

ARTIGO ORIGINAL

Aprendizagem motora em indivíduos com deficiência visual em uma tarefa de timing coincident em realidade virtual não imersiva

Motor learning in visual impaired individuals during a coincident timing task in a non-immersive virtual reality

Mariana Caramore Fava^a, Maria Georgina Marques Tonello^b, Renata Martins Rosa^b, Tania Brusque Crocetta^b, Íbis Ariana Peña de Moraes^b, Carlos Bandeira de Mello Monteiro^b, Talita Dias da Silva^b, Daniel dos Santos^a



^aPrograma de Graduação em Promoção da Saúde da Universidade de Franca, São Paulo, Brasil.

^bEscola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP), São Paulo, Brasil.

Autor correspondente
renata.martinsr@hotmail.com

Manuscrito recebido: maio 2021
Manuscrito aceito: dezembro 2021
Versão online: janeiro 2022

Resumo

Introdução: A realidade virtual (RV) é usada atualmente como ferramenta de avaliação e intervenção na reabilitação. Uma das tarefas motoras possíveis de verificar desempenho por meio da RV é o timing coincidente (habilidade perceptivo-motora de executar uma resposta motora em sincronia com um estímulo externo). Essa sincronização de movimentos com estímulos externos é importante para pessoas com deficiência visual (DV) nas tarefas diárias e de lazer.

Objetivo: Investigar o desempenho de indivíduos com DV em uma tarefa de timing coincident em RV não imersiva.

Método: Participaram deste estudo 60 indivíduos maiores de 18 anos: 20 com DV, 20 sem DV mas vendados e 20 indivíduos sem DV que utilizaram feedback visual (não vendado). Foi utilizada entrevista semiestruturada e uma tarefa de timing coincident no computador.

Resultados: O grupo DV iniciou a tarefa com o pior desempenho (erro absoluto = grupo DV 945ms x grupo vendado 591ms x grupo não vendado 557ms), mas melhoraram ao longo da tarefa. Apesar da dificuldade inicial do grupo com DV, todos os grupos reduziram o número de erros (erro absoluto médio = 698ms para 408ms). Além disso, todos os grupos aumentaram a precisão da tarefa (erro variável médio = último bloco de aquisição 408 ms x transferência imediata 227 ms x transferência tardia 247 ms).

Conclusão: Indivíduos com DV apresentaram dificuldades no início da tarefa proposta mas com a prática conseguiram se adaptar a tarefa com melhora no desempenho (observado pela diminuição no tempo de erro). Ou seja, o feedback auditivo foi suficiente para possibilitar adaptação à tarefa e melhora de desempenho dos participantes com DV.

Keywords: aprendizagem, deficiência visual, realidade virtual.

Suggested citation: Fava MC, Tonello MGM, Rosa RM, Crocetta TB, Moraes IAP, Monteiro CBMM, Silva TD, Santos D. Motor learning in visual impaired individuals during a coincident timing task in a non-immersive virtual reality. *J Hum Growth Dev.* 2022; 32(1):145-154. DOI: 10.36311/jhgd.v32.12675

Síntese dos autores

Por que este estudo foi feito?

Considerando a realidade virtual como uma possibilidade de intervenção em indivíduos com deficiência. Este estudo verificou se uma tarefa virtual não imersiva de timing coincident, utilizando feedback auditivo, é adaptável para pessoas com deficiência visual (DV).

O que os pesquisadores fizeram e encontraram?

Este estudo foi desenvolvido em São Paulo, Brasil, com 60 participantes: 20 com deficiência visual que utilizaram apenas o feedback auditivo e 40 indivíduos sem deficiência visual como grupo controle (20 vendados durante a tarefa e 20 sem venda que puderam utilizar o sistema auditivo e visual). Foi utilizada uma entrevista semiestruturada e uma tarefa de timing coincident em realidade virtual não imersiva. Embora o grupo com DV tenha iniciado com pior desempenho, todos os grupos melhoraram com a prática da tarefa.

O que essas descobertas significam?

Mesmo com dificuldades no início do protocolo, os indivíduos com DV adaptaram-se à tarefa com feedback auditivo e melhoraram seu desempenho com a prática. Esses achados mostram que a utilização de uma tarefa de realidade virtual não imersiva com feedback auditivo é uma possibilidade de intervenção para indivíduos com DV.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a Deficiência Visual (DV) é caracterizada por baixa visão ou cegueira e por uma deficiência sensorial, que inclui pessoas cegas e com baixa visão. Estima-se que aproximadamente 2,2 bilhões de pessoas tenham perda severa ou moderada de visão, sendo 90% desses indivíduos em países em desenvolvimento¹.

Tseng e colaboradores² afirma que a DV afeta tanto as atividades cotidianas quanto a motricidade do indivíduo que, portanto, apresenta dificuldades em praticamente todas as tarefas de participação social. Por outro lado, Götzelmann e colaboradores³ mencionam que as pessoas com DV devem vivenciar o ambiente por meio de habilidades auditivas e táteis, o que lhes permite “compensar” a deficiência e ter uma boa qualidade de vida.

Justamente para permitir que uma pessoa com DV alcance mais funcionalidade nas tarefas diárias, é fundamental que haja estudos que investiguem novas possibilidades funcionais considerando as necessidades e especificidades da deficiência, e uma possibilidade promissora é o uso da tecnologia por meio de tarefas computacionais.

