (2018). Differential age-related effects on conjunctive and relational visual short-term memory binding. *Memory*, 26(9), 1181–1190. doi:10.1080/09658211.2017.1421228
- Bastin, C., & Besson, G. (2021). Aging and binding in short-term memory: processes involved in conjunctive and relational binding. *Memory*, 29(2), 193–209. doi:10.1080/09658211.2021.1873390
- Bastin, C., Besson, G., Delhay, E., Folville, A., Geurten, M., Simon, J., Willems, S., & Salmon, E. (2019). Interactions with the integrative memory model. *Behavioral and Brain Sciences*, 42, e304. doi:10.1017/S0140525X19002024
- Bayram, E., Litvan, I., Wright, B. A., Grembowski, C., Shen, Q., & Harrington, D. L. (2021). Dopamine effects on memory load and distraction during visuospatial

working memory in cognitively normal Parkinson's disease. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 28(6), 812–828. doi:10.1080/13825585.2020.1828804

Becker, N., Laukka, E. J., Kalpouzos, G., Naveh-Benjamin, M., Bäckman, L., & Brehmer, Y. (2015). Structural brain correlates of associative memory in older adults. *NeuroImage*, 118, 146–153. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.06.002

Belleville, S., Hudon, C., Bier, N., Brodeur, C., Gilbert, B., Grenier, S., Ouellet, M. C., Viscogliosi, C., & Gauthier, S. (2018). MEMO+: Efficacy, Durability and Effect of Cognitive Training and Psychosocial Intervention in Individuals with Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(4), 655–663. doi:10.1111/JGS.15192

Ben-Sadoun, G., Manera, V., Alvarez, J., Sacco, G., & Robert, P. (2018). Recommendations for the Design of Serious Games in Neurodegenerative Diseases. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(FEB), 1–7. doi: 10.3389/fnagi.2018.00013

Bier, B., Ouellet, É., & Belleville, S. (2018). Computerized attentional training and transfer with virtual reality: Effect of age and training type. *Neuropsychology*, 32(5), 597–614. doi: 10.1037/NEU0000417

Bishop, N. A., Lu, T., & Yankner, B. A. (2010). Neural mechanisms of ageing and cognitive decline. *Nature*, 464(7288), 529–535. doi: 10.1038/nature08983

Bleakley, C. M., Charles, D., Porter-Armstrong, A., McNeill, M. D. J., McDonough, S. M., & McCormack, B. (2015). Gaming for health: A systematic review of the physical and cognitive effects of interactive computer games in older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 34(3), NP166–NP189. doi: 10.1177/0733464812470747

Bo, M., Mario, B., Massaia, M., Massimiliano, M., Merlo, C., Chiara, M., ... Gianfranco, F. (2009). White-coat effect among older patients with suspected cognitive impairment: prevalence and clinical implications. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 24(5), 509–517. doi: 10.1002/gps.2145

Boccardi, V., Ruggiero, C., Patrì, A., & Marano, L. (2016). Diagnostic Assessment and Management of Dysphagia in Patients with Alzheimer's Disease. *Journal of*

Alzheimer's Disease: JAD, 50(4), 947–955. doi: 10.3233/JAD-150931

- Bodzin, A., Junior, R. A., Hammond, T., & Anastasio, D. (2020). Investigating Engagement and Flow with a Placed-Based Immersive Virtual Reality Game. *Journal of Science Education and Technology* 2020 30:3, 30(3), 347–360. doi: 10.1007/S10956-020-09870-4
- Boletsis, C. (2014). Connecting the player to the doctor : utilising serious games for cognitive training & screening.
- Boletsis, C., & McCallum, S. (2016). Augmented Reality Cubes for Cognitive Gaming: Preliminary Usability and Game Experience Testing. *International Journal of Serious Games*, 3(1). doi:10.17083/ijsg.v3i1.106
- Bolívar, J. C. C., & Saladie, D. G. (2016). Redefining Amnestic Mild Cognitive Impairment as an Early Form of Alzheimer's Disease Based on Assessment of Memory Systems. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 53(2), 705–712. doi: 10.3233/JAD-160117
- Bonnechère, B. (2018). *Serious Games in Physical Rehabilitation*. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-66122-3
- Brickenkamp, R., & Zilmer, E. (1998). *D2 Test of Attention* (1st ed.). Hogrefe & Huber Publishers. doi:10.1037/t03299-000
- Brox, E., Konstantinidis, S. T., & Evertsen, G. (2017). User-Centered Design of Serious Games for Older Adults Following 3 Years of Experience With Exergames for Seniors: A Study Design. *JMIR Serious Games*, 5(1). doi: 10.2196/GAMES.6254
- Buitenweg, J. I. V., Van De Ven, R. M., Ridderinkhof, K. R., & Murre, J. M. J. (2019). Does cognitive flexibility training enhance subjective mental functioning in healthy older adults? *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 26(5), 688–710. doi: 10.1080/13825585.2018.1519106
- Buschke, H., Mowrey, W. B., Ramratan, W. S., Zimmerman, M. E., Loewenstein, D. A., Katz, M. J., & Lipton, R. B. (2017). Memory binding test distinguishes amnestic

mild cognitive impairment and dementia from cognitively normal elderly. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(1), 29–39. doi:10.1093/arclin/acw083

Calia, C., Pickett, E., Parra, M. A., & Mario Parra, C. A. (2020). Does feature binding account for functional decline in patients with mild cognitive impairment? Evidence from the Details of Function of Everyday Life Questionnaire (DoFEL). *Alzheimer's & Dementia*, 16(S6), e044921. doi:10.1002/ALZ.044921

Campanholo, K. R., Romão, M. A., Machado, M. de A. R., Serrao, V. T., Coutinho, D. G. C., Benute, G. R. G., & Lucia, M. C. S. de. (2014). Performance of an adult Brazilian sample on the Trail Making Test and Stroop Test. *Dementia & Neuropsychologia*, 8(1), 26–31. doi:10.1590/S1980-57642014DN81000005

Caruso, G., Perri, R., Fadda, L., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2020). Recall and Recognition in Alzheimer's Disease and Frontotemporal Dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, 1–12. doi: 10.3233/JAD-200126

Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., & Abdullah, J. M. (2018). Working memory from the psychological and neurosciences perspectives: A review. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 9, Issue MAR, p. 401). Frontiers Media S.A. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00401

Chang, K., An, N., Qi, J., Li, R., Levkoff, S., Chen, H., & Li, P. (2013). Food stamps: A reminiscence therapy tablet game for Chinese seniors. 2013 ICME International Conference on Complex Medical Engineering, CME 2013, 556–561. doi: 10.1109/ICCME.2013.6548312

Chao, O. Y., de Souza Silva, M. A., Yang, Y.-M., & Huston, J. P. (2020). The medial prefrontal cortex - hippocampus circuit that integrates information of object, place and time to construct episodic memory in rodents: Behavioral, anatomical and neurochemical properties. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 113(February), 373–407. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.04.007

Chaytor, N. S., Barbosa-Leiker, C., Germine, L. T., Fonseca, L. M., McPherson, S. M., & Tuttle, K. R. (2021). Construct Validity, Ecological Validity and Acceptance of Self-administered Online Neuropsychological Assessment in Adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 35(1), 148. doi: 10.1080/13854046.2020.1811893

- Cheke, L. G. (2016). What–where–when memory and encoding strategies in healthy aging. *Learning & Memory*, 23(3), 121–126. doi: 10.1101/lm.040840.115
- Cheke, L. G., & Clayton, N. S. (2013). Do different tests of episodic memory produce consistent results in human adults? *Learning & Memory*, 20(9), 491–498. doi: 10.1101/lm.030502.113
- Cheke, L. G., & Clayton, N. S. (2015). The six blind men and the elephant: Are episodic memory tasks tests of different things or different tests of the same thing? *Journal of Experimental Child Psychology*, 137, 164–171. doi:10.1016/j.jecp.2015.03.006
- Cheke, L. G., Bonnici, H. M., Clayton, N. S., & Simons, J. S. (2017). Obesity and insulin resistance are associated with reduced activity in core memory regions of the brain. *Neuropsychologia*, 96(January), 137–149. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.013
- Cheke, L. G., Simons, J. S., & Clayton, N. S. (2016). Higher body mass index is associated with episodic memory deficits in young adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(11), 2305–2316. doi:10.1080/17470218.2015.1099163
- Chicchi Giglioli, I. A., de Juan Ripoll, C., Parra, E., & Alcañiz Raya, M. (2018). EXPANSE: A novel narrative serious game for the behavioral assessment of cognitive abilities. *PLOS ONE*, 13(11), e0206925. doi: 10.1371/journal.pone.0206925
- Chicchi Giglioli, I. A., de Juan Ripoll, C., Parra, E., & Alcañiz Raya, M. (2021). Are 3D virtual environments better than 2D interfaces in serious games performance? An explorative study for the assessment of executive functions. *Applied Neuropsychology. Adult*, 28(2), 148–157. doi: 10.1080/23279095.2019.1607735
- Cho, D. R., & Lee, S. H. (2019). Effects of virtual reality immersive training with computerized cognitive training on cognitive function and activities of daily living performance in patients with acute stage stroke. *Medicine*, 98(11), e14752. doi: 10.1097/MD.00000000000014752
- Christensen, H. (2001). What cognitive changes can be expected with normal ageing?

