



Um Estudo de Caso Comparativo do Tratamento do Torcicolo Espasmódico por Técnicas de Captura de Movimento de Baixo Custo

A COMPARATIVE STUDY-CASE OF SPASMODIC TORTICOLLIS' TREATMENT BY LOW-COST MOVEMENT CAPTURE TECHNIQUES

UN ESTUDIO DE CASO COMPARATIVO DEL TRATAMIENTO DE LA TORTÍCOLIS ESPASMÓDICA MEDIANTE TÉCNICAS DE CAPTURA DE MOVIMIENTO DE BAJO COSTO

Douglas Lopes Farias¹, Rafael Fernandes de Souza², Eduardo Figueiras Damasceno³

¹ Mestre, Universidade Cidade Verde - Maringá-PR, OrcID: 0009-0000-3600-1548.

Email: douglaslopesfarias@outlook.com

² Mestre, Unimed Maringá - Maringá-PR.

Email: raphaelpersonalmga@gmail.com

³ Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Cornélio Procópio-PR, OrcID: 0000-0002-6246-1246.

Email: damasceno@utfpr.edu.br

Correspondência: especificar o endereço para correspondência de pelo menos um autor (pode ser o endereço institucional).

Ex.: Rua, 00, Bairro, Cidade - UF, País. CEP

Copyright: Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons* Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Conflito de interesses: os autores declaram que não há conflito de interesses.

Como citar este artigo

FARIAS, DL; SOUZA, RF de; DAMASCENO, EF. Um Estudo de Caso Comparativo do Tratamento do Torcicolo Espasmódico por Técnicas de Captura de Movimento de Baixo Custo. *Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais*. [online], volume 8, n. 1. Editor responsável: Luiz Roberto de Oliveira. Fortaleza, maio de 2023. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/resdite/index>. Acesso em: "dia/mês/ano".

Data de recebimento do artigo: 06/02/2021

Data de aprovação do artigo: 18/04/2023

Data de publicação: 04/05/2023

Resumo

Avaliou-se a eficácia da Realidade Virtual Imersiva (RVI) e a Realidade Aumentada Desktop (RAD) na Reabilitação Motora do Torcicolo Espasmódico (TE) com estudo de caso com 12 sujeitos. **Objetivo:** Verificar por critérios funcionais (cinesiológicos) e critérios computacionais (interação e envolvimento) qual foi a melhor técnica na abordagem para o tratamento do TE. **Método:** Foi aplicado o método de estudo transversal comparativo, analisando um recorte do momento dos sujeitos comparado com grupos de controle no mesmo momento. **Resultado:** Os achados indicam diferenças entre os dados apresentados por cada tecnologia escolhida. **Discussão:** As duas tecnologias, RVI e RAD são apresentadas como instrumento que adiciona um objeto lúdico à terapia e favorece a participação ativa do paciente durante o tratamento. **Conclusão:** A RVI tende a ter maior fidelidade para geração de dados da amplitude de movimento e conseqüente melhores condições de avaliação biomecânica do movimento.

Palavras-chave: Avaliação da Tecnologia Biomédica; Torcicolo; Baixo Custo; Realidade Virtual

Abstract

The effectiveness of Immersive Virtual Reality (IVR) and Augmented Reality Desktop (ARD) in Motor Rehabilitation of Spasmodic Torticollis (ST) was evaluated with a case study with 12 subjects. **Objective:** To verify by functional (kinesiological) and computational criteria (interaction and involvement) which was the best technique for treating ST. **Method:** The comparative cross-sectional study method was applied, analyzing a section of the subjects' moment compared to control groups at the exact moment. **Results:** The findings indicate differences between the data presented by each chosen technology. **Discussion:** The two technologies, IVR and ARD, are presented as an instrument that adds a playful object to therapy and favors the patient's active participation during treatment. **Conclusion:** The RVI tends to have higher fidelity for generating motion range data and, consequently, better conditions for biomechanical movement assessment.

Keywords: Biomedical Technology Assessment; Torticollis; Low cost; Virtual reality

Resumen

Se evaluó la eficacia de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) y el Realidad Aumentada (RA) en la Rehabilitación Motora de la Tortícolis Espasmódica (TS) con un estudio de casos con 12 sujetos. **Objetivo:** Verificar mediante criterios funcionales (kinesiológicos) y computacionales (interacción e implicación) cuál era la mejor técnica para tratar la TS. **Método:** Se aplicó el método de estudio transversal comparativo, analizando una sección del momento de los sujetos comparados con grupos control en el momento exacto. **Resultados:** Los resultados indican diferencias entre los datos presentados por cada tecnología elegida. **Discusión:** Las dos tecnologías, RVI y RA, se presentan como instrumentos que añaden un objeto lúdico a la terapia y favorecen la participación activa del paciente durante el tratamiento. **Conclusiones:** El RVI tiende a tener mayor fidelidad para generar datos de amplitud de movimiento y, en consecuencia, mejores condiciones para la evaluación biomecánica del movimiento.

Descriptores: Evaluación de tecnología biomédica; Tortícolis; Bajo costo; Realidad virtual.

1. Introdução

O torcicolo espasmódico ou distonia cervical é um distúrbio complexo marcado por movimentos involuntários de pescoço e ombros, causando dores que comprometem a qualidade de vida de seus portadores¹.

Esta patologia também pode ser encontrada nos indivíduos que mantêm uma Posição Viciosa da Cabeça (PVC), muito comum em trabalhadores da área de informática, em grande parte nos digitadores e operadores de microcomputador². É uma enfermidade que aflige cerca de 30% da população mundial e cerca de 55% da população brasileira já passou por pelo menos uma vez na vida com este quadro³.

O tratamento medicamentoso tem tido baixos resultados de reestabelecimento, sendo mais eficiente⁴, quando associado a fisioterapia. Entretanto, a cada nova reincidência da patologia é observada uma maior limitação no reestabelecimento das atividades da vida diária³, na qual se observa que o paciente atenua a sua amplitude do movimento, ou capacidade de movimento¹.