Considerando os avanços tecnológicos, uma possibilidade de intervenção computacional nas deficiências é o uso da Realidade Virtual (RV) para melhorar a inclusão social. O uso da RV na reabilitação é um conceito moderno de tratamento baseado no uso de jogos e tarefas em ambientes virtuais para estimular funções físicas e cognitivas em pessoas com diferentes tipos de deficiência⁴, em que o usuário interage com o ambiente por meio de controle remoto, dispositivos, como teclado ou mouse, ou por dispositivos mais avançados, como câmera, óculos e/ou luvas especiais⁵. A RV é um recurso que passou a ser utilizado como ferramenta de avaliação e intervenção para pessoas com deficiência, principalmente considerando sua boa aceitação, acessibilidade, segurança e eficiência⁵.

Além de seu alto nível de acessibilidade, as atividades de lazer em RV também oferecem uma maneira segura e inovadora de se divertir, não limitada pelo clima ou pela falta de parceiros de atividades, incentivando a participação. É também uma forma eficaz de praticar exercício físico, auxiliando na promoção da saúde física dos praticantes⁶.

É importante ressaltar que a principal característica de um ambiente virtual é o estímulo visual. No entanto, pessoas com DV, e mesmo com cegueira completa, também devem ter a oportunidade de vivenciar e se beneficiar dos

avanços tecnológicos e adaptações em tarefas virtuais, principalmente utilizando estímulos táteis e sonoros. O uso da RV baseado em jogos táteis e auditivos é uma estratégia eficiente de treinamento de habilidades para pessoas com DV, pois o desenvolvimento de habilidades de navegação é baseado em modalidades sensoriais remanescentes, como capacidade de ouvir e tocar⁷.

Ainda, considerando o uso de RV para pessoas com DV, Lahav e colaboradores⁸ e Merabet e colaboradores⁹ verificaram benefícios na orientação espacial e mobilidade utilizando simuladores de ambiente virtual, enquanto Morin-Parent e colaboradores¹⁰, utilizando estímulos sonoros, observaram diferenças no tempo de reação. Balan, Moldoveanu e Moldoveanu⁷, por meio da análise de jogos de navegação baseados em áudio, afirmaram que a RV desempenha um papel importante no desenvolvimento das estruturas mentais de pessoas com DV, pois aumenta o aprendizado, auxilia na resolução de problemas de comunicação e estimula a motivação, além de melhorar a criatividade, orientação, mobilidade e habilidades de resolução de problemas.

Considerando as novas possibilidades tecnológicas e a necessidade de verificar se os ambientes virtuais são adaptáveis para pessoas com DV, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de pessoas com DV durante a prática de uma tarefa em ambiente virtual e comparar seu desempenho com pessoas sem deficiência visual divididas em dois grupos: um grupo de pessoas sem DV praticou a tarefa com os estímulos visuais, táteis e sonoros característicos do ambiente virtual, e outro grupo de pessoas sem DV praticaram a tarefa de olhos vendados (sem estímulos visuais). Este protocolo tem como objetivo verificar se pessoas com DV foram capazes de utilizar estímulos auditivos para ter o mesmo desempenho de pessoas sem DV em uma tarefa virtual.

Assim, os participantes praticaram um protocolo de aprendizagem motora em uma tarefa de timing coincident (TC) em um computador, onde uma esfera caía em direção a um alvo pré-determinado e o participante deveria pressionar o teclado do computador no exato momento em que a esfera atingisse esse alvo (o jogo fornece feedback visual e auditivo de erros e acertos). Optamos por uma tarefa de TC, pois ações motoras que exigem que o executor produza movimentos que coincidem com um objeto ou evento externo em movimento^{11, 12} são observadas em várias atividades diárias e esportivas^{11, 12}.

Alguns estudos para avaliar o desempenho em uma tarefa de TC em ambiente virtual foram realizados e houve melhora no desempenho com a prática em indivíduos com Síndrome de Down e Paralisia Cerebral¹³⁻¹⁵. No entanto, não foram encontrados estudos sobre TC em pessoas com DV e, em geral, não há muitos estudos organizados para entender como o comportamento de pessoas com DV em tarefas motoras influencia no desempenho¹⁶.

Considerando as deliberações acima, é possível levantar a hipótese de que todos os grupos melhorarão o desempenho com a prática, mas o grupo de pessoas sem DV (com possibilidade de visualização da tarefa) terá melhor desempenho durante todo o protocolo. Também levantamos a hipótese de que o pior desempenho será do grupo sem alteração visual, mas que praticou a tarefa com os olhos vendados ou seja, esse grupo não deve ter o benefício do feedback visual praticando uma tarefa virtual e também não tem a experiência de pessoas com DV para se adaptar ao ambiente.

■ MÉTODO

Aspectos éticos e legais da pesquisa.

Este estudo foi devidamente registrado no “Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos” e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o número 3.397.895.

Local do estudo

O estudo foi desenvolvido em uma Instituição de Instrução e Trabalho para Cegos de uma cidade de São Paulo e no Laboratório de Estudos em Lazer, Educação e Estilo de Vida Ativo para Pessoas com Deficiência (ProLeva) da Universidade de Franca, São Paulo, Brasil.

População do estudo e critérios de elegibilidade

Esta pesquisa caracteriza-se por uma amostra de conveniência. Participaram deste estudo 20 pessoas com DV de ambos os sexos, que frequentam uma instituição para pessoas com DV. Essas pessoas foram convidadas pela coordenação da instituição via telefone ou pessoalmente e foram selecionadas com base nos critérios de elegibilidade, que serão descritos a seguir. Todas as pessoas com DV eram cegas, embora tenham sido solicitadas a usar uma venda nos olhos ao realizar a tarefa.

Também participaram 40 pessoas sem deficiência, convidadas por meio das redes sociais e selecionadas a partir do pareamento com cada participante do grupo com DV, ou seja, para cada pessoa com DV, dois sem DV foram pareados pelo mesmo sexo e idade. Um participante do grupo controle (sem deficiência visual) foi alocado para o grupo que utilizou a venda e o outro para o grupo controle que realizou a tarefa sem venda. Assim, entre as pessoas sem DV (grupo controle), 20 usaram venda nos olhos ao participar da coleta (somente com feedback auditivo) e 20 praticaram a tarefa com feedback visual e auditivo. Todos os participantes foram conduzidos individualmente a uma sala onde realizaram o protocolo. Para a realização deste estudo, foram utilizados um notebook e um software de avaliação de TC.