Australian and New Zealand Journal of Psychiatry, 35(6), 768–775. doi: 10.1046/j.1440-1614.2001.00966.x

Clague, F., Dudas, R. B., Thompson, S. A., Graham, K. S., & Hodges, J. R. (2005). Multidimensional measures of person knowledge and spatial associative learning: can these be applied to the differentiation of Alzheimer's disease from frontotemporal and vascular dementia? *Neuropsychologia*, 43(9), 1338–1350. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.11.023

Clay, F., Howett, D., FitzGerald, J., Fletcher, P., Chan, D., & Price, A. (2020). Use of Immersive Virtual Reality in the Assessment and Treatment of Alzheimer's Disease: A Systematic Review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 75(1), 23–43. doi:10.3233/JAD-191218

Clayton, N. S., & Dickinson, A. (1998). Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. *Nature*, 395(6699), 272–274. doi: 10.1038/26216

Clayton, N. S., Bussey, T. J., & Dickinson, A. (2003). Can animals recall the past and plan for the future? *Nature Reviews. Neuroscience*, 4(8), 685–691. doi: 10.1038/nrn1180

Clayton, N. S., Yu, K. S., & Dickinson, A. (2001). Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) form integrated memories of the multiple features of caching episodes. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 27(1), 17–29. doi: 10.1037/0097-7403.27.1.17

Clayton, Nicola S., Bussey, T. J., Emery, N. J., & Dickinson, A. (2003). Prometheus to Proust: the case for behavioural criteria for 'mental time travel'. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 436–437. doi: 10.1016/j.tics.2003.08.003

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed).

Cohen, R. A., Marsiske, M. M., & Smith, G. E. (2019). Neuropsychology of aging. *Handbook of Clinical Neurology*, 167, 149–180. doi: 10.1016/B978-0-12-804766-8.00010-8

Collie, A., Maruff, P., Darby, D. G., & McStephen, M. (2003). The effects of practice on the cognitive test performance of neurologically normal individuals assessed at brief

- test-retest intervals. In *Journal of the International Neuropsychological Society* (Vol. 9, Issue 3, pp. 419–428). *J Int Neuropsychol Soc.* doi: 10.1017/S1355617703930074
- Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P. M., Zmigrod, S., & Hommel, B. (2013). Action video gaming and cognitive control: playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychological Research*, 77(2), 234–239. doi: 10.1007/s00426-012-0415-2
- Cordell, C. B., Borson, S., Boustani, M., Chodosh, J., Reuben, D., Verghese, J., ... Medicare Detection of Cognitive Impairment Workgroup. (2013). Alzheimer's Association recommendations for operationalizing the detection of cognitive impairment during the Medicare Annual Wellness Visit in a primary care setting. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 9(2), 141–150. doi: 10.1016/j.jalz.2012.09.011
- Cotta, M. F., Malloy-Diniz, L. F., Nicolato, R., De Moares, E. N., Rocha, F. L., & De Paula, J. J. (2012). O Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey (RAVLT) no diagnóstico diferencial do envelhecimento cognitivo normal e patológico. *Contextos Clínicos*, 5(1), 10–25. doi:10.4013/ctc.2012.51.02
- Coughlan, G., Coutrot, A., Khondoker, M., Minihane, A. M., Spiers, H., & Hornberger, M. (2019). Toward personalized cognitive diagnostics of at-genetic-risk Alzheimer's disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(19), 9285–9292. doi: 10.1073/pnas.1901600116
- D'Esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual Review of Psychology*, 66, 115–142. doi: 10.1146/annurev-psych-010814-015031
- Davis, K. E., Eacott, M. J., Easton, A., & Gigg, J. (2013). Episodic-like memory is sensitive to both Alzheimer's-like pathological accumulation and normal ageing processes in mice. *Behavioural Brain Research*, 254, 73–82. doi: 10.1016/j.bbr.2013.03.009
- Davis, K. E., Easton, A., Eacott, M. J., & Gigg, J. (2013). Episodic-Like Memory for What-Where-Which Occasion is Selectively Impaired in the 3xTgAD Mouse Model

- of Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 33(3), 681–698. doi: 10.3233/JAD-2012-121543
- De Roeck, E. E., De Deyn, P. P., Dierckx, E., & Engelborghs, S. (2019). Brief cognitive screening instruments for early detection of Alzheimer's disease: a systematic review. *Alzheimer's Research & Therapy*, 11(1), 21. doi: 10.1186/s13195-019-0474-3
- Deponti, D., Maggiorini, D., & Palazzi, C. E. (2009). DroidGlove: An android-based application for wrist rehabilitation. 2009 International Conference on Ultra Modern Telecommunications Workshops, 1–7. doi: 10.1109/ICUMT.2009.5345442
- Derksen, M. E., Van Strijp, S., Kunst, A. E., Daams, J. G., Jaspers, M. W. M., & Fransen, M. P. (2020). Serious games for smoking prevention and cessation: A systematic review of game elements and game effects. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, 27(5), 818–833. doi:10.1093/JAMIA/OCAA013
- Dickerson, B. C., & Eichenbaum, H. (2010). The Episodic Memory System: Neurocircuitry and Disorders. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 86–104. doi: 10.1038/npp.2009.126
- Dimitrov, M., Granetz, J., Peterson, M., Hollnagel, C., Alexander, G., & Grafman, J. (1999). Associative learning impairments in patients with frontal lobe damage. *Brain and Cognition*, 41(2), 213–230. doi: 10.1006/brcg.1999.1121
- Doumas, I., Everard, G., Dehem, S., & Lejeune, T. (2021). Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 18(1). doi: 10.1186/S12984-021-00889-1
- Dubois, B., Feldman, H. H., Jacova, C., Cummings, J. L., DeKosky, S. T., Barberger-Gateau, P., Delacourte, A., Frisoni, G., Fox, N. C., Galasko, D., Gauthier, S., Hampel, H., Jicha, G. A., Meguro, K., O'Brien, J., Pasquier, F., Robert, P., Rossor, M., Salloway, S., ... Scheltens, P. (2010). Revising the definition of Alzheimer's disease: A new lexicon. In *The Lancet Neurology* (Vol. 9, Issue 11, pp. 1118–1127). *Lancet Neurol*. doi: 10.1016/S1474-4422(10)70223-4
- Eacott, M. J., & Easton, A. (2010). Episodic memory in animals: remembering which

- occasion. *Neuropsychologia*, 48(8), 2273–2280. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.002
- Eacott, M. J., & Norman, G. (2004). Integrated Memory for Object, Place, and Context in Rats: A Possible Model of Episodic-Like Memory? *The Journal of Neuroscience*, 24(8), 1948–1953. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2975-03.2004
- Easton, A., Webster, L. A. D., & Eacott, M. J. (2012). The episodic nature of episodic-like memories. *Learning and Memory*, 19(4), 146–150. doi:10.1101/lm.025676.112
- Eichenbaum, H. (2017). Prefrontal–hippocampal interactions in episodic memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(9), 547–558. doi:10.1038/nrn.2017.74
- Eichenbaum, H., Sauvage, M., Fortin, N., Komorowski, R., & Lipton, P. (2012). Towards a functional organization of episodic memory in the medial temporal lobe. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1597–1608. doi:10.1016/J.NEUBIOREV.2011.07.006
- Eichenberg, C., & Schott, M. (2017). Serious Games for Psychotherapy: A Systematic Review. *Games for Health Journal*, 6(3), 127–135. doi:10.1089/G4H.2016.0068
- Ekstrom, A. D., & Yonelinas, A. P. (2020). Precision, binding, and the hippocampus: Precisely what are we talking about? *Neuropsychologia*, 138(June 2019), 107341. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2020.107341
- El Haj, M., Colombeau, F., Kapogiannis, D., & Gallouj, K. (2020). False Memory in Alzheimer’s Disease. *Behavioural Neurology*, 2020, 1–10. doi:10.1155/2020/5284504
- Enriquez-Geppert, S., Flores-Vázquez, J. F., Lietz, M., Garcia-Pimenta, M., & Andrés, P. (2021). I know your face but can’t remember your name: Age-related differences in the FNAME-12NL. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 36(5), 844–849. doi:10.1093/ARCLIN/ACAA107
- Fernández, G., & Parra, M. A. (2021). Oculomotor Behaviors and Integrative Memory Functions in the Alzheimer’s Clinical Syndrome. *Journal of Alzheimer’s Disease*,