A tecnologia de Realidade Virtual (RV), ao estimular a prática de exercícios reabilitadores, acrescenta uma vantagem: por meio de dispositivos de interação e captura de movimentos, permite criar um ambiente lúdico, capaz de entreter e incentivar cada vez mais a fisioterapia⁵.

A Realidade Virtual (RV) surge no contexto como um instrumento auxiliar da prática terapêutica⁶, adicionando um objeto motivacional e lúdico ao tratamento convencional. Já a Realidade Aumentada (RA) facilita as habilidades de percepção do usuário/paciente sobre o próprio corpo em uma ação ativa no processo de fisioterapia⁷. E, ambas promovem uma experiência virtual interativa e possibilitam um feedback visual imediato.

Apesar de alguns estudos demonstrarem efeito positivo tanto da RV quanto da RA na reabilitação de diversas enfermidades⁸, ainda existem questionamentos sobre os reais benefícios e qual das duas tecnologias tende a obter melhores resultados, pois muitos trabalhos são dispersos em seus delineamentos ou se apresentam como estudos preliminares sem uma comparação efetiva entre ambas.

O objetivo deste trabalho foi reunir evidências sobre as duas tecnologias aplicadas ao tratamento do TE, por meio de um conjunto de testes similares, para validar o estudo no contexto da Saúde Digital (SD).

2. Terapias Convencionais para a Torcicolo Espasmódico (TE)

O TE possui diversas formas de tratamento e sua denominação específica é comumente determinada pela restrição dolorosa identificada. Definem-se, assim, quatro tipos: 1- Torcicolo, limitação da cabeça exibindo rotação lateral; 2- Laterocolo, desvio horizontal da cabeça ; 3- Anterocolo, limitação da flexão da cabeça; Retrocolo, limitação do movimento de extensão da cabeça⁴.

O tratamento fisioterápico é o mais comum e pode ser adicionado ao TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*) e a sessões de acupuntura³. Há casos em que também se utiliza a combinação de aplicações da toxina botulínica para atenuar os dores no local, associadas a analgésicos⁹.

De certa forma, é possível perceber não ainda existir coligação entre o tempo médio de tratamento e as práticas de reabilitação empregadas. De acordo com o compilado dos estudos atribuídos neste artigo foi possível estabelecer uma relação direta do sucesso de cada alternativa de terapia, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Dias de Tratamento e Sucesso do Tratamento

Terapia	Massagem	TENS	Acupuntura	Psicoterapia	Toxina Botulínica
Dias	15 a 20	8 a 10	15 a 25	25 a 35	3 a 5
Sucesso (%)	75 a 85	75 a 85	75 a 85	25 a 45	85 a 95
Reincidência Prevista (%)	20 a 25	20 a 25	20 a 25	35 a 55	35 a 45
Custo para o Paciente (\$)	\$	\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$\$
Custo para o Terapeuta	\$	\$	\$	\$	\$\$

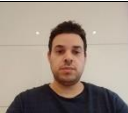

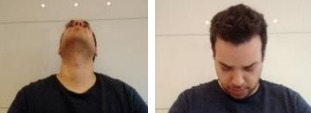
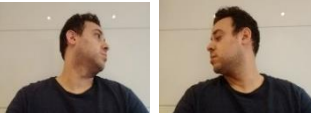


FONTE: Os autores (2019)

Exceto pela terapia de aplicação da toxina botulínica, as demais sofrem a ação do tempo e é uma constante a desistência da terapia após uma percepção do

paciente em relação à melhoria da dor. Ou seja, o paciente em tratamento fica em tratamento enquanto possui dor e não quando totalmente reabilitado¹⁰.

Assim, para propor uma solução biomecânica e tecnológica foi primeiramente analisado o conjunto de movimentos que a coluna cervical pode realizar. Estes movimentos são descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Movimentos biomecânicos da coluna cervical

Posição	Imagem
Normalidade da Cabeça, note que há 3 pontos brancos identificando o centro / prumo	
Lateralização da Cervical Esquerda E Direita, note que há cobertura de apenas 1 ponto de referência	
Extensão e Flexão Cervical	
Rotação Cervical Esquerda e Direita	
Flexão Lateral Cervical Para Esquerda E Direita	
Extensão Lateral Cervical Esquerda e Direita	

FONTE: Os autores (2019)

É de suma importância a avaliação da amplitude de movimento da coluna cervical, pois oferece relevantes e importantes informações a respeito do estado de saúde, do tratamento e das respostas provenientes de programas de exercícios físicos durante a reabilitação¹¹.

Para a construção do modelo de aplicação da ferramenta foram analisados alguns exercícios que são específicos para a distonia cervical, sendo que estes são alongamentos musculares, que exigem apenas o fortalecimento dos músculos da região. Por recomendação fisioterápica foi convencionado que os alongamentos devem ser feitos de forma suave, sem forçar excessivamente a região afetada pela

distonia, e o tempo de duração do alongamento deve variar de 10 a 30 segundos, dependendo do grau de acometimento doença.

3. Fundamentos

a. Amplitude de movimento

Outro conceito relacionado as terapias convencionais para TE é a Amplitude de Movimento (AdM). Esta pode ser definida como o deslocamento angular de uma articulação, e tem por função quantificar e qualificar um dado movimento¹².

Assim, dependendo da patologia que sofre um indivíduo, a AdM pode se encontrar minimizada, dificultando, assim, a mobilidade ou mesmo a postura¹¹ e por isso os exercícios reabilitadores devem ser apropriados para não causar dor.

E para se medir esta variável é comumente aplicado o processo denominado de goniometria, que é a aplicação de um sistema coordenado a uma articulação com o intuito de medir os ângulos de movimentos existentes¹³.