Os critérios para participação na pesquisa foram: concordância em participar da pesquisa; idade superior a 18 anos; assinar o Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido, ter diagnóstico de DV (no caso de participantes com DV) e entender a tarefa virtual. Os critérios para não inclusão no estudo compreendem desistência durante o protocolo e deficiências funcionais e cognitivas que impediram a realização da tarefa virtual.

Protocolo de avaliação

Para caracterizar a amostra, foi realizada uma entrevista semiestruturada, com questões como idade, sexo, tempo de perda da visão, classificação do nível de perda visual, profissão e contato prévio com tecnologia.

Tarefa: tempo coincidente

Para a coleta de dados, utilizou-se um jogo de software criado pelo Departamento de Sistemas de Informação da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo⁴. Esta é uma tarefa de sincronização de timing coincident baseada no Bassin Anticipation Timer que visa analisar a aprendizagem motora por meio do desempenho verificado pelos erros constante, absoluto e variável¹⁷⁻¹⁹.

O jogo (Figura 1) oferece uma tarefa de TC na qual os participantes foram instruídos a “interceptar” uma esfera virtual caindo em direção a um alvo pré-determinado. Os participantes tinham como meta pressionar o botão de espaço do teclado do computador quando a esfera atingisse o alvo (ou seja, o jogo apresentava uma sequência de 10 espaços até atingir o alvo posicionado no último espaço). A magnitude e a direção do erro de cada participante em antecipar ou atrasar a chegada da esfera no alvo foram registradas pelo software em milissegundos. O objetivo foi avaliar a diferença de tempo entre a execução da resposta do participante, a chegada da bolha no alvo e a precisão temporal global, portanto, a capacidade de antecipação²⁰⁻²²

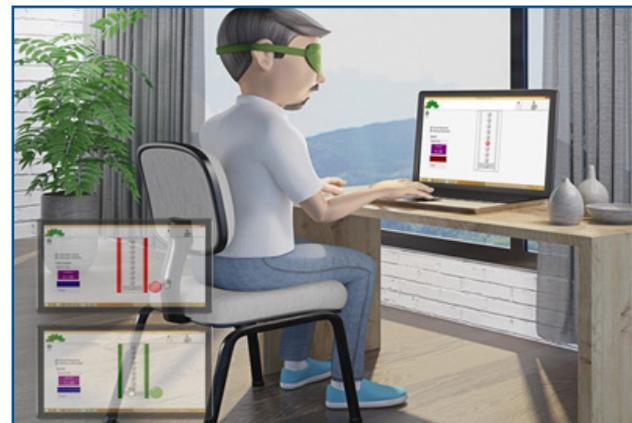


Figura 1: Tarefa de tempo coincidente (Software Team Brigde Games)

Protocolo

Foi utilizado um protocolo de aprendizagem motora^{20, 21, 23-25} organizado por meio de blocos de 5 tentativas. Todos os participantes realizaram duas etapas do protocolo: na primeira etapa foram utilizadas 30 tentativas divididas em 20 tentativas de aquisição (prática da tarefa), 5 tentativas de retenção (retenção imediata – Ri), realizadas após 5 minutos sem contato com a tarefa e 5 tentativas de transferência (transferência imediata – Ti) realizadas com aumento da velocidade. Para a segunda etapa, após 24 horas sem contato com a tarefa, os participantes realizaram

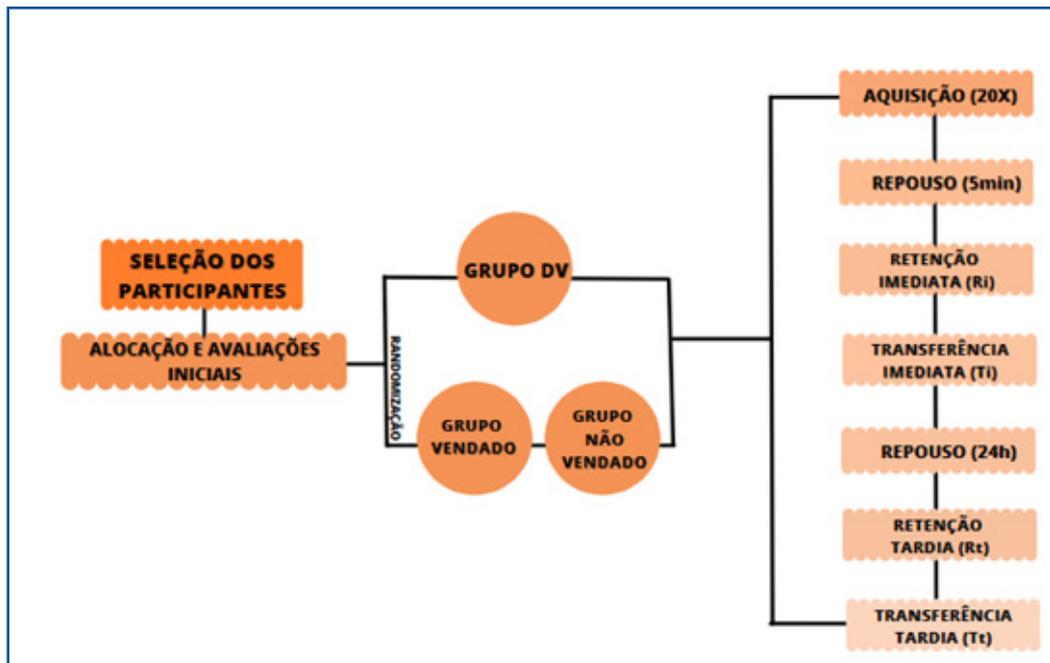


Figura 2: Protocolo do estudo. Elaborado pelos autores, 2021

novamente as fases de retenção (retenção tardia – Rt) e transferência (transferência tardia – Tt), totalizando mais 10 repetições (Figura 2). Desta forma, cada participante realizou 40 repetições no total.