82(3), 1033–1044. doi:10.3233/JAD-201189

- Fernandez-Baizan, C., Arias, J. L., & Mendez, M. (2020). Spatial memory assessment reveals age-related differences in egocentric and allocentric memory performance. *Behavioural Brain Research*, 388. doi:10.1016/j.bbr.2020.112646
- Fernández-Calvo, B., Rodríguez-Pérez, R., Contador, I., Rubio-Santorum, A., & Ramos, F. (2011). Efficacy of cognitive training programs based on new software technologies in patients with Alzheimer-type dementia. *Psicothema*, 23(1), 44–50. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21266141>
- Ferreira-Brito, F., Fialho, M., Virgolino, A., Neves, I., Miranda, A. C., Sousa-Santos, N., Caneiras, C., Carriço, L., Verdelho, A., & Santos, O. (2019). Game-based interventions for neuropsychological assessment, training and rehabilitation: Which game-elements to use? A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*, 98. doi: 10.1016/J.JBI.2019.103287
- Finn, M., & McDonald, S. (2011). Computerised cognitive training for older persons with mild cognitive impairment: A pilot study using a randomised controlled trial design. *Brain Impairment*, 12(3), 187–199. doi: 10.1375/brim.12.3.187
- Flak, M. M., Hol, H. R., Hernes, S. S., Chang, L., Engvig, A., Bjuland, K. J., Pripp, A., Madsen, B. O., Knapskog, A. B., Ulstein, I., Lona, T., Skranes, J., & Løhaugen, G. C. C. (2019). Adaptive Computerized Working Memory Training in Patients With Mild Cognitive Impairment. A Randomized Double-Blind Active Controlled Trial. *Frontiers in Psychology*, 10(APR). doi: 10.3389/FPSYG.2019.00807
- Fleming, T. M., Bavin, L., Stasiak, K., Hermansson-Webb, E., Merry, S. N., Cheek, C., Lucassen, M., Lau, H. M., Pollmuller, B., & Hetrick, S. (2017). Serious Games and Gamification for Mental Health: Current Status and Promising Directions. *Frontiers in Psychiatry*, 7. doi: 10.3389/fpsyt.2016.00215
- Flores Vazquez, J. F., Rubiño, J., Contreras López, J. J., Siquier, A., Cruz Contreras, C., Sosa-Ortiz, A. L., Enriquez Geppert, S., & Andrés, P. (2021). Worse associative memory recall in healthy older adults compared to young ones, a face-name study in Spain and Mexico. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 43(6),

558–567. doi:10.1080/13803395.2021.1962252

- François, S., Angel, L., Salmon, E., Bastin, C., & Collette, F. (2018). The effect of ageing on the neural substrates of incidental encoding leading to recollection or familiarity. *Brain and Cognition*, 126, 1–12. doi: 10.1016/j.bandc.2018.07.004
- Frisch, S., Dukart, J., Vogt, B., Horstmann, A., Becker, G., Villringer, A., Barthel, H., Sabri, O., Müller, K., & Schroeter, M. L. (2013). Dissociating Memory Networks in Early Alzheimer's Disease and Frontotemporal Lobar Degeneration - A Combined Study of Hypometabolism and Atrophy. *PLoS ONE*, 8(2), e55251. doi: 10.1371/journal.pone.0055251
- Fukui, Y., Yamashita, T., Hishikawa, N., Kurata, T., Sato, K., Omote, Y., Kono, S., Yunoki, T., Kawahara, Y., Hatanaka, N., Tokuchi, R., Deguchi, K., & Abe, K. (2015). Computerized touch-panel screening tests for detecting mild cognitive impairment and alzheimer's disease. *Internal Medicine*, 54(8), 895–902. doi: 10.2169/internalmedicine.54.3931
- Gaffan, D. (1994). Scene-Specific Memory for Objects: A Model of Episodic Memory Impairment in Monkeys with Fornix Transection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6(4), 305–320. doi:10.1162/jocn.1994.6.4.305
- Gamberini, L., Martino, F., Seraglia, B., Spagnolli, A., Fabregat, M., Ibanez, F., Alcaniz, M., & Andrés, J. M. (2009). Eldergames project: An innovative mixed reality table-top solution to preserve cognitive functions in elderly people. *Proceedings - 2009 2nd Conference on Human System Interactions, HSI '09*, 164–169. doi: 10.1109/HSI.2009.5090973
- Gamito, P., Oliveira, J., Morais, D., Coelho, C., Santos, N., Alves, C., Galamba, A., Soeiro, M., Yerra, M., French, H., Talmers, L., Gomes, T., & Brito, R. (2019). Cognitive Stimulation of Elderly Individuals with Instrumental Virtual Reality-Based Activities of Daily Life: Pre-Post Treatment Study. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1), 69–75. doi: 10.1089/cyber.2017.0679
- Gansler, D. A., Varvaris, M., & Schretlen, D. J. (2017). The use of neuropsychological tests to assess intelligence. *Clinical Neuropsychologist*, 31(6–7), 1073–1086. doi:

10.1080/13854046.2017.1322149

- Geldmacher, D. S. (2003). Visuospatial dysfunction in the neurodegenerative diseases. In *Frontiers in bioscience : a journal and virtual library* (Vol. 8). doi: 10.2741/1143
- Hagler, S., Jimison, H. B., & Pavel, M. (2014). Assessing executive function using a computer game: Computational modeling of cognitive processes. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 18(4), 1442–1452. doi: 10.1109/JBHI.2014.2299793
- Hamczyk, M. R., Nevado, R. M., Baretino, A., Fuster, V., & Andrés, V. (2020). Biological Versus Chronological Aging: JACC Focus Seminar. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(8), 919–930. doi: 10.1016/J.JACC.2019.11.062
- Hannula, D. E., Tranel, D., Allen, J. S., Kirchoff, B. A., Nickel, A. E., & Cohen, N. J. (2015). Memory for Items and Relationships among Items Embedded in Realistic Scenes: Disproportionate Relational Memory Impairments in Amnesia. *Neuropsychology*, 29(1), 126–138. doi: 10.1037/neu0000119
- Hanseeuw, B. J., Lopera, F., Sperling, R. A., Norton, D. J., Guzman-Velez, E., Baena, A., ... Quiroz, Y. T. (2019). Striatal amyloid is associated with tauopathy and memory decline in familial Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research & Therapy*, 11(1), 17. doi: 10.1186/s13195-019-0468-1
- Haoran, G., Bazakidi, E., & Zary, N. (2019). Serious Games in Health Professions Education: Review of Trends and Learning Efficacy. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 240–248. doi: 10.1055/s-0039-1677904
- Haque, R. U., Manzanares, C. M., Brown, L. N., Pongos, A. L., Lah, J. J., Clifford, G. D., & Levey, A. I. (2019). VisMET: A passive, efficient, and sensitive assessment of visuospatial memory in healthy aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *Learning and Memory*, 26(3), 93–100. doi: 10.1101/lm.048124.118
- Hedden, T., Oh, H., Younger, A. P., & Patel, T. A. (2013). Meta-analysis of amyloid-cognition relations in cognitively normal older adults. *Neurology*, 80(14), 1341–

1348. doi: 10.1212/WNL.0b013e31828ab35d

Heilman, K. M., & Nadeau, S. E. (2019). *Cognitive Changes and the Aging Brain* (K. M. Heilman & S. E. Nadeau (eds.); 1^o). Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781108554350

Henke, K. (2010). A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(7), 523–532. doi:10.1038/nrn2850

Hernández, J. D. O., Aguilar, E. J., & García, F. G. (2015). El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje. *Rev Med UV*, 20–28.

Holland, S. M., & Smulders, T. V. (2011). Do humans use episodic memory to solve a What-Where-When memory task? *Animal Cognition*, *14*(1), 95–102. doi:10.1007/S10071-010-0346-5

Holtzman, D. M., Morris, J. C., & Goate, A. M. (2011). Alzheimer's disease: the challenge of the second century. *Science Translational Medicine*, *3*(77), 77sr1. doi: 10.1126/scitranslmed.3002369

Howieson, D. (2019). Current limitations of neuropsychological tests and assessment procedures. *The Clinical Neuropsychologist*, *33*(2), 200–208. doi:10.1080/13854046.2018.1552762

Iachini, T., Iavarone, A., Senese, V., Ruotolo, F., & Ruggiero, G. (2010). Visuospatial Memory in Healthy Elderly, AD and MCI: A Review. *Current Aging Science*, *2*(1), 43–59. doi: 10.2174/1874609810902010043

Ijsselsteijn, W., Nap, H. H., de Kort, Y., & Poels, K. (2007). Digital game design for elderly users. *Proceedings of the 2007 Conference on Future Play - Future Play '07, January*, 17. doi: 10.1145/1328202.1328206

Irish, M., Hornberger, M., El Wahsh, S., Lam, B. Y. K., Lah, S., Miller, L., Hsieh, S., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2014). Grey and white matter correlates of recent and remote autobiographical memory retrieval -insights from the dementias. *PLoS ONE*, *9*(11), 113081. doi: 10.1371/journal.pone.0113081

Irish, M., Hornberger, M., Lah, S., Miller, L., Pengas, G., Nestor, P. J., Hodges, J. R., &