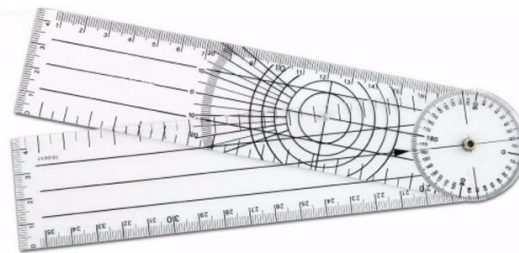
A medição dos movimentos articulares é realizada por três técnicas distintas: a observação visual, a utilização de goniômetros manuais e a aplicação por análise de imagens digitais. A observação visual é um método de avaliação subjetivo que dificulta a realização de um diagnóstico confiável.

Os goniômetros, a exemplo na Figura 1b, são equipamentos simples e de baixo custo sendo a principal técnica utilizada na medição dos movimentos articulares. A análise de imagens necessita de programas específicos (Figura 1a), para realizar a interpretação das imagens, podendo ser inviável a utilização dessa técnica em clínicas e em pequenos centros de pesquisa.

Figura 1a. Software FisioOffice



Figura 1b. Goniômetro



O que se está aferindo é a capacidade da extensibilidade dos músculos envolvidos no movimento e seu impacto dentro dos limites morfológico, sem ocasionar uma lesão.

b. Reabilitação Virtual

Atualmente a Computação vem sendo aplicada como forma de apoio a práticas reabilitadoras, que antes se apoiavam meramente no empirismo e na experiência pessoal do profissional de saúde¹⁴ e agora abrangem desde as atividades de auxílio ao diagnóstico à execução mais motivada de terapias¹⁵.

A RV, que tem como foco proporcionar ao usuário uma forma de interação mais natural e intuitiva, assim, contribuindo significativamente, tanto para a visualização de grandes volumes de dados quanto às técnicas de interação com estes. Podendo compor ou recriar ambientes, antes possíveis somente na imaginação, de forma a transmitir segurança aos participantes envolvidos no sistema.

Isto por meio de múltiplos canais sensoriais, pelos quais o usuário pode sentir-se tão envolvido e motivado com o ambiente que sua percepção do mundo real é atenuada, enquanto ele está imerso no Ambiente Virtual (AV).

Este AV desenvolvido com técnicas de computação gráfica é usado para recriar um ambiente real ou imaginário no qual o usuário fica imerso e atraído pela nova realidade, tem-se mostrado cada vez mais aplicável, principalmente, em tratamentos neurológicos e psiquiátricos, denotando seu grande potencial em relação ao comportamento humano.

Entretanto, percebe-se que para atividades relacionadas à reabilitação física e motora, em que o movimento corporal tem suma importância no processo curativo, a RV carece de técnicas para representação tanto do usuário quanto do ambiente onde se deseja reafirmar a reabilitação.

De forma a agregar maior valor ao processo de reabilitação o sistema computacional deve abranger métodos, técnicas e dispositivos que favoreçam e estimulem o movimento e a percepção deste pelo usuário, a fim de promover a coordenação olho-membros superiores e inferiores¹², facilitando a propriocepção, ou seja, que o próprio paciente se estimule a realização dos exercícios.

Para tal funcionalidade destacam-se os sistemas que usufruem da tecnologia de Realidade Aumentada (RA), que, associando elementos virtuais ao ambiente real, permite o uso de uma interface mediada, promovendo uma maior motivação para a execução e acurácia do movimento. Esta propriedade não é tão evidente em sistemas de RV, uma vez que ela proporciona uma imersão do usuário em um ambiente simulado.

Já o uso de sistemas de RA proporciona aproveitar o ambiente real no qual o usuário já está acostumado e incrementar suas características¹⁶, como por exemplo o sistema NeuroR¹⁷, visto na Figura 2a, que estimula a recuperação dos movimentos pós-AVC. Neste caso é necessária uma interface de visualização (um monitor ou projeção em tela). Já o sistema SleeveAR¹⁸ se apropria da projeção e da captura de movimento por rastreamento ótico.

Figura 2. Sistemas de RA para auxiliar a reabilitação



a) Sistema NeuroR¹⁷



b) SleeveAR¹⁸

Dentre as terapias que se destacam para a reabilitação física e motora que utilizam as técnicas de captura de imagens por câmeras digitais é possível destacar o projeto ARPhysio¹⁹ que mostra uma aplicação de RA, (Figura 3a), registrando os dados dos marcadores como forma de avaliar os dados antropométricos e cinesiológicos para se determinar a validade dos exercícios para o tornozelo, e analogamente, o sistema de Correção em Exercícios Físicos do Joelho (SCEFJ)²⁰, que também usa a mesma técnica para

auxiliar o fortalecimento dos músculos do joelho e na correção do movimento reabilitador (Figura 3b).

Figura 3. Sistemas com Captura de Movimento em RA



a) Sistema ARPhysio¹⁹

b) Sistema SCEFJ²⁰

Estes sistemas utilizaram tecnologia interativa para fornecer dicas visuais aos pacientes para direcionar sua atenção para a estrutura dinâmica de um movimento, facilitando assim a reabilitação do músculo lesionado.

Outros trabalhos apresentados na revisão sistemática realizada por Duarte et al²¹ relatam o uso da tecnologia de realidade virtual em modo de mesa (*desktop*), pois poucos usufruem dos modelos imersivos de baixo custo. Destacam-se os trabalhos de Sarig-Bahat et al²², Rezaei et al²³ e Sarig-Bahat, Weiss e Laufer²⁴ que se preocuparam com a viabilidade médica do uso da tecnologia de Realidade Virtual para reabilitação do de doenças da coluna cervical. Para avaliação da cinemática do pescoço e com grande potencial na terapia do TE tem-se o trabalho de Sarig-Bahat et al²², visto na Figura 4.

Figura 4. Game para avaliação da incapacidade de movimento do pescoço



No estudo apresentado por Harvie et.al²⁶, apresenta uma ferramenta que usufrui da característica de imersão em ambientes de realidade virtual com intuito de forçar o paciente a observar o seu derredor e assim estimular os músculos do pescoço.