Análise de dados

As variáveis dependentes utilizadas foram os erros temporais: erro constante (EC), erro absoluto (EA) e erro variável (EV). O erro foi definido como a diferença de tempo entre o momento em que a esfera alvo deveria ser atingida (hora de chegada) e o momento em que o toque no botão do teclado foi registrado. As variáveis dependentes foram submetidas a uma MANOVA com 3 fatores (Grupos: com DV, sem DV vendado, sem DV não vendado) por 2 (Blocos) com medidas repetidas (MR) no último fator (Blocos). Para o fator Blocos, foram feitas comparações separadas para aquisição (primeiro bloco de aquisição A1 versus bloco de aquisição final A4), retenção imediata e tardia (A4 versus bloco de retenção imediata - Ri; e A4 versus bloco de retenção tardia - Rt) e transferência imediata e tardia (A4 versus bloco de transferência imediata- Ti; e A4 versus bloco de transferência tardia - Tt). Em seguida, o eta square (η_p^2) foi usado para calcular o tamanho do efeito, onde $\eta_p^2 = 0,01$ foi considerado um efeito pequeno,

$\eta_p^2 = 0,06$ moderado e $\eta_p^2 = 0,14$ grande (Lakens, 2013). O poder observado (po) também foi relatado. As comparações post hoc foram realizadas usando o teste de *Least Significance Difference - LSD*.

Para saber se a idade e o sexo poderiam influenciar os resultados, foi realizada regressão linear, utilizando como variável dependente a diferença entre o último e o primeiro bloco da fase de aquisição (A4 - A1). Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos. O pacote estatístico utilizado foi o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS; IBM, Chicago, Illinois, EUA), versão 26.0.

RESULTADOS

Resultados sociodemográficos

Os grupos foram pareados e não houve diferença entre eles, quanto à idade e sexo. A idade variou entre 18 e 67 anos, e havia 15 homens e 5 mulheres participando de cada grupo. As causas da perda visual variaram entre: compressão/atrofia do nervo óptico, infecção ocular, retinite pigmentosa, distrofia retiniana, glaucoma, stargardt, toxoplasmose, comprometimento da retina durante o período de incubação e acidente domiciliar.

Tabela 1: Resultados sociodemográficos

	DV (%)	GRUPO VENDADO(%)	GRUPO NÃO VENDADO(%)
Sexo			
Masculino	75	75	75
Feminino	25	25	25
Idade			
18 - 19 anos	5	5	5
20 – 29 anos	5	10	10
30 - 39 anos	20	20	20
40 - 49 anos	30	25	20

Continuação - Tabela 1: Resultados sociodemográficos

	DV (%)	GRUPO VENDADO(%)	GRUPO NÃO VENDADO(%)
50 - 59 anos	10	15	25
60 – 67 anos	30	25	20
Profissão			
Aposentado	90	15	20
Exercendo algum ofício	10	85	80
Causa da perda visual			
Compressão/atrofiamento do nervo ótico	30	-	-
Retinose pigmentar	25	-	-
Glaucoma	15	-	-
Infecção ocular	5	-	-
Distrofia retiniana	5	-	-
Stargardt	5	-	-
Toxoplasmose	5	-	-
Comprometimento da retina durante período na incubadora	5	-	-
Acidente domiciliar	5	-	-
Tempo de perda visual			
Entre 5 – 10 anos	10	-	-
Entre 11 – 15 anos	15	-	-
Entre 16 – 20 anos	25	-	-
Entre 21 – 25 anos	0	-	-
Entre 26 – 30 anos	10	-	-
Entre 31 – 35 anos	5	-	-
Entre 36 – 40 anos	5	-	-
Mais de 40 anos	5	-	-
Congênita	25	-	-
Uso do computador			
Sim	60	60	75
Não	40	40	25
Uso do celular			
Sim	100	100	100
Uso de medicamento			
Sim	45	40	35
Não	55	60	65

Resultados da análise de dados

Aquisição

Erro Constante – EC

A Figura 3 apresenta os ECs durante a aquisição, e demonstra que todos os participantes tenderam a antecipar o movimento em todas as fases do protocolo. Não houve efeitos ou interações significativas para Grupos e Blocos.

As análises MANOVA revelaram efeitos significativos para os Grupos [Wilks' $\lambda = 0,694$, $F_{6,94} = 3,14$, $p = 0,008$, $\eta_p^2 = 0,17$, $po = 0,90$], Blocos [Wilks' $\lambda = 0,410$, $F_{3,47} = 22,5$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,59$, $po = 1,00$] e interação entre Grupos e Blocos [Wilks' $\lambda = 0,680$, $F_{6,94} = 3,33$, $p = 0,005$, $\eta_p^2 = 0,18$, $po = 0,92$]. As ANOVAs separadas serão descritas abaixo:

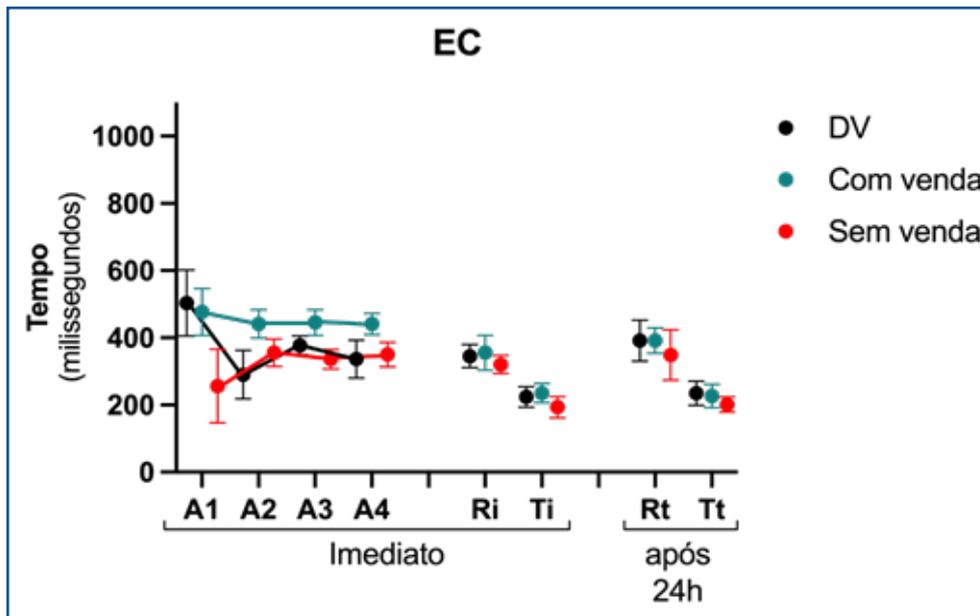


Figura 3: Erro constante (ms) para todas as fases do protocolo nos três grupos. Os valores são representados como média e erro padrão. A1–A4: aquisição; Ri: Retenção imediata; Rt: Retenção tardia; Ti: Transferência imediata; Tt: Transferência tardia

Erro absoluto - EA

O padrão de erros absolutos é ilustrado na Figura 4. Houve um efeito significativo para os Grupos [$F_{2,49} = 5,63$, $p = 0,006$, $\eta_p^2 = 0,19$, $po = 0,83$] e interação entre Blocos e Grupos [$F_{2,49} = 6,70$, $p = 0,003$, $\eta_p^2 = 0,22$, $po = 0,90$]. O teste post-hoc mostrou que o grupo DV apresentou maior EA (média = 945 ms) do que os outros dois grupos controle (com venda - média 591 ms, $p = 0,002$; e sem venda - média 557 ms, $p = 0,003$). Não houve diferença

significativa entre os grupos controle com e sem venda, mas isso aconteceu apenas no primeiro bloco de aquisição (A1), enquanto no último bloco de aquisição não houve diferença significativa entre os três grupos.

Efeito para Blocos [$F_{1,49} = 39,5$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,45$, $po = 1,00$] também foi encontrado. Esse resultado significa que todos os participantes diminuíram o EA (melhora de desempenho) do primeiro para o último bloco de aquisição (média = 698 ms a 408 ms, respectivamente).

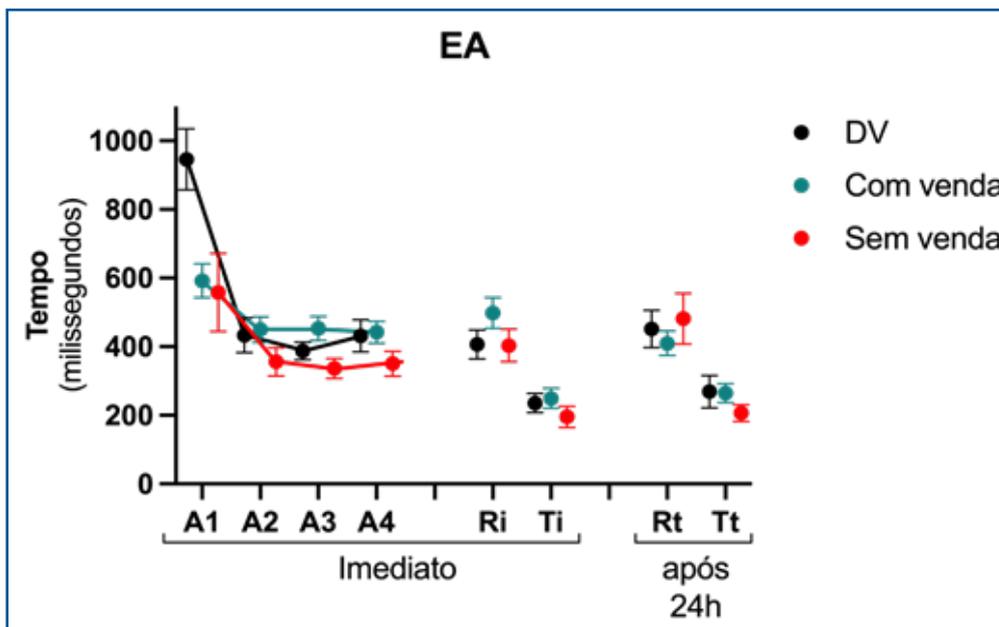


Figura 4: Erro absoluto (ms) para todas as fases do protocolo nos três grupos. Os valores são representados como média e erro padrão. A1–A4: aquisição; Ri: Retenção imediata; Rt: Retenção tardia; Ti: Transferência imediata; Tt: Transferência tardia

Erro variável - EV

O erro variável durante a aquisição está ilustrado na Figura 5. Houve efeito para os Grupos [$F_{2,49} = 4,85, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,17, po = 0,78$] e, embora a ANOVA não tenha mostrado interação significativa, o teste post-hoc mostrou que, semelhante ao EA, o grupo DV apresentou maior EV (média = 867 ms) do que os outros dois grupos controle (com venda - média 396 ms, $p = 0,009$; e sem venda - média de 484 ms, $p = 0,050$), não havendo diferença

significativa entre os grupos controle com e sem venda, mas esse resultado ocorreu apenas para o primeiro bloco de aquisição (A1), não havendo diferença significativa entre os três grupos no último bloco (A4).