- Piguet, O. (2011). Profiles of recent autobiographical memory retrieval in semantic dementia, behavioural-variant frontotemporal dementia, and Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 49(9), 2694–2702. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.017
- Jansen, W. J., Ossenkoppele, R., Knol, D. L., Tijms, B. M., Scheltens, P., Verhey, F. R. J., ... Zetterberg, H. (2015). Prevalence of cerebral amyloid pathology in persons without dementia: a meta-analysis. *JAMA*, 313(19), 1924–1938. doi: 10.1001/jama.2015.4668
- Jansen, W. J., Ossenkoppele, R., Tijms, B. M., Fagan, A. M., Hansson, O., Klunk, W. E., ... Zetterberg, H. (2018). Association of Cerebral Amyloid- β Aggregation With Cognitive Functioning in Persons Without Dementia. *JAMA Psychiatry*, 75(1), 84–95. doi: 10.1001/jamapsychiatry.2017.3391
- Jean, S., Medema, W., Adamowski, J., Chew, C., Delaney, P., & Wals, A. (2018). Serious games as a catalyst for boundary crossing, collaboration and knowledge co-creation in a watershed governance context. *Journal of Environmental Management*, 223, 1010–1022. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.05.021
- Jessen, F., Amariglio, R. E., Buckley, R. F., van der Flier, W. M., Han, Y., Molinuevo, J. L., Rabin, L., Rentz, D. M., Rodriguez-Gomez, O., Saykin, A. J., Sikkes, S. A. M., Smart, C. M., Wolfsgruber, S., & Wagner, M. (2020). The characterisation of subjective cognitive decline. *The Lancet Neurology*, 19(3), 271–278. doi: 10.1016/S1474-4422(19)30368-0
- Jimison, H., Pavel, M., McKanna, J., & Pavel, J. (2004). Unobtrusive monitoring of computer interactions to detect cognitive status in elders. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 8(3), 248–252. doi: 10.1109/TITB.2004.835539
- Jin, R., Pillozzi, A., & Huang, X. (2020). Current Cognition Tests, Potential Virtual Reality Applications, and Serious Games in Cognitive Assessment and Non-Pharmacological Therapy for Neurocognitive Disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 9(10), 1–19. doi:10.3390/JCM9103287

- Johnson, J., & Finn, K. (2017). Designing User Interfaces for an Aging Population. In *Designing User Interfaces for an Aging Population: Towards Universal Design*. Elsevier. doi:10.1016/C2015-0-01451-4
- José de Faria, M., & Colpani, R. (2018). Avaliação técnica e pedagógica do jogo sério “joy e as letrinhas.” *RENOTE*, 16(1), 1–10. doi: 10.22456/1679-1916.85877
- Kahana, M. J. (2012). Foundations of human memory. In *Oxford University Press* (Oxford Uni, Vol. 1, Issue 2).
- Kawahara, Y., Ikeda, Y., Deguchi, K., Kurata, T., Hishikawa, N., Sato, K., Kono, S., Yunoki, T., Omote, Y., Yamashita, T., & Abe, K. (2015). Simultaneous assessment of cognitive and affective functions in multiple system atrophy and cortical cerebellar atrophy in relation to computerized touch-panel screening tests. *Journal of the Neurological Sciences*, 351(1–2), 24–30. doi: 10.1016/j.jns.2015.02.010
- Kazmi, S., Ugail, H., Lesk, V., & Palmer, I. (2014). Interactive digital serious games for the assessment, rehabilitation, and prediction of dementia. In *International Journal of Computer Games Technology* (Vol. 2014). Hindawi Publishing Corporation. doi: 10.1155/2014/701565
- Kelley, B. J., & Petersen, R. C. (2007). Alzheimer’s Disease and Mild Cognitive Impairment. *Neurologic clinics*, 25(3), 577–v. doi: 10.1016/j.ncl.2007.03.008
- Kennedy, K. M., & Raz, N. (2015). Normal Aging of the Brain. In *Brain Mapping* (Vol. 3, pp. 603–617). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-397025-1.00068-3
- Khalid, M. N. A., & Iida, H. (2021). Objectivity and Subjectivity in Games: Understanding Engagement and Addiction Mechanism. *IEEE Access*, 9, 65187–65205. doi:10.1109/ACCESS.2021.3075954
- Kitakoshi, D., Hanada, R., Iwata, K., & Suzuki, M. (2015). Cognitive Training System for Dementia Prevention Using Memory Game Based on the Concept of Human-Agent Interaction. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 19(6), 727–737. doi: 10.20965/jaciii.2015.p0727
- Kleschnitzki, J. M., Beyer, L., Beyer, R., & Großmann, I. (2022). The Effectiveness of a

- Serious Game (MemoreBox) for Cognitive Functioning Among Seniors in Care Facilities: Field Study. *JMIR Serious Games*, 10(2). doi:10.2196/33169
- Konig, A., Sacco, G., Bensadoun, G., Bremond, F., David, R., Verhey, F., Aalten, P., Robert, P., & Manera, V. (2015). The Role of Information and Communication Technologies in Clinical Trials with Patients with Alzheimer’s Disease and Related Disorders. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(JUN), 110. doi: 10.3389/fnagi.2015.00110
- Konijnenberg, E., den Braber, A., Ten Kate, M., Tomassen, J., Mulder, S. D., Yaqub, M., ... Visser, P. J. (2019). Association of amyloid pathology with memory performance and cognitive complaints in cognitively normal older adults: a monozygotic twin study. *Neurobiology of Aging*, 77, 58–65. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2019.01.006
- Koo, B. M., & Vizer, L. M. (2019). Mobile Technology for Cognitive Assessment of Older Adults: A Scoping Review. *Innovation in Aging*, 3(1). doi: 10.1093/GERONI/IGY038
- Kormas, C., Zalonis, I., Evdokimidis, I., Kapaki, E., & Potagas, C. (2020). Face-Name Associative Memory Performance Among Cognitively Healthy Individuals, Individuals With Subjective Memory Complaints, and Patients With a Diagnosis of aMCI. *Frontiers in Psychology*, 11. doi:10.3389/FPSYG.2020.02173
- Kost, G. J. (2001). Preventing medical errors in point-of-care testing: security, validation, safeguards, and connectivity. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 125(10), 1307–1315. doi: 10.1043/0003-9985(2001)125<1307:PMEIPO>2.0.CO;2
- Kovács, K. A. (2020). Episodic Memories: How do the Hippocampus and the Entorhinal Ring Attractors Cooperate to Create Them? *Frontiers in Systems Neuroscience*, 14(September), 1–16. doi:10.3389/fnsys.2020.559186
- Lamberty, G. J., & Axelrod, B. N. (2006). The Quantified Process Approach to Neuropsychological Assessment. In A. M. Poreh (Ed.), *The Quantified Process Approach to Neuropsychological Assessment* (pp. 185–196). Psychology Press. doi:10.4324/9780203720899

- Langston, R. F., & Wood, E. R. (2010). Associative recognition and the hippocampus: differential effects of hippocampal lesions on object-place, object-context and object-place-context memory. *Hippocampus*, 20(10), 1139–1153. doi: 10.1002/hipo.20714
- Lau, H. M., Smit, J. H., Fleming, T. M., & Riper, H. (2017). Serious games for mental health: Are they accessible, feasible, and effective? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 7(JAN), 209. doi:10.3389/FPSYT.2016.00209/BIBTEX
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). Neuropsychological assessment. In *Oxford University Press* (5th ed.).
- Liang, Y., Pertzov, Y., Nicholas, J. M., Henley, S. M. D., Crutch, S., Woodward, F., ... Husain, M. (2016). Visual short-term memory binding deficit in familial Alzheimer's disease. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 78, 150–164. doi: 10.1016/j.cortex.2016.01.015
- Lim, Y. Y., Ellis, K. A., Ames, D., Darby, D., Harrington, K., Martins, R. N., ... Maruff, P. (2013). A β amyloid, cognition, and APOE genotype in healthy older adults. *Alzheimer's & Dementia*, 9(5), 538–545. doi: 10.1016/j.jalz.2012.07.004
- Lin, Y. H., Mao, H. F., Lin, K. N., Tang, Y. L., Yang, C. L., & Chou, J. J. (2020). Development and Evaluation of a Computer Game Combining Physical and Cognitive Activities for the Elderly. *IEEE Access*, 8, 216822–216834. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3041017
- Liu, C., Zhao, L., Yang, S., Luo, Y., Zhu, W., Zhu, W., & Shi, L. (2020). Structural changes in the lobar regions of brain in cerebral small-vessel disease patients with and without cognitive impairment: An MRI-based study with automated brain volumetry. *European Journal of Radiology*, 126, 108967. doi: 10.1016/J.EJRAD.2020.108967
- Liu, J., Wang, Q., Jing, D., Gao, R., Zhang, J., Cui, C., ... Gauthier, S. (2019). Diagnostic Approach of Early-Onset Dementia with Negative Family History: Implications from Two Cases of Early-Onset Alzheimer's Disease with De Novo PSEN1

Mutation. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*. doi: 10.3233/JAD-181108

Loewenstein, D. A., Curiel, R. E., Duara, R., & Buschke, H. (2018). Novel Cognitive Paradigms for the Detection of Memory Impairment in Preclinical Alzheimer's Disease. *Assessment*, 25(3), 348–359. doi: 10.1177/1073191117691608

Lopes, S., Magalhães, P., Pereira, A., Martins, J., Magalhães, C., Chaleta, E., & Rosário, P. (2018). Games Used With Serious Purposes: A Systematic Review of Interventions in Patients With Cerebral Palsy. *Frontiers in Psychology*, 9, 1712. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01712

López-Martínez, Á., Santiago-Ramajo, S., Caracuel, A., Valls-Serrano, C., Hornos, M. J., & Rodríguez-Fórtiz, M. J. (2011). Game of gifts purchase: Computer-based training of executive functions for the elderly. 2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2011. doi: 10.1109/SeGAH.2011.6165448

MacDonald, M. E., & Pike, G. B. (2021). MRI of healthy brain aging: A review. *NMR in Biomedicine*, 34(9), 1–25. doi:10.1002/nbm.4564

Machado, L. S., Costa, T. K. de L., & Moraes, R. M. de. (2018). Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. *Revista Observatório*, 4(4), 149–172. doi:10.20873/uft.2447-4266.2018v4n4p149

Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (2005). Detection theory: A user's guide. In N. A. Macmillan & C. D. Creelman (Eds.), *Lawrence Erlbaum Associates* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Mahncke, H. W., Connor, B. B., Appelman, J., Ahsanuddin, O. N., Hardy, J. L., Wood, R. A., Joyce, N. M., Boniske, T., Atkins, S. M., & Merzenich, M. M. (2006). Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: A randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(33), 12523–12528. doi: 10.1073/pnas.0605194103

Mainetti, R., Oliveri, S., Gorini, A., Cutica, I., Pravettoni, G., & Borghese, N. A. (2019). Usability Testing of Two Mini-Games and One Serious Game to Educate People

About Genetics. *Studies in Health Technology and Informatics*, 261, 82–87.