4. Metodologia

a. Artefatos Tecnológicos Utilizados

Foi desenvolvido uma interface de RV lúdica (*Serious Game*) que prezou por igualar ao máximo os movimentos executados em uma reabilitação devido a dores na área cervical proveniente de um torcicolo. Com temática para RA, como pista de corrida, e para RV com uma corrida com obstáculos aéreos, os dois artefatos induzem a execução dos movimentos biomecânicos da coluna cervical apresentados na Tabela 2.

Para o artefato desenvolvido com tecnologia de RV foi utilizado o conceito de imersão com tecnologia de baixo custo, no qual por meio da visualização de um capacete (headset) é possível imergir e interagir com o ambiente. O dispositivo de visualização utilizado foi um smartphone acoplado a uma caixa adaptada (estilo google cardboard), visto na Figura 5.

Figura 5. Aparato de Visualização para Smartphone VR-Box



Estes óculos VR Box 2.0 3D, é compatível para celular smartphone com sistemas Android, IOS e Windows Phone. O dispositivo acompanha o controle bluetooth, com medidas aproximadas de 12 centímetros de altura, 3,5 centímetros de largura e 4,5 centímetros de profundidade e alimentação do controle com duas pilhas AAA.

Os óculos têm a medida de 10 cm de altura, 19 cm de largura e 14 cm de profundidade, peso aproximado de 520 gramas, composto de material plástico ABS, lente esférica de resina de 42 mm, possui regulagem total das lentes em foco e distância. Assim pode ser usado com os mais diversos tamanhos de telas de smartphones, por exemplo: com tamanho mínimo da tela de 4.7 polegadas e tamanho máximo de 7 polegadas.

b. Protocolo de uso

A posição padrão de início é posição sentada, com a coluna encaixada na parte do fundo da cadeira, e com as mãos no joelho, e seguir estes passos de preparação:

1º) deixar as pernas ligeiramente afastadas, com os pés bem apoiados no chão, e que a altura da cadeira seja a mesma distância entre seu joelho e o chão, onde a flexão dos joelhos deve formar um ângulo de 90º;

2º) sentar-se sobre o cóccix e voltando o quadril levemente para frente (retroversão pélvica);

3º) manter as costas eretas, mantendo a curvatura normal da coluna;

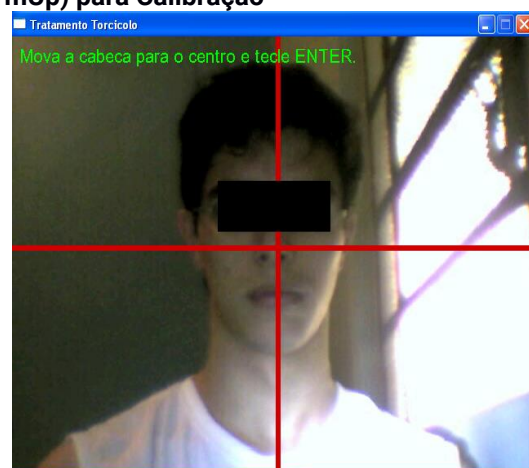
4º) posicionar os ombros levemente para trás (retração da cintura escapular) e os braços deverão estar pendidos ao longo do corpo, com a cabeça orientada no plano de Frankfurt (posição de olhar no horizonte);

5º) olhar para o centro da tela e mantenha o queixo paralelo ao chão. Assim foi possível realizar a calibração dos dois sistemas, conforme a Figura 6.

Figura 6. Preparação (WarmUp) para Calibração



a) Preparação em RV



b) Preparação em RA²⁶

As sessões de exercícios serão realizadas diariamente, de 2'30" a 10' minutos por dia, no período de 15 dias, dependendo do grau de acometimento e amplitude de movimento do paciente a fase do jogo será específica e conforme evolução da amplitude de movimento do paciente o jogo muda de fase se ajustando a capacidade do jogador.

A iluminação foi artificial, composta de 4 lâmpadas fluorescente compactas de 26 W, que gera um fluxo luminoso de 1482 lm, deixado, assim, o ambiente bem iluminado para facilitar o processo de registro dos marcadores.

As distâncias entre o sujeito/usuário e a câmera foram distintas entre si para os membros superiores, inferiores e o tronco.

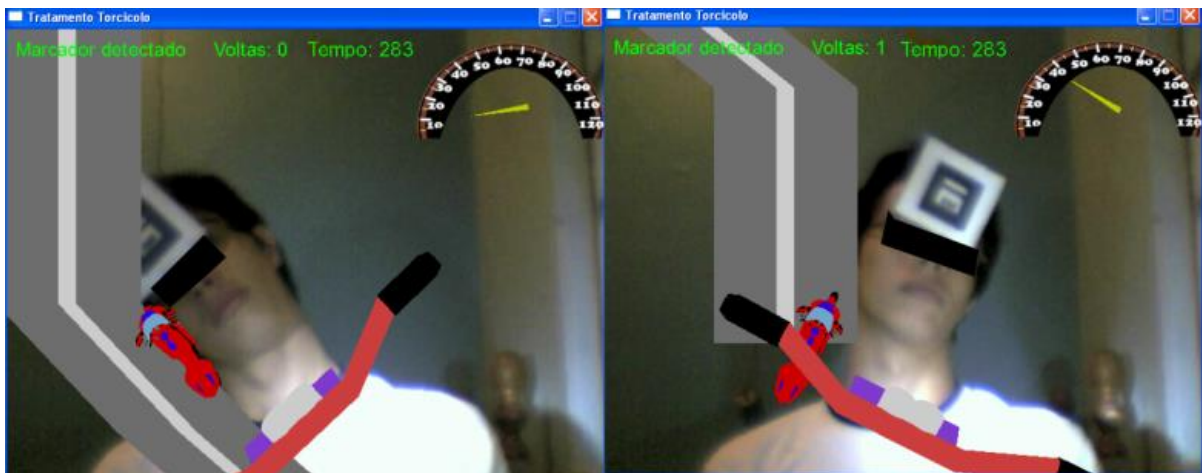
Para as medições dos membros superiores foi usada a distância de 1,00 m entre o sujeito e a câmera.