Também houve efeito significativo para os Blocos [$F_{1,49} = 33,0, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,40, po = 1,00$], que mostrou que todos os participantes diminuíram seu EV de A1 (média = 583 ms) para A4 (média = 119 ms).

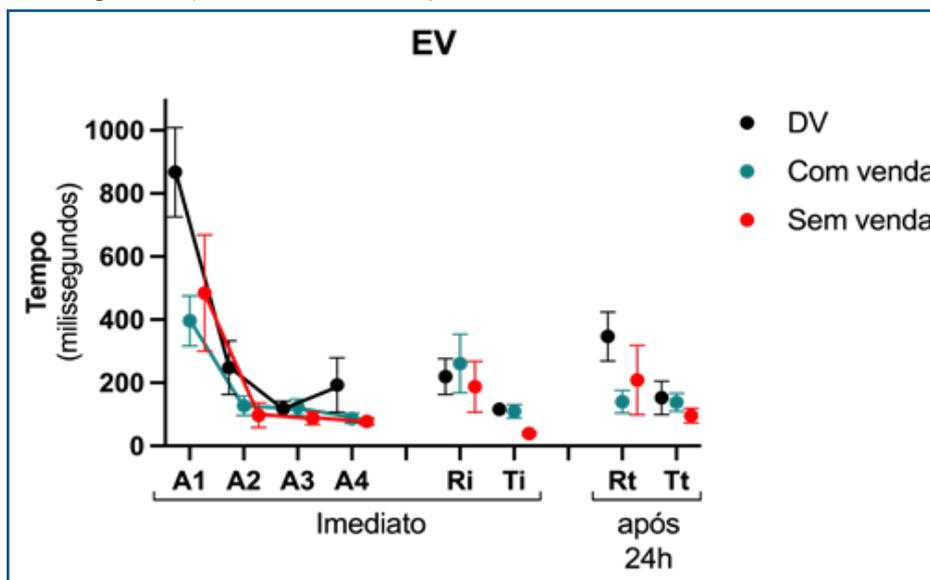


Figura 5: Erro variável (ms) para todas as fases do protocolo nos três grupos. Os valores são representados como média e erro padrão. A1–A4: aquisição; Ri: Retenção imediata; Rt: Retenção tardia; Ti: Transferência imediata; Tt: Transferência tardia

Retenção

Retenção imediata (Ri) e tardia (Rt - após 24h)

As Figuras 3, 4 e 5 também mostram erros de tempo durante a retenção. Tanto para retenção imediata (Ri) quanto tardia (Rt - após 24 horas) não houve diferença nos erros. Consequentemente, MANOVA e ANOVAS não revelaram nenhum efeito principal significativo ou interação para Blocos ao comparar o bloco de aquisição final (A4) e os blocos de retenção imediata (Ri) e tardia (Rt) para erros constantes, absolutos e variáveis, mostrando que o desempenho adquirido no último bloco de aquisição foi mantido durante os dois testes de retenção.

Transferência

Transferência imediata (Ti) e tardia (Tt - após 24h)

Para ambas as transferências imediatas e tardias, a MANOVA encontrou um efeito significativo para Blocos [Ti: Wilks' $\lambda = 0,315, F_{3,47} = 33,9, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,69, po = 1,00$; Tt: Wilks' $\lambda = 0,284, F_{3,42} = 35,3, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,72, po = 1,00$] sem efeito para Grupos, ou interações. As ANOVAS serão mostradas separadas apenas para os erros absolutos na próxima seção, pois o erro constante apresentou o mesmo padrão de antecipação das fases de aquisição e retenção, não sendo encontrados efeitos ou interações para o erro variável.

Erro absoluto - EA

Foram encontrados efeitos significativos para Blocos na transferência imediata [$F_{1,49} = 60,8, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,55, po = 1,00$] e transferência tardia [$F_{1,44} = 63,8 p$

$< 0,001, \eta_p^2 = 0,59, po = 1,00$]. Esses resultados mostraram que para a fase de transferência com aumento de velocidade, os participantes melhoraram seu desempenho, ou seja, diminuíram o EA do último bloco de aquisição (média = 408 ms) para o bloco de transferência imediata (média = 227 ms) e também para o bloco de transferência tardia (média = 247 ms). Veja as figuras 3, 4 e 5.

Análise de Regressão

Verificou-se que a idade influenciou na melhora do desempenho durante a fase de aquisição: quanto maior a melhora no desempenho, menor a idade [$r2 = 0,14, F = 7,79, p = 0,007, beta = -8,4$]. O sexo não influenciou o desempenho.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho em uma tarefa de timing coincident por meio de ambiente virtual não imersivo em indivíduos com DV. Nossa hipótese de que todos os grupos melhorariam o desempenho com a prática e indivíduos sem DV que tivessem feedback visual e auditivo teriam melhor desempenho foi parcialmente confirmada.

Em relação a capacidade dos indivíduos com DV de se adaptar ao ambiente utilizando a audição^{3,16}, levantamos a hipótese de que o uso da audição proporcionaria melhor desempenho quando comparado aos indivíduos vendados (privados da visão no momento da tarefa). No entanto, observamos que o grupo com pior desempenho foi o de indivíduos com DV.

Ou seja, o grupo com DV iniciou a tarefa com mais erros absoluto e variável do que os demais grupos. Este é um resultado interessante, pois a capacidade de realizar todas as tarefas do dia a dia sem a visão não proporcionou nenhuma vantagem para os indivíduos com DV durante uma tarefa de RV não imersiva no computador, mesmo comparando com o grupo sem alteração visual, mas que praticou a tarefa com os olhos vendados.