- Malloy-Diniz, L. F., Lasmar, V. A. P., Gazinelli, L. de S. R., Fuentes, D., & Salgado, J. V. (2007). The Rey Auditory-Verbal Learning Test: applicability for the Brazilian elderly population. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 29(4), 324–329. doi:10.1590/S1516-44462006005000053
- Manca, M., Paternò, F., Santoro, C., Zedda, E., Braschi, C., Franco, R., & Sale, A. (2020). The Impact of Serious Games with Humanoid Robots on Mild Cognitive Impairment Older Adults. *International Journal of Human-Computer Studies*, 102509. doi: 10.1016/j.ijhcs.2020.102509
- Manera, V., Ben-Sadoun, G., Aalbers, T., Agopyan, H., Askenazy, F., Benoit, M., Bensamoun, D., Bourgeois, J., Bredin, J., Bremond, F., Crispim-Junior, C., David, R., De Schutter, B., Ettore, E., Fairchild, J., Foulon, P., Gazzaley, A., Gros, A., Hun, S., ... Robert, P. (2017). Recommendations for the Use of Serious Games in Neurodegenerative Disorders: 2016 Delphi Panel. *Frontiers in Psychology*, 8(JUL), 1–10. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01243
- Manera, V., Petit, P. D., Derreumaux, A., Orvieto, I., Romagnoli, M., Lyttle, G., David, R., & Robert, P. (2015). “Kitchen and cooking”, a serious game for mild cognitive impairment and alzheimer’s disease: A pilot study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(FEB). doi: 10.3389/fnagi.2015.00024
- Marin-Gomez, F. X., Garcia-Moreno Marchán, R., Mayos-Fernandez, A., Flores-Mateo, G., Granado-Font, E., Barrera Uriarte, M. L., ... Rey-Reñones, C. (2019). Exploring Efficacy of a Serious Game (Tobstop) for Smoking Cessation During Pregnancy: Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*, 7(1), e12835. doi: 10.2196/12835
- Marston, H. R., Freeman, S., Bishop, K. A., & Beech, C. L. (2016). A Scoping Review of Digital Gaming Research Involving Older Adults Aged 85 and Older. *Games for Health Journal*, 5(3), 157–174. doi: 10.1089/g4h.2015.0087
- Mayes, A., Montaldi, D., & Migo, E. (2007). Associative memory and the medial temporal lobes. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(3), 126–135. doi:

10.1016/j.tics.2006.12.003

- Mazurek, A., Bhoopathy, R. M., Read, J. C. A., Gallagher, P., & Smulders, T. V. (2015). Effects of age on a real-world What-Where-When memory task. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(APR), 1–17. doi:10.3389/fnagi.2015.00074
- McCallum, S. (2012). Gamification and serious games for personalized health. *Studies in Health Technology and Informatics*, 177, 85–96.
- McCallum, S., & Boletsis, C. (2013). A Taxonomy of Serious Games for Dementia. In *Games for Health* (pp. 219–232). Springer Fachmedien Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-02897-8_17
- McCallum, S., & Boletsis, C. (2013). Dementia Games: A Literature Review of Dementia-Related Serious Games. In M. Ma, M. F. Oliveira, S. Petersen, & J. B. Hauge (Orgs.), *Serious Games Development and Applications* (p. 15–27). Springer Berlin Heidelberg.
- Mielke, M. M., Machulda, M. M., Hagen, C. E., Edwards, K. K., Roberts, R. O., Pankratz, V. S., ... Petersen, R. C. (2015). Performance of the CogState computerized battery in the Mayo Clinic Study on Aging. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 11(11), 1367–1376. doi: 10.1016/j.jalz.2015.01.008
- Mielke, M. M., Weigand, S. D., Wiste, H. J., Vemuri, P., Machulda, M. M., Knopman, D. S., ... Petersen, R. C. (2014). Independent comparison of CogState computerized testing and a standard cognitive battery with neuroimaging. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 10(6), 779–789. doi: 10.1016/j.jalz.2014.09.001
- Mitolo, M., Gardini, S., Fasano, F., Crisi, G., Pelosi, A., Pazzaglia, F., & Caffarra, P. (2013). Visuospatial memory and neuroimaging correlates in mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 35(1), 75–90. doi: 10.3233/JAD-121288
- Moses, S. N., & Ryan, J. D. (2006). A comparison and evaluation of the predictions of relational and conjunctive accounts of hippocampal function. *Hippocampus*, 16(1), 43–65. doi: 10.1002/hipo.20131

- Nacke, L. E., Nacke, A., & Lindley, C. A. (2009). Brain training for silver gamers: Effects of age and game form on effectiveness, efficiency, self-assessment, and gameplay experience. *Cyberpsychology and Behavior*, 12(5), 493–499. doi: 10.1089/cpb.2009.0013
- Nanda, S., Mohanan, N., Kumari, S., Mathew, M., Ramachandran, S., Rajesh Pillai, P. G., Kesavadas, C., Sarma P, S., & Menon, R. N. (2019). Novel Face-Name Paired Associate Learning and Famous Face Recognition in Mild Cognitive Impairment: A Neuropsychological and Brain Volumetric Study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, 9(1), 114–128. doi:10.1159/000496476
- Naveh-Benjamin, M. (2000). Adult age differences in memory performance: Tests of an associative deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(5), 1170–1187. doi: 10.1037/0278-7393.26.5.1170
- Naveh-Benjamin, M., & Mayr, U. (2018). Age-related differences in associative memory: Empirical evidence and theoretical perspectives. *Psychology and Aging*, 33(1), 1–6. doi:10.1037/pag0000235
- Naveh-Benjamin, M., Brav, T. K., & Levy, O. (2007). The associative memory deficit of older adults: The role of strategy utilization. *Psychology and Aging*, 22(1), 202–208. doi:10.1037/0882-7974.22.1.202
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., & Shulman, S. (2004). Older adults' associative deficit in episodic memory: Assessing the role of decline in attentional resources. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1067–1073. doi: 10.3758/BF03196738
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., Kilb, A., & Reedy, S. (2004). The Associative Memory Deficit of Older Adults: Further Support Using Face-Name Associations. *Psychology and Aging*, 19(3), 541–546. doi:10.1037/0882-7974.19.3.541
- Naveh-Benjamin, M., Hussain, Z., Guez, J., & Bar-On, M. (2003). Adult age differences in episodic memory: further support for an associative-deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 29(5), 826–837. doi: 10.1037/0278-7393.29.5.826
- Naveh-Benjamin, M., Shing, Y. L., Kilb, A., Werkle-Bergner, M., Lindenberger, U., &

- Li, S.-C. (2009). Adult age differences in memory for name–face associations: The effects of intentional and incidental learning. *Memory*, *17*(2), 220–232. doi:10.1080/09658210802222183
- Ning, H., Li, R., Ye, X., Zhang, Y., & Liu, L. (2020). A Review on Serious Games for Dementia Care in Ageing Societies. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, *8*(January), 1–11. doi: 10.1109/JTEHM.2020.2998055
- Nolin, P., Stipanovic, A., Henry, M., Lachapelle, Y., Lussier-Desrochers, D., Rizzo, A. “Skip”, & Allain, P. (2016). ClinicaVR: Classroom-CPT: A virtual reality tool for assessing attention and inhibition in children and adolescents. *Computers in Human Behavior*, *59*, 327–333. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.023
- Norton, D. J., Parra, M. A., Sperling, R. A., Baena, A., Guzman-Velez, E., Jin, D. S., Andrea, N., Khang, J., Schultz, A., Rentz, D. M., Pardilla-Delgado, E., Fuller, J., Johnson, K., Reiman, E. M., Lopera, F., & Quiroz, Y. T. (2020). Visual short-term memory relates to tau and amyloid burdens in preclinical autosomal dominant Alzheimer’s disease. *Alzheimer’s Research and Therapy*, *12*(1), 1–11. doi:10.1186/S13195-020-00660-Z/FIGURES/3
- Nyberg, L., & Pudas, S. (2019). Successful Memory Aging. *Annual Review of Psychology*, *70*(1), 219–243. doi: 10.1146/annurev-psych-010418-103052
- O’Brien, H. L., & Toms, E. G. (2008). What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *59*(6), 938–955. doi: 10.1002/ASI.20801
- O’Shea, D. M., De Wit, L., & Smith, G. E. (2019). Doctor, Should I Use Computer Games to Prevent Dementia? *Clinical Gerontologist*, *42*(1), 3–16. doi:10.1080/07317115.2017.1370057
- Oliveri, S., Mainetti, R., Gorini, A., Cutica, I., Candiani, G., Borghese, N. A., & Pravettoni, G. (2018). Serious Games for Improving Genetic Literacy and Genetic Risk Awareness in the General Public: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*, *7*(12), e189. doi: 10.2196/resprot.9288