A angulação da câmera para todas as distâncias permaneceu neutra, variando apenas a altura do anteparo para a captura das imagens para o sistema de RA foi de a 1,35 m, altura média em que o computador pessoal fica em cima de uma mesa.

c. Os Protótipos

O desenvolvimento dos protótipos junto a análises de necessidade realizadas apontou para uma forma de desenvolvimento da aplicação seguindo os conformes de uma visualização em tempo real para o paciente (ou o terapeuta), em conjunto com o jogo, tudo em paralelo. Toda a conceitualização de realidade virtual pôde então ser visualizada, já que desse modo, a realidade seria incrementada de objetos virtuais projetados em tempo real na tela para o usuário.

E para o artefato desenvolvido com tecnologia de RA foi utilizado apenas uma câmera de vídeo (webcam) e os marcadores fiduciais em papel afixado na cabeça do usuário e seu funcionamento pode ser visto na Figura 7.

Figura 7. Aparato de Visualização para Realidade Aumentada

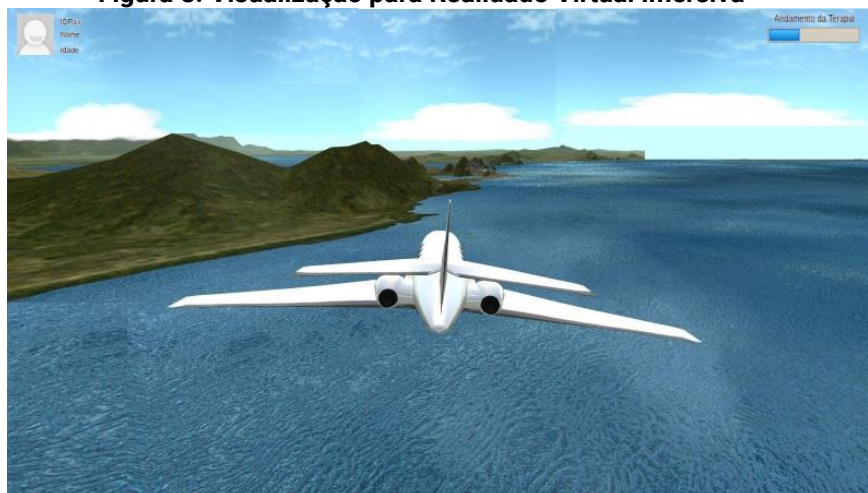
Como o padrão da Realidade Aumentada, é utilizado marcadores em formas quadradas, para o rastreamento e posicionamento da cabeça do paciente, que é identificada devido a utilização de uma faixa na região superior da cabeça, com os marcadores pré-estabelecidos na ferramenta que controla a motocicleta do jogo através de movimentos realizados com a cabeça²⁵.

Para desenvolver aplicações de RV, são utilizadas bibliotecas computacionais ou kits de desenvolvimento que agrupam as funcionalidades de captura de vídeo, técnicas de rastreamento, interação em tempo real e os ajustes visuais das cenas do mundo real e virtual.

Foi aplicada a técnica de (RV) conhecida como caminhada redirecionada que modula o feedback visual-proprioceptivo²⁷ rastreando o movimento do mundo real e, em seguida, alimentando-o de volta ao ambiente virtual em uma forma discreta.

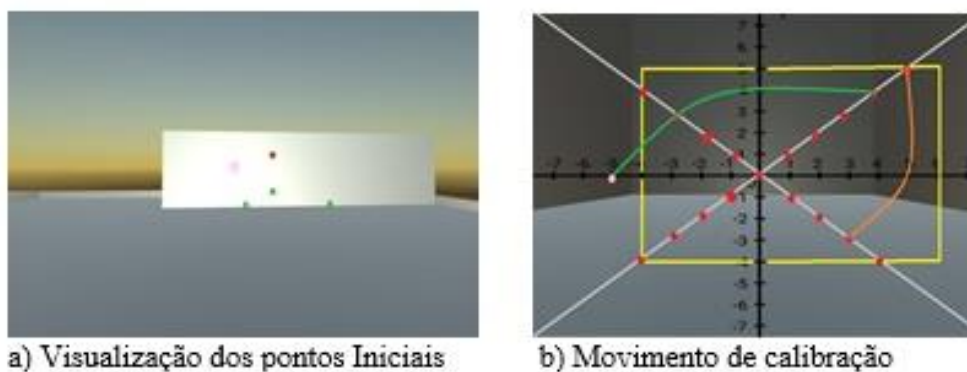
A interface do jogo é a representação da navegação de um avião (Figura 8), deste modo o usuário deverá realizar manobras com o avião. Cada manobra tenta estimular uma parte do pescoço que está encurtada.

Figura 8. Visualização para Realidade Virtual Imersiva



O jogo desenvolvido possui fases referentes aos movimentos e graus de amplitude do pescoço, sendo: flexão, flexão lateral, extensão, extensão lateral, inclinação para a direita e esquerda e rotação para a direita e esquerda. Desta forma, é possível analisar cada amplitude de movimento e orientar ao jogador/paciente a realizar de forma mais efetiva e sem dor o mesmo movimento, conforme Figura 9.

Figura 9. Calibração dos Movimentos



d. Design do Experimento

Estabeleceram-se como critérios de inclusão a presença de TE para o grupo experimental (GE), que usou o jogo sério; a presença de TE para o grupo controle

(GC) não jogou, e o grupo experimental sem distonia cervical (GESD) sem DC que jogou.

Ambos os grupos serão divididos por sexo, masculino e feminino, por questões específicas de anatomia e fisiologia da estrutura muscular.

Os participantes deveriam ser dos dois gêneros e ter entre 18 e 40 anos de idade. Os participantes não poderiam estar ou terem sido submetidos a tratamento fisioterapêutico nos últimos seis meses.

Foram recrutados sujeitos a partir de um proclame público na secretaria de saúde e nos postos de atendimento fisioterápico na cidade de Maringá (PR).

Foram selecionados os pacientes com distonia cervical (focal, segmentar, multifocal, hemidistonia e distonia generalizada) que foram selecionados nas clínicas de fisioterapia da cidade de Maringá, entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019.