Embora o grupo com DV tenha apresentado desempenho inferior, é importante ressaltar que essa diferença aparece apenas no primeiro bloco de aquisição (ou seja, no início da prática). Assim, após 5 tentativas (primeiro bloco) o grupo com DV conseguiu se adaptar à tarefa e teve o mesmo desempenho em relação aos demais grupos. Podemos apenas especular que o feedback auditivo gerado automaticamente pelo computador quando o participante acerta ou erra o alvo foi responsável pelo menor desempenho no primeiro bloco para o grupo DV. Os feedbacks auditivos positivos e negativos têm influência no desempenho da tarefa²⁶ e os participantes do grupo DV tiveram que prestar atenção para identificar o feedback do computador, causando mais dificuldade de adaptação, o que provavelmente prejudicou o desempenho durante o início da prática.

Além disso, todos os grupos mostraram tendência a antecipar o movimento e as primeiras tentativas foram as mais distantes do marco zero, mas melhoraram ao longo da prática. Podemos associar esta informação com as características da aprendizagem, evidenciando melhora na tarefa com a prática, potencializando o desempenho²⁷.

Outro aspecto importante da aprendizagem motora é a retenção e transferência, que acontece quando o desempenho de uma determinada habilidade motora adquirida pode ser verificado em momentos posteriores ou em novas situações ou contextos²⁸. Nas fases de retenção (após 5 minutos sem contato com a tarefa) e de transferência (com aumento da velocidade da tarefa). Segundo Oppici e colaboradores²⁹, Monteiro e colaboradores^{20, 21}, a prática não visa apenas facilitar o desempenho, mas propiciar um aprendizado duradouro observável nas fases de retenção e transferência.

■ REFERÊNCIAS

1. World Health Organization (WHO). World report on vision. 2019.
2. Tseng YC, Liu SHY, Lou MF, & Huang GS. Quality of life in older adults with sensory impairments: a systematic review. *Qual. Life Res.* 2018;27(8):1957-1971.
3. Götzelmann T. Visually augmented audio-tactile graphics for visually impaired people. *ACM Trans. Access. Comput.* 2018;11(2):1-31.
4. Crocetta TB, de Araújo LV, Guarnieri R, Massetti T, Ferreira FHIB, De Abreu LC, de Mello Monteiro CB. Virtual reality software package for implementing motor learning and rehabilitation experiments. *Virtual Real.* 2018;22(3):199-209.
5. Yanovich E and Ronen O. The Use of Virtual Reality in Motor Learning: A Multiple Pilot Study Review. *J. Adv. Phys. Edu.* 2015;(5):188-193.
6. Ng YL, Ma F, Ho FK, Ip P, Fu KW. Effectiveness of virtual and augmented reality-enhanced exercise on physical activity, psychological outcomes, and physical performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Comput. Hum. Behav.* 2019;(99):278-291.
7. Balan O, Moldoveanu A, Moldoveanu F. Navigational audio games: an effective approach toward improving spatial contextual learning for blind people. *Int. J. Disabil. Hum. Dev.* 2015;14(2):109-118.

Nos resultados, observou-se que todos os participantes mantiveram seu desempenho na aquisição nas fases de retenção e transferência o que permite inferir aprendizagem motora. Martins e colaboradores²⁵ e Monteiro e colaboradores²⁰, que utilizaram tarefa semelhante em crianças com Paralisia Cerebral, e Prumes e colaboradores³⁰, em pessoas com Distrofia Muscular, também obtiveram resultados com melhora de desempenho, enfatizando que tarefa computacional com RV não imersiva é uma possibilidade para aprendizagem motora.

Apesar deste trabalho ser considerado como uma proposta inicial para o uso da RV em indivíduos com DV algumas limitações devem ser apresentadas: 1- a tarefa utilizada foi em ambiente virtual não imersivo e ofereceu somente feedback auditivo para os participantes com DV, provavelmente a utilização de tarefa com feedback auditivo e tátil (vibração) poderia oferecer maior informação sensorial e propiciar benefício no desempenho; 2- um número maior de participantes e, principalmente, um maior tempo de prática (protocolo longitudinal) podem oferecer um melhor conhecimento do padrão de desempenho dos participantes; 3- foi utilizada uma tarefa virtual não imersiva desenvolvida para testes em laboratório, provavelmente um jogo com maiores possibilidades e mais dinâmico ofereça resultados que representem tarefas do dia a dia dos participantes.

■ CONCLUSÃO

Com base nos presentes achados, verificou-se que indivíduos com DV apresentaram dificuldades no início da tarefa proposta mas com a prática conseguiram se adaptar a tarefa com melhora no desempenho (observado pela diminuição nos erros). Ou seja, o feedback auditivo foi suficiente para possibilitar adaptação à tarefa e melhora de desempenho dos participantes com DV. Assim, a RV pode ser uma ferramenta utilizada para melhora de desempenho em pessoas com DV

■ Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

8. Lahav O, Schloerb DW, Srinivasan MA. Virtual environments for people who are visually impaired integrated into an orientation and mobility program. *J. vis. impair. blind.* 2015;109(1):5-16.
9. Merabet LB, Connors EC, Halko MA, Sánchez J. Teaching the blind to find their way by playing video games. *PloS one.* 2012;7(9).
10. Morin-Parent F, de Beaumont L, Théoret H, Lepage JF. Superior non-specific motor learning in the blind. *Sci. Rep.* 2017;7(1):1-6.
11. Bezerra IMP, Crocetta TB, Massetti T, da Silva TD, Guarnieri R, de Miranda Meira Jr C et al. Functional performance comparison between real and virtual tasks in older adults: a cross-sectional study. *J. Med.* 2018;97(4).
12. Crocetta TB, de Araújo LV, Guarnieri R, Massetti T, Ferreira FHIB, de Abreu LC et al. Virtual reality software package for implementing motor learning and rehabilitation experiments. *Virtual Real.* 2018;22(3):199-209.
13. Martins FPA, Massetti T, Crocetta TB, Lopes PB, da Silva AA, Figueiredo EF et al. Analysis of motor performance in individuals with cerebral palsy using a non-immersive virtual reality task—a pilot study. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 2019;(15):417, 2019.
14. de Mello Monteiro CB, da Silva TD, de Abreu LC, Fregni F, de Araujo LV, Ferreira FHIB, Leone C. Short-term motor learning through non-immersive virtual reality task in individuals with down syndrome. *BMC Neurol.* 2017;17(1):71.
15. Torriani-Pasin C, Bonuzzi GM, Soares MA, Antunes GL, Palma GC, de Mello Monteiro CB et al. Performance of Down syndrome subjects during a coincident timing task. *Int. Arch. Med.* 2013;6(1):1-6.
16. Morin-parent F, Beaumont L, Théoret H, Lepage JF. Superior non-specific motor learning in the blind. *Sci Rep.* 2007;6003.
17. Shea CH, Ashby AA. Modifications to the Bassin anticipation timer. *Res Q Exerc Sport.* 1981;52(2):278-280.
18. Williams L, Jasiewicz J, Simmons R. Coincidence timing of finger, arm, and whole-body movements. *Percept Mot Skills.* 2001;92(2):535-547.
19. Crocetta TB, Guarnieri R, Massetti T, da Silva TD, de Almeida Barbosa RT, de Lima Antão JYF et al. Concurrent validity and reliability of alternative computer game for the coincidence-anticipation timing task. *Meas Phys Educ Exerc Sci*, 2019.
20. de Mello Monteiro CB, Massetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C, Savelsbergh GJ. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2430-2437.
21. de Mello Monteiro CBM, Silva TD, Abreu LC, Fregni F, Araujo LV, Ferreira FHIB, Leone C. Short-term motor learning through non-immersive virtual reality task in individuals with down syndrome. *Bmc Neurology.* 2017; 17(1):1-8.
22. de Moraes IAP, de Mello Monteiro CB, Silva TDD, Massetti T, Crocetta TB, de Menezes LDC. Motor Learning and Transfer Between Real and Virtual Environments in Young People with Autism Spectrum Disorder: A Prospective Randomized Cross Over Controlled Trial. *Autism Res.* 2019:1–13.
23. Prado MTA, Fernani DCGL, da Silva TD, Smorenburg AR, de Abreu LC, de Mello Monteiro CB. Motor learning paradigm and contextual interference in manual computer tasks in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2017;(64):56-63.
24. Possebom WF, Massetti T, da Silva TD, Malheiros SRP, de Menezes LDC, Caromano FA et al. Maze computer performance in Down syndrome. *J. Hum. Growth Dev.* 2016;26(2):205-210.
25. Martins FPA, Massetti T, Crocetta TB, Lopes PB, da Silva AA, Figueiredo EF et al. Analysis of motor performance in individuals with cerebral palsy using a non-immersive virtual reality task—a pilot study. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2019;(15):417.
26. Mitani K and Kashino M. Auditory feedback assists post hoc error correction of temporal reproduction, and perception of self-produced time intervals in subsecond range. *Front. Psychol.* 2018;(8):2325.
27. Christiansen L, Madsen MJ, Bojsen-Møller E, Thomas R, Nielsen JB, Lundbye-Jensen J. Progressive practice promotes motor learning and repeated transient increases in corticospinal excitability across multiple days. *Brain Stimul.* 2018;11(2):346-357.
28. Sattelmayer M, Elsig S, Hilfiker R, Baer G. A systematic review and meta-analysis of selected motor learning principles in physiotherapy and medical education. *BMC Medical Educ.* 2016;16(1):1-22.
29. Oppici L, Panchuk D. Specific and general transfer of perceptual-motor skills and learning between sports: A systematic review. *J Sport Exerc Psychol.* 2022;(59):102-118.

30. Prumes M, Silva TDD, Alberissi CADO, Capelini CM, Menezes LDCD, Rocha JBFD et al. Motor learning through a non-immersive virtual task in people with limb-girdle muscular dystrophies. *J. Hum. Growth Dev.* 2020;30(3):461-471.

Abstract

Introduction: Virtual reality (VR) is used nowadays as an assessment and intervention tool in rehabilitation. One of the skills that can be assessed through VR is coincident timing (perceptual-motor ability to execute a motor response in synchrony with an external stimulus). Visually impaired (VI) people require this synchronization of movements with external objects in their daily and leisure activities.

Objective: To investigate the performance of VI individuals in a VR coincident timing task.

Methods: Sixty individuals over 18 years of age participated in this study: 20 with VI, 20 without VI but blindfolded and 20 individuals without VI that used visual feedback (without blindfold). A semi-structured interview and a virtual coincident timing task were used.

Results: Although VI individuals started the task with the worst performance (Absolute error = VI group 945ms x blindfolded group 591ms x without blindfold group, 557ms), they improved performance throughout the task, as did the other groups, reducing the number of errors (mean absolute error= 698ms to 408ms). Furthermore, all groups presented increased task speed (mean variable error= last acquisition block 408ms x immediate transfer 227ms x late transfer 247ms).

Conclusion: Individuals with VI had difficulties at the beginning of the proposed task, but with practice they were able to adapt to the task with an improved of performance (observed by the decrease in error time). The auditory feedback was sufficient to allow adaptation to the task which improved participant performance with VI.

Keywords: learning, visual disability, virtual reality.

©The authors (2022), this article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.