- OMS. (2022). *Número de pessoas com idade igual ou superior a 60 anos (Number Of Persons aged over 60 years or over)*. Organização Mundial Da Saúde - OMS (World Health Organization). [https://platform.who.int/data/maternal-newborn-child-adolescent-ageing/indicator-explorer-new/mca/number-of-persons-aged-over-60-years-or-over-\(thousands\)](https://platform.who.int/data/maternal-newborn-child-adolescent-ageing/indicator-explorer-new/mca/number-of-persons-aged-over-60-years-or-over-(thousands))
- Osborne, B., Bakula, D., Ezra, M. Ben, Dresen, C., Hartmann, E., Kristensen, S. M., Mkrtyan, G. V., Nielsen, M. H., Petr, M. A., & Scheibye-Knudsen, M. (2020). New methodologies in ageing research. *Ageing Research Reviews*, 101094. doi: 10.1016/j.arr.2020.101094
- Oswald, J., Guye, S., Liem, F., Rast, P., Willis, S., Röcke, C., Jäncke, L., Martin, M., & Mérillat, S. (2019). Brain structure and cognitive ability in healthy aging: a review on longitudinal correlated change. *Reviews in the Neurosciences*, 31(1), 1–57. doi: 10.1515/revneuro-2018-0096
- Otani, H., & Schwartz, B. L. (2018). Handbook of Research Methods in Human Memory. In H. Otani & B. L. Schwartz (Eds.), *Routledge* (1st ed.). Routledge. doi:10.4324/9780429439957
- Pala, P. A., N’Kaoua, B., Mazaux, J. M., Simion, A., Lozes, S., Sorita, E., & Sauzéron, H. (2014). Everyday-like memory and its cognitive correlates in healthy older adults and in young patients with traumatic brain injury: A pilot study based on virtual reality. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(6), 463–473. doi: 10.3109/17483107.2014.941952
- Papp, K. V., Amariglio, R. E., Mormino, E. C., Hedden, T., Dekhytar, M., Johnson, K. A., Sperling, R. A., & Rentz, D. M. (2015). Free and Cued Memory in relation to Biomarker-Defined Abnormalities in Clinically Normal Older Adults and Those at Risk for Alzheimer’s Disease. *Neuropsychologia*, 73, 169. doi:10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2015.04.034
- Parra, M. A., Abrahams, S., Logie, R. H., & Della Sala, S. (2010). Visual short-term memory binding in Alzheimer’s disease and depression. *Journal of Neurology*, 257(7), 1160–1169. doi:10.1007/S00415-010-5484-9

- Parra, M. A., Baez, S., Allegri, R., Nitrini, R., Lopera, F., Slachevsky, A., Custodio, N., Lira, D., Piguet, O., Kumfor, F., Huepe, D., Cogram, P., Bak, T., Manes, F., & Ibanez, A. (2018). Dementia in Latin America. *Neurology*, 90(5), 222–231. doi: 10.1212/WNL.0000000000004897
- Parra, Mario A., Saarimäki, H., Bastin, M. E., Londoño, A. C., Pettit, L., Lopera, F., ... Abrahams, S. (2015). Memory binding and white matter integrity in familial Alzheimer's disease. *Brain: A Journal of Neurology*, 138(Pt 5), 1355–1369. doi: 10.1093/brain/awv048
- Parra, Mario Alfredo. (2017). A commentary on Liang et al.'s paper with regard to emerging views of memory assessment in Alzheimer's disease. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 88, 198–200. doi: 10.1016/j.cortex.2016.06.006
- Parsons, T. D. (2016). *Clinical Neuropsychology and Technology*. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-31075-6
- Parsons, T. D., & Reinebold, J. L. (2012). Adaptive virtual environments for neuropsychological assessment in serious games. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 58(2), 197–204. doi: 10.1109/TCE.2012.6227413
- Pennington, C., Hodges, J. R., & Hornberger, M. (2011). Neural correlates of episodic memory in behavioral variant frontotemporal dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, 24(2), 261–268. doi: 10.3233/JAD-2011-101668
- Perrot, A., Maillot, P., & Hartley, A. (2019). Cognitive Training Game Versus Action Videogame: Effects on Cognitive Functions in Older Adults. *Games for Health Journal*, 8(1), 35–40. doi: 10.1089/G4H.2018.0010
- Petersen, R. C., & Morris, J. C. (2005). Mild cognitive impairment as a clinical entity and treatment target. *Archives of Neurology*, 62(7), 1160–1163; discussion 1167. doi: 10.1001/archneur.62.7.1160
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56(3), 303–308. doi: 10.1001/archneur.56.3.303

- Peterson, D. J., & Naveh-Benjamin, M. (2016). The role of aging in intra-item and item-context binding processes in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 42(11), 1713–1730. doi: 10.1037/xlm0000275
- Pini, L., Pievani, M., Bocchetta, M., Altomare, D., Bosco, P., Cavedo, E., Galluzzi, S., Marizzoni, M., & Frisoni, G. B. (2016). Brain atrophy in Alzheimer's Disease and aging. *Ageing Research Reviews*, 30, 25–48. doi: 10.1016/J.ARR.2016.01.002
- Plancher, G., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2010). Age effect on components of episodic memory and feature binding: A virtual reality study. *Neuropsychology*, 24(3), 379–390. doi:10.1037/a0018680
- Plancher, G., Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, 50(5), 592–602. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.013
- Polcher, A., Frommann, I., Koppara, A., Wolfsgruber, S., Jessen, F., & Wagner, M. (2017). Face-Name Associative Recognition Deficits in Subjective Cognitive Decline and Mild Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 56(3), 1185–1196. doi: 10.3233/JAD-160637
- Possin, K. L., Laluz, V. R., Alcantar, O. Z., Miller, B. L., & Kramer, J. H. (2011). Distinct neuroanatomical substrates and cognitive mechanisms of figure copy performance in Alzheimer's disease and behavioral variant frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 49(1), 43–48. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.10.026
- Rauchs, G., Bertran, F., Guillery-Girard, B., Desgranges, B., Kerrouche, N., Denise, P., Foret, J., & Eustache, F. (2004). Consolidation of Strictly Episodic Memories Mainly Requires Rapid Eye Movement Sleep. *Sleep*, 27(3), 395–401. doi:10.1093/sleep/27.3.395
- Raz, N., Ghisletta, P., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Lindenberger, U. (2010). Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: regional and individual differences. *NeuroImage*, 51(2), 501–511. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.03.020

- Reiman, E. M. (2018). Long-term forgetting in preclinical Alzheimer's disease. *The Lancet. Neurology*, 17(2), 104–105. doi: 10.1016/S1474-4422(17)30458-1
- Rentz, D. M., Amariglio, R. E., Becker, J. A., Frey, M., Olson, L. E., Frishe, K., ... Sperling, R. A. (2011). Face-name associative memory performance is related to amyloid burden in normal elderly. *Neuropsychologia*, 49(9), 2776–2783. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.006
- Rentz, D. M., Locascio, J. J., Becker, J. A., Moran, E. K., Eng, E., Buckner, R. L., Sperling, R. A., & Johnson, K. A. (2010). Cognition, reserve, and amyloid deposition in normal aging. *Annals of Neurology*, 67(3), 353–364. doi:10.1002/ana.21904
- Rentz, D. M., Parra Rodriguez, M. A., Amariglio, R., Stern, Y., Sperling, R., & Ferris, S. (2013). Promising developments in neuropsychological approaches for the detection of preclinical Alzheimer's disease: a selective review. *Alzheimer's Research & Therapy*, 5(6), 58. doi:10.1186/alzrt222
- Resnick, S. M., Pham, D. L., Kraut, M. A., Zonderman, A. B., & Davatzikos, C. (2003). Longitudinal Magnetic Resonance Imaging Studies of Older Adults: A Shrinking Brain. *Journal of Neuroscience*, 23(8), 3295–3301. doi: 10.1523/JNEUROSCI.23-08-03295.2003
- Rey, A. (1958). L'Examen Clinique en Psychologie. In *Paris: Presses Universitaires de France* ([1. éd.]). Presses universitaires de France.
- Rhodes, S., Greene, N. R., & Naveh-Benjamin, M. (2019). Age-related differences in recall and recognition: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(5), 1529–1547. doi: 10.3758/s13423-019-01649-y
- Rhodes, S., Parra, M. A., & Logie, R. H. (2015). Ageing and feature binding in visual working memory: The role of presentation time. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(4), 654–668. doi:10.1080/17470218.2015.1038571
- Rienzo, A., & Cubillos, C. (2020). Playability and Player Experience in Digital Games for Elderly: A Systematic Literature Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(14), 1–23. doi: 10.3390/S20143958