Os critérios de inclusão foram, o paciente apresentar distonia cervical focal ou segmentar; apresentar distonia generalizada, hemidistonia ou distonia multifocal com indicação de tratamento fisioterápico para distonia cervical.

Critérios para suspender ou encerrar a pesquisa (quando necessário); como o protocolo de reabilitação tende a atenuar as dores da coluna cervical, será suspensa a pesquisa com o indivíduo que omitir algum dado relevante ao questionário ou quando durante o processo de reabilitação este apresentar uma sensação de dor não suportável e então será encaminhado para o atendimento médico local.

Os 30 voluntários serão distribuídos, conforme a presença ou ausência de TE verificada pelo critério de diagnóstico em pesquisa para *Toronto Western Spasmodic Torticollis Rating Scale* (TWSTRS), com escala adaptada para o contexto brasileiro²⁸

Assim, foram divididos em seis grupos, masculino e feminino, sendo: a) **GE**: composto por 10 sujeitos com TE, sendo 5 homens e 5 mulheres; b) **GC**: com 10 indivíduos, 5 homens e 5 mulheres com ausência de TE; e c) **GESD**: composto por 10 sujeitos com DC, 5 homens e 5 mulheres.

e. Análise Estatística

Todos os dados foram testados quanto ao padrão de distribuição (normal ou não). As diferenças estatísticas das médias entre os grupos foram determinadas utilizando-se os testes T de Student uni-caudal e ANOVA para distribuições normais. Os resultados estão apresentados como média \pm DP (desvio padrão).

Uma análise de variância permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas. O teste é paramétrico onde a variável de interesse deve ter distribuição normal e os grupos devem ser independentes. Com estes métodos foi possível encontrar a validade para as hipóteses desta pesquisa:

H₀ – Apresentar hipótese nula (não houve diferença na eficácia percebida entre o sistema de RV e de RA);

H₁ – Hipótese primária - confirmada (há interferência);

H₂ – Hipótese secundária – Apesar de ser estimulante as seções, os usuários tiveram o mesmo índice de recuperação;

Toda a análise estatística foi realizada com auxílio do programa BioEstat 5.3. Assim, conclui-se que as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0.05$.

f. Sujeitos da Pesquisa

Este estudo foi enviado para Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O Termo foi distribuído aos participantes da pesquisa no início da seleção dos participantes, os quais terão uma instrução informativa sobre a pesquisa os riscos e benefícios da participação.

Foi utilizada uma sala na Faculdade Cidade Verde em Maringá, Paraná, que destinou 1 professor de Educação Física e 1 Fisioterapeuta para acompanhar os experimentos com a tecnologia de RV.

Foram separados os grupos de intervenção e de controle, sendo que os participantes não mantiveram contato entre si. Os participantes do gênero masculino foram indivíduos saudáveis e de estatura média entre $171,12 \pm 7,3$ cm de

altura, com peso entre $72,8 \pm 12,1$ kg com idade média de $23,7 \pm 3,9$ anos. Já as participantes do gênero feminino, também saudáveis, possuem altura de $159,45 \pm 5,3$ e de peso entre $54,8 \pm 7,3$ kg com idade média de $26,2 \pm 4,9$ anos.

O primeiro grupo usou da tecnologia de RV primeiro e depois em outro dia a de RA. As atividades de sessões foram de 15 dias.

g. Avaliação da Experiência do Usuário

O Modelo de Aceitação de Tecnologia (*Technology Acceptance Model* - TAM)²⁹ foi concebido especificamente para avaliar a adoção de tecnologia de computadores e tecnologias relacionadas. Este modelo enfatiza duas variáveis que influenciam a atitude: a utilidade percebida e a percepção de facilidade de uso.











Assim, por meio do TAM é possível perceber que atitude em relação a um objeto influencia as intenções de uso de tal objeto, conseqüentemente, influenciando o comportamento em relação ao objeto (isto é, ao seu uso). Deste modo a utilidade percebida significa a medida pela qual as pessoas acreditam que a tecnologia vai ajudá-las a fazer um trabalho melhor.

Para a avaliação da experiência do usuário foi aplicado o questionário (TAM), que avalia a aceitação de uma aplicação no contexto de seu uso no cotidiano, seja por uma organização ou por um usuário comum. O TAM pode ser instrumentalizado por diversas escalas, neste trabalho se optou pela escala numérica de 1 a 7, sendo que 1 significa total discordância, e 7 total concordância, e a identificação intermediária 4 foi interpretada como conceito indiferente, em que o usuário não tem condições ou uma opinião concreta.

5. Resultados





Inicialmente é apresentado na Tabela 3 os dados dos usuários formando uma amostra heterogênea, na qual a idade foi desconsiderada, segue-se então pela apresentação na Tabela 4 do Média e Desvio Padrão encontrados nas amplitudes de movimento dos usuários.

Tabela 3. Análise Comparativa entre o Dispositivo de RV e RA

Sujeito	Flexão		Extensão		Rotação Direita		Rotação Esquerda	
								
A ₁	70°	57°	60°	69°	85°	90°	90°	90°
A ₂	63°	60°	65°	68°	70°	75°	65°	63°
A ₃	55°	55°	55°	54°	75°	80°	70°	54°
A ₄	65°	62°	55°	50°	80°	70°	60°	53°
A ₅	45°	46°	55°	48°	50°	45°	65°	69°
A ₆	55°	62°	62°	60°	55°	48°	65°	73°
A ₇	70°	65°	65°	51°	51°	58°	53°	59°
A ₈	71°	68°	68°	69°	55°	53°	58°	61°
A ₉	42°	48°	51°	56°	55°	55°	58°	57°
A ₁₀	70°	64°	60°	45°	85°	90°	90°	90°
A ₁₁	60°	60°	58°	55°	89°	91°	92°	88°
A ₁₂	55°	58°	70°	68°	75°	78°	76°	80°
	Tecnologia de Realidade Aumentada							
	Tecnologia de Realidade Virtual							











FONTE: OS AUTORES (2019)