- Robert, P. H., König, A., Amieva, H., Andrieu, S., Bremond, F., Bullock, R., Ceccaldi, M., Dubois, B., Gauthier, S., Kenigsberg, P. A., Nave, S., Orgogozo, J. M., Piano, J., Benoit, M., Touchon, J., Vellas, B., Yesavage, J., & Manera, V. (2014). Recommendations for the use of serious games in people with Alzheimer's disease, related disorders and frailty. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6(MAR). doi: 10.3389/fnagi.2014.00054
- Roman, F., Iturry, M., Rojas, G., Barceló, E., Buschke, H., & Allegri, R. F. (2016). Validation of the Argentine version of the Memory Binding Test (MBT) for Early Detection of Mild Cognitive Impairment. *Dementia & Neuropsychologia*, 10(3), 217–226. doi:10.1590/S1980-5764-2016DN1003008
- Roth, T. N. (2015). Aging of the auditory system. *Handbook of Clinical Neurology*, 129, 357–373. doi: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00020-2
- Rubiño, J., & Andrés, P. (2018). The Face-Name Associative Memory Test as a Tool for Early Diagnosis of Alzheimer's Disease. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG). doi:10.3389/FPSYG.2018.01464
- Saenz-de-Urturi, Z., Garcia Zapiain, B., & Méndez Zorrilla, A. (2014). Kinect-based virtual game for motor and cognitive rehabilitation: A pilot study for older adults. *Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 262–265. doi: 10.4108/icst.pervasivehealth.2014.255328
- Saive, A.-L., Royet, J.-P., Garcia, S., Thévenet, M., & Plailly, J. (2015). “What-Where-Which” Episodic Retrieval Requires Conscious Recollection and Is Promoted by Semantic Knowledge. *PLOS ONE*, 10(12), e0143767. doi:10.1371/journal.pone.0143767
- Salimi, S., Irish, M., Foxe, D., Hodges, J. R., Piguet, O., & Burrell, J. R. (2018). Can visuospatial measures improve the diagnosis of Alzheimer's disease? In *Alzheimer's and Dementia: Diagnosis, Assessment and Disease Monitoring* (Vol. 10, pp. 66–74). Elsevier Inc. doi: 10.1016/j.dadm.2017.10.004
- Salthouse, T. (2012). Consequences of Age-Related Cognitive Declines. *Annual Review*

of Psychology, 63, 201. doi: 10.1146/ANNUREV-PSYCH-120710-100328

- Sánchez-Izquierdo, M., & Fernández-Ballesteros, R. (2021). Cognition in healthy aging. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 3, pp. 1–30). *Int J Environ Res Public Health*. doi: 10.3390/ijerph18030962
- Sauzéron, H., N’Kaoua, B., Arvind Pala, P., Taillade, M., & Guitton, P. (2016). Age and active navigation effects on episodic memory: A virtual reality study. *British Journal of Psychology*, 107(1), 72–94. doi: 10.1111/bjop.12123
- Sauzéron, H., N’Kaoua, B., Pala, P. A., Taillade, M., Auriacombe, S., & Guitton, P. (2016). Everyday-like memory for objects in ageing and Alzheimer’s disease assessed in a visually complex environment: The role of executive functioning and episodic memory. *Journal of Neuropsychology*, 10(1), 33–58. doi: 10.1111/jnp.12055
- Savulich, G., Piercy, T., Fox, C., Suckling, J., Rowe, J. B., O’Brien, J. T., & Sahakian, B. J. (2017). Cognitive Training Using a Novel Memory Game on an iPad in Patients with Amnesic Mild Cognitive Impairment (aMCI). *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 20(8), 624–633. doi:10.1093/ijnp/pyx040
- Schell, J. (2019). Tenth Anniversary: The Art of Game Design. In *The Art of Game Design: A Book of Lenses, 3rd Edition*.
- Schouten, B., Fedtke, S., Schijven, M., Vosmeer, M., & Gekker, A. (2014). *Games for Health 2014* (B. Schouten, S. Fedtke, M. Schijven, M. Vosmeer, & A. Gekker (eds.)). Springer Fachmedien Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-07141-7
- Schultz, C., & Engelhardt, M. (2014). Anatomy of the hippocampal formation. *The Hippocampus in Clinical Neuroscience*, 34, 6–17. doi:10.1159/000360925
- Seblova, D., Berggren, R., & Lövdén, M. (2020). Education and age-related decline in cognitive performance: Systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. *Ageing Research Reviews*, 58, 101005. doi: 10.1016/j.arr.2019.101005
- Sengoku, R. (2020). Aging and Alzheimer’s disease pathology. *Neuropathology : Official Journal of the Japanese Society of Neuropathology*, 40(1), 22–29. doi:

10.1111/NEUP.12626

- Shahmoradi, L., Mohammadian, F., & Rahmani Katigari, M. (2022). A Systematic Review on Serious Games in Attention Rehabilitation and Their Effects. *Behavioural Neurology*, 2022. doi:10.1155/2022/2017975
- Silva, F. A. M. da, Silva, T. S. da, & Zorzal, E. R. (2021). Use of serious games in medicine: a literature revision. *Research, Society and Development*, 10(16), e480101624208. doi: 10.33448/rsd-v10i16.24208
- Silva, J. S. C. D., Barbosa, F. F., Fonsêca, É. K. G. D., Albuquerque, F. D. S., Cheke, L. G., & Fernández-Calvo, B. (2020). Load effect on what-where-when memory in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 27(6). doi:10.1080/13825585.2019.1700207
- Silva-Sauer, L., Garcia, R. B., Ehrich de Moura, A., & Fernández-Calvo, B. (2022). Does the d2 Test of Attention only assess sustained attention? Evidence of working memory processes involved. *Applied Neuropsychology: Adult*, 1–9. doi:10.1080/23279095.2021.2023152
- Simons, J. S., & Spiers, H. J. (2003). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(8), 637–648. doi:10.1038/nrn1178
- Sirály, E., Szabó, Á., Szita, B., Kovács, V., Fodor, Z., Marosi, C., Salacz, P., Hidasi, Z., Maros, V., Hanák, P., Csibri, É., & Csukly, G. (2015). Monitoring the Early Signs of Cognitive Decline in Elderly by Computer Games: An MRI Study. *PLOS ONE*, 10(2), e0117918. doi: 10.1371/journal.pone.0117918
- Snodgrass, J. G., & Corwin, J. (1988). Pragmatics of measuring recognition memory: Applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117(1), 34–50. doi:10.1037/0096-3445.117.1.34
- Sokolov, A. A., Collignon, A., & Bieler-Aeschlimann, M. (2020). Serious video games and virtual reality for prevention and neurorehabilitation of cognitive decline because of aging and neurodegeneration. *Current Opinion in Neurology*, 33(2), 239–248. doi:10.1097/WCO.0000000000000791

- Sowell, E. R., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2004). Mapping changes in the human cortex throughout the span of life. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 10(4), 372–392. doi: 10.1177/1073858404263960
- Spooner, D. M., & Pachana, N. A. (2006). Ecological validity in neuropsychological assessment: A case for greater consideration in research with neurologically intact populations. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(4), 327–337. doi: 10.1016/J.AC.N.2006.04.004
- Sternin, A., Burns, A., & Owen, A. M. (2019). Thirty-Five Years of Computerized Cognitive Assessment of Aging-Where Are We Now? *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 9(3). doi: 10.3390/DIAGNOSTICS9030114
- Stokin, G. B., Krell-Roesch, J., Petersen, R. C., & Geda, Y. E. (2015). Mild Neurocognitive disorder: An old wine in a new bottle. In *Harvard Review of Psychiatry* (Vol. 23, Issue 5, pp. 368–376). Taylor and Francis Ltd. doi: 10.1097/HRP.0000000000000084
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary. In E. Strauss, E. M. S. Sherman, & O. Spreen (Eds.), *Oxford University Press* (3rd ed., Vol. 41, Issue 11). Oxford University Press.
- Sugar, J., & Moser, M. B. (2019). Episodic memory: Neuronal codes for what, where, and when. *Hippocampus*, 29(12), 1190–1205. doi:10.1002/hipo.23132
- Suri, S., Topiwala, A., Filippini, N., Zsoldos, E., Mahmood, A., Sexton, C. E., Singh-Manoux, A., Kivimäki, M., Mackay, C. E., Smith, S., & Ebmeier, K. P. (2017). Distinct resting-state functional connections associated with episodic and visuospatial memory in older adults. *NeuroImage*, 159, 122–130. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.07.049
- Sweetser, P., Johnson, D., Wyeth, P., Anwar, A., Meng, Y., & Ozdowska, A. (2017). GameFlow in Different Game Genres and Platforms. *Computers in Entertainment*, 15(3), 1–24. doi: 10.1145/3034780