Tabela 4. Média E Desvio Padrão Das Amostras

Média e Desvio Padrão		
Medida		
Flexão	59,6 ± 9,79	56 ± 6,20
Extensão	58 ± 4,47	57,8 ± 10,01
Rotação Direita	72 ± 13,51	72 ± 16,81
Rotação Esquerda	70 ± 11,73	65,8 ± 15,06
	Tecnologia de Realidade Aumentada	
	Tecnologia de Realidade Virtual	

FONTE: Os autores (2019)

Tabela 5. Distribuição Da Média, Mínimo, Máximo E Desvio Padrão Das Variáveis Nos Grupos Avaliados Segundo As Avaliações









EXERCÍCIO	TECNOLOGIA	GRUPO EXPERIMENTAL				P*
		1ª AVALIAÇÃO (N=12)		2ª AVALIAÇÃO (N=12)		
		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	
EXTENSÃO		51,1	7,2	57,9	3,8	0,0179*
		47,5	5,7	54,0	3,3	0,0077*
FLEXÃO		54,1	11,3	60,4	7,9	0,0117*
		47,1	6,8	56,6	7,8	0,0077*
ROTAÇÃO DIREITA		72,0	11,1	74,8	11,2	0,0587
		60,3	10,7	71,2	8,7	0,0051*
ROTAÇÃO ESQUERDA		72,2	13,5	77,5	9,7	0,0179*
		58,6	14,3	69,2	11,3	0,0077*
	TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA					
	TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL					
* TESTE T STUDENT SIGNIFICATIVO CONSIDERANDO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE 5%.						

FONTE: OS AUTORES (2019)

Com relação aos protocolos de exercícios fisioterápicos existem alguns estudos recentes que citam que o protocolo de exercício cinemático domiciliar minimamente supervisionado usado com RV ou laser pode ser recomendado para propósitos clínicos em pacientes com dor cervical crônica, para ajudar a melhorar a incapacidade e a cinemática cervical em curto e médio prazo²².

Exercícios de treinamento cinemático projetados para fornecer foco de atenção e entregue com ou sem um dispositivo de RV interativo, pareceu melhorar a incapacidade do pescoço, a cinemática do movimento cervical, o equilíbrio dinâmico, o efeito global percebido e as taxas de satisfação do paciente em pessoas com dor cervical crônica de leve à moderada.

Tabela 6. Erros dos Sistemas

Classificação do Erro	Tecnologia	1ª Avaliação (n=12)	2ª Avaliação (n=12)
Reconhecimento do Movimento Angular		10/12 – 83,3%	7/12 – 58,3%
		1/12 – 8,3 %	0/12 -0,0%
Total de Erros Médio por Usuário		6,68	5,72
		0,72	0,12
Desvio Padrão de Erros por Usuário		± 10,19	± 8,59
		± 6,88	± 5,76
	Tecnologia de Realidade Aumentada		
	Tecnologia de Realidade Virtual		

FONTE: OS AUTORES (2019)

Os usos de marcadores fiduciais no protótipo com RA promoveram uma rápida configuração (*warm-up*) e início da atividade de reabilitação, no entanto, devido ao fácil desprendimento das folhas de papel do corpo do usuário/paciente diversas vezes o sistema não aferiu corretamente a amplitude de movimento e o exercício se perdeu em efetividade.





Mesmo adicionando uma faixa com uma lâmina impressa com o marcador fiducial, facilitando ainda mais a preparação para o uso, percebe-se que a taxa de erros diminui, no entanto, ainda está elevada ao se comparar com o sistema de RA.

Sabendo que o rastreamento e registro correto dos marcadores é parte importante da tecnologia de RA, foi utilizado um ambiente de luz artificial controlada para que a iluminação tivesse o mínimo de interferência no processo.

E por fim, ao se expor os protocolos de exercícios na utilização dos jogos, exercícios focados em estimular o paciente com animações interativas, proporcionando algo novo, que otimize seu tratamento de forma lúdica e ao mesmo tempo séria, buscando trazer uma recuperação eficaz no tratamento³⁰.

Para a avaliação da experiência foi aplicado o questionário TAM, que avaliou a aceitação de uma aplicação no contexto de seu uso no cotidiano. Assim, o questionário foi dividido em nove subcategorias apresentadas na Tabela 7, sendo elas: a) Intenção de Uso: Demonstra o quão interessado o usuário está no sistema; b) Usabilidade Reparada: Demonstra o quão útil pode ser o sistema no cotidiano do usuário; c) Facilidade de Uso Percebida: Indica o quão fácil é de usar o sistema; d) Norma Subjetiva: Indica quanto o sistema é indicado e recomendado por outras pessoas; e) Voluntariedade: Indica se o usuário é obrigado a usar o sistema ou usa de forma voluntária; f) Imagem : Indica se o uso do sistema traz algum benefício de reconhecimento ou status pessoal; g) Relevância no Trabalho: Demonstra o quão relevante é o sistema no trabalho de reabilitação; h) Qualidade do Resultado: Indica quão bom o resultado é; i) Demonstração de Resultados: Indica como os resultados podem ser entendidos, apresentados para outros e se existe alguma dificuldade em explicar estes resultados para outras pessoas.

Tabela 7. Resultado da Avaliação TAME

Item do TAME		Desvio Padrão		Desvio Padrão
Intensão de Uso	6,75	±1,25	4,80	±0,75
Usabilidade Reparada	5,80	±1,00	5,75	±0,95
Facilidade de Uso Percebida	6,70	±0,95	3,75	±1,25
Norma Subjetiva	5,80	±1,05	3,60	±1,25
Voluntariedade	6,80	±0,80	6,80	±0,80
Imagem	6,75	±0,80	4,20	±0,85
Relevância no Trabalho	5,75	±0,75	3,75	±1,25
Qualidade do Resultado	5,80	±1,25	3,80	±1,65
Demonstração de Resultados	6,50	±0,80	3,20	±0,65
	Tecnologia de Realidade Aumentada			
	Tecnologia de Realidade Virtual			

FONTE: OS AUTORES (2019)

6. Conclusões

Com base nos objetivos do trabalho está sendo desenvolvido um protocolo de utilização das duas tecnologias implementadas em um jogo Serious Game,

informando a forma de se jogar, pois a posição de uma pessoa que está acometida pelo torcicolo, ou por doenças relacionadas ao pescoço e cabeça devem ter certos tratamentos específicos e orientados a progredir clinicamente no tratamento de forma adequada.

Para tomar das devidas conclusões reforçamos que a Hipótese H_0 (Nula) foi refutada, comprovada tanto pelas análises da Tabela 3 e da Tabela 5. Além disso a Hipótese H_1 foi confirmada pela evidenciação dos dados tanto na Tabela 5 quanto na Tabela 6. No entanto, nossa Hipótese secundária H_2 não foi comprovada, para tal reflexão foi tomada em base na Tabela 7, que foi crucial na análise do questionário TAME realizado com os usuários voluntários.

Outro ponto importante é com relação a dor causada pela distonia cervical, nos experimentos realizados não tivemos queixas com relação a utilização dos óculos de realidade virtual, pois este fator relacionado ao peso dos óculos de realidade virtual com o acometimento da distonia cervical era um ponto de preocupação, mas nada foi relatado durante a pesquisa.

É possível inferir que níveis mais altos de interatividade podem levar a níveis mais baixos de desconforto sentidos pelos participantes, além disso o potencial para usar a realidade virtual direcionada como uma ferramenta para uso doméstico como um alívio de desconforto é evidente.

Quando focamos em desenvolver tecnologias para reabilitação podemos encontrar autores que relatam que com a expansão de novas tecnologias para o rastreo de movimento, novos dispositivos vêm apresentando significativas maneiras de aplicação para reabilitação virtual por rastreamento óptico, radiofrequência, câmeras de infravermelho e outros, se tornando uma forte tendência para o uso destas tecnologias em clínicas e em casa.

Ao findar este observar-se que por ser um tipo de tratamento novo, diferente do convencional a aceitação é ótima por parte dos pacientes, talvez por ser um jogo em realidade virtual imersiva a estimulação por parte do paciente seja mais aguçada, e ele foque mais no tratamento.

Percebemos que os usuários do sistema de RV, por estarem completamente removido das outras formas de visualização se envolveram mais do que os que experimentaram o sistema de RA.

No entanto, quanto a exploração, os usuários sentiram-se mais livres para explorar o sistema de RA do que o sistema de RV.

Assim é de extrema importância oferecer um ambiente facilitador, que promova autonomia e diferentes possibilidades de descobertas nos ambientes.

Referências

1. Comella C, Bhatia K. An international survey of patients with cervical dystonia. *J Neurol*. 2015;262(4):837-848. doi:10.1007/s00415-014-7586-2
2. Castro FAA de, Simão MLH, Abbud CMM, Foschini RMSA, Bicas HEA. Posição viciosa de cabeça por astigmatismo mal corrigido: relato de caso. *Arq Bras Oftalmol*. 2005;68(5):687-691. doi:10.1590/S0004-27492005000500022
3. Pagnossim LZ, Schmidt AFS, Bustorff-Silva JM, Marba STM, Sbragia L. Torcicolo congênito: avaliação de dois tratamentos fisioterapêuticos. *Rev Paul Pediatr*. 2008;26(3):245-250. doi:10.1590/S0103-05822008000300008
4. Cano SJ, Hobart JC, Fitzpatrick R, Bhatia K, Thompson AJ, Warner TT. Patient-based outcomes of cervical dystonia: A review of rating scales. *Mov Disord*. 2004;19(9):1054-1059. doi:10.1002/mds.20055
5. Lin H, Li Y-I, Hu W, Huang C, Du Y-C. A Scoping Review of The Efficacy of Virtual Reality and Exergaming on Patients of Musculoskeletal System Disorder. *J Clin Med*. 2019;8(6):791. doi:10.3390/jcm8060791
6. Nunes FDLDS, Costa RMEM Da, Machado LDS, Moraes RM De. Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. *Rev Bras Eng Biomédica*. 2011;27(4):243-258. doi:10.4322/rbeb.2011.020
7. Damasceno, E. F., Cardoso, A., & Lamounier, E. A. (2015). Recomendação de exercícios fisioterápicos por sensores de movimento. *Journal of Health Informatics*, 7(2).
8. Abdel S, Abdel R, Shaheen AA. Virtual Reality Use in Motor Rehabilitation of Neurological Disorders : A Systematic Review. 2011;7(1):63-70.
9. Chiu TTW, Lo SK. Evaluation of cervical range of motion and isometric neck muscle strength: Reliability and validity. *Clin Rehabil*. 2002;16(8):851-858. doi:10.1191/0269215502cr550oa
10. Thomas CH, MacAdams D. Back pain rehabilitation. *Aust Fam Physician*. 2004;33(6):427-430. doi:10.5935/0104-7795.20120014
11. Tomczak KK, Rosman NP. Torticollis. *J Child Neurol*. 2013;28(3):365-378.

- doi:10.1177/0883073812469294
12. Damasceno EF, Cardoso A, Lamounier Jr. EA. Augmented Biophotogrammetry. In: *2011 XIII Symposium on Virtual Reality*. IEEE; 2011:48-55. doi:10.1109/SVR.2011.37
 13. Damasceno, E. F., Junior, E. A. L., & Cardos, A. (2012). Uma avaliação heurística sobre um Sistema de Captura de Movimentos em Realidade Aumentada. *Journal of Health Informatics*, 4(3).
 14. Wann JP, Rushton SK, Smyth M, Jones D. Virtual environments for the rehabilitation of disorders of attention and movement. *Stud Health Technol Inform*. 1997;44:157-164. doi:10.3233/978-1-60750-888-5-157
 15. Burdea G. Review Paper Virtual Rehabilitation- Benefits. *Yearb Med Inform*. 2003:170-176.
 16. Alamri A, Cha J, El Saddik A. AR