- Takehara-Nishiuchi, K. (2020). Prefrontal–hippocampal interaction during the encoding of new memories. *Brain and Neuroscience Advances*, 4, 239821282092558. doi:10.1177/2398212820925580
- Tarnanas, I., Papagiannopoulos, S., Kazis, D., Wiederhold, M., Widerhold, B., Vuillermot, S., & Tsolaki, M. (2015). Reliability of a novel serious game using dual-task gait profiles to early characterize aMCI. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(MAR), 50. doi: 10.3389/fnagi.2015.00050
- Tarnanas, I., Schlee, W., Tsolaki, M., Müri, R., Mosimann, U., & Nef, T. (2013). Ecological Validity of Virtual Reality Daily Living Activities Screening for Early Dementia: Longitudinal Study. *JMIR Serious Games*, 1(1), e1. doi: 10.2196/games.2778
- Tarnanas, I., Tsolaki, M., Nef, T., Müri, R., & Mosimann, U. P. (2014). Can a novel computerized cognitive screening test provide additional information for early detection of Alzheimer’s disease? *Alzheimer’s and Dementia*, 10(6), 790–798. doi: 10.1016/j.jalz.2014.01.002
- Taylor, A. E., Saint-Cyr, J. A., & Lang, A. E. (1990). Memory and learning in early Parkinson’s disease: evidence for a “frontal lobe syndrome”. *Brain and Cognition*, 13(2), 211–232.
- Teissier, T., Boulanger, E., & Deramecourt, V. (2020). Normal ageing of the brain: Histological and biological aspects. *Revue Neurologique*, 176(9), 649–660. doi: 10.1016/j.neurol.2020.03.017
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 203–214. doi:10.1016/S0887-6177(03)00039-8
- Tong, T., & Chignell, M. (2014). Developing a serious game for cognitive assessment. *Proceedings of the Second International Symposium of Chinese CHI on - Chinese CHI '14*, 70–79. doi: 10.1145/2592235.2592246
- Tong, T., Chan, J. H., & Chignell, M. (2019). Serious games for dementia. *26th International World Wide Web Conference 2017, WWW 2017 Companion*, 1111–

1115. doi: 10.1145/3041021.3054930

- Tong, T., Chignell, M., & DeGuzman, C. A. (2021). Using a serious game to measure executive functioning: Response inhibition ability. *Applied Neuropsychology: Adult*, 28(6), 673–684. doi:10.1080/23279095.2019.1683561
- Toril, P., Reales, J. M., Mayas, J., & Ballesteros, S. (2016). Video game training enhances visuospatial working memory and episodic memory in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(MAY2016), 206. doi: 10.3389/fnhum.2016.00206
- Tromp, D., Dufour, A., Lithfous, S., Pebayle, T., & Després, O. (2015). Episodic memory in normal aging and Alzheimer disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, 24(Pt B), 232–262. doi: 10.1016/j.arr.2015.08.006
- Tulving, E. (1972). Memory, Episodic and semantic. In *Organization of Memory*. London: Academic (Vol. 381, Issue e402, p. 24).
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 1–25. doi: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135114
- Tziraki, C., Berenbaum, R., Gross, D., Abikhzer, J., & Ben-David, B. M. (2017). Designing Serious Computer Games for People With Moderate and Advanced Dementia: Interdisciplinary Theory-Driven Pilot Study. *JMIR Serious Games*, 5(3), e16. doi: 10.2196/games.6514
- Vahia, I. V. (2019). Technology, Communication, Mood, and Aging: An Emerging Picture. *The American Journal of Geriatric Psychiatry: Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, 27(3), 263–265. doi:10.1016/J.JAGP.2018.12.011
- Valladares-Rodríguez, S., Pérez-Rodríguez, R., Anido-Rifón, L., & Fernández-Iglesias, M. (2016). Trends on the application of serious games to neuropsychological evaluation: A scoping review. In *Journal of Biomedical Informatics* (Vol. 64, pp. 296–319). Academic Press Inc. doi: 10.1016/j.jbi.2016.10.019
- Valladares-Rodriguez, S., Perez-Rodriguez, R., Facal, D., Fernandez-Iglesias, M. J.,

- Anido-Rifon, L., & Mouriño-Garcia, M. (2017). Design process and preliminary psychometric study of a video game to detect cognitive impairment in senior adults. *PeerJ*, 5, e3508. doi: 10.7717/peerj.3508
- Vallejo, V., Wyss, P., Chesham, A., Mitache, A. V., Müri, R. M., Mosimann, U. P., & Nef, T. (2017). Evaluation of a new serious game based multitasking assessment tool for cognition and activities of daily living: Comparison with a real cooking task. *Computers in Human Behavior*, 70, 500–506. doi: 10.1016/j.chb.2017.01.021
- Vallejo, V., Wyss, P., Rampa, L., Mitache, A. V., Müri, R. M., Mosimann, U. P., & Nef, T. (2017). Evaluation of a novel Serious Game based assessment tool for patients with Alzheimer's disease. *PLOS ONE*, 12(5), e0175999. doi: 10.1371/journal.pone.0175999
- Varela, V., Evdokimidis, I., & Potagas, C. (2021). Binding objects to their spatiotemporal context: Age gradient and neuropsychological correlates of What-Where-When task performance. *Applied Neuropsychology: Adult*, 1–13. doi:10.1080/23279095.2021.1924719
- Verschueren, S., Buffel, C., & Stichele, G. Vander. (2019). Developing theory-driven, evidence-based serious games for health: Framework based on research community insights. *JMIR Serious Games*, 7(2), 1–16. doi: 10.2196/11565
- Violon, A., & Wijns, C. (1984). La ruche: test de mémoire visuelle. In *L'application des techniques modernes*.
- Vlček, K., & Laczó, J. (2014). Neural correlates of spatial navigation changes in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. In *Frontiers in Behavioral Neuroscience* (Vol. 8, Issue MAR, p. 89). Frontiers Research Foundation. doi: 10.3389/fnbeh.2014.00089
- Wagnon, C. C., Wehrmann, K., Klöppel, S., & Peter, J. (2019). Incidental Learning: A Systematic Review of Its Effect on Episodic Memory Performance in Older Age. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11(JUL). doi: 10.3389/fnagi.2019.00173
- Wang, J. Y. (2015). Comparison of game experience and preferences between young and elderly. *ICALIP 2014 - 2014 International Conference on Audio, Language and*

Image Processing, Proceedings, 101–105. doi: 10.1109/ICALIP.2014.7009765

- Wattanasoontorn, V., Boada, I., García, R., & Sbert, M. (2013). Serious games for health. *Entertainment Computing*, 4(4), 231–247. doi: 10.1016/j.entcom.2013.09.002
- Weintraub, S., Wicklund, A. H., & Salmon, D. P. (2012). The neuropsychological profile of Alzheimer disease. In *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* (Vol. 2, Issue 4, p. a006171). Cold Spring Harbor Laboratory Press. doi: 10.1101/cshperspect.a006171
- Welch, B. L. (1947). The generalization of ‘student’s’ problem when several different population variances are involved. *Biometrika*, 34(1–2), 28–35. doi:10.1093/biomet/34.1-2.28
- Wiemeyer, J., & Kliem, A. (2012). Serious games in prevention and rehabilitation-a new panacea for elderly people? In *European Review of Aging and Physical Activity* (Vol. 9, Issue 1, pp. 41–50). BioMed Central. doi: 10.1007/s11556-011-0093-x
- Wiley, K., Robinson, R., & Mandryk, R. L. (2021). The Making and Evaluation of Digital Games Used for the Assessment of Attention: Systematic Review. *JMIR Serious Games*, 9(3). doi: 10.2196/26449
- Wong, C. A., Madanay, F., Ozer, E. M., Harris, S. K., Moore, M., Master, S. O., Moreno, M., & Weitzman, E. R. (2020). Digital Health Technology to Enhance Adolescent and Young Adult Clinical Preventive Services: Affordances and Challenges. *Journal of Adolescent Health*, 67(2), S24–S33. doi:10.1016/J.JADOHEALTH.2019.10.018
- Wuethrich, S., Hannula, D. E., Mast, F. W., & Henke, K. (2018). Subliminal encoding and flexible retrieval of objects in scenes. *Hippocampus*, 28(9), 633–643. doi:10.1002/hipo.22957
- Yan, M., Yin, H., Meng, Q., Wang, S., Ding, Y., Li, G., Wang, C., & Chen, L. (2021). A Virtual Supermarket Program for the Screening of Mild Cognitive Impairment in Older Adults: Diagnostic Accuracy Study. *JMIR Serious Games*, 9(4). doi:10.2196/30919
- Yang, S., Hua, P., Shang, X., Hu, R., Mo, X., & Pan, X. (2013). Predictors of early post

ischemic stroke apathy and depression: A cross-sectional study. *BMC Psychiatry*, 13. doi: 10.1186/1471-244X-13-164

Yonelinas, A. P. (2001). Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 356(1413), 1363–1374. doi: 10.1098/rstb.2001.0939

Yonelinas, A. P. (2002). The Nature of Recollection and Familiarity: A Review of 30 Years of Research. *Journal of Memory and Language*, 46(3), 441–517. doi: 10.1006/jmla.2002.2864

Zimmermann, N., Delaere, F. J., & Fonseca, R. P. (2019). *Tarefas para Avaliação Neuropsicológica: Avaliação de memória episódica, percepção, linguagem e componentes executivos para adultos* (N. Zimmermann, F. J. Delaere, & R. P. Fonseca (eds.); 3 ed.).

Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25–32. doi: 10.1109/MC.2005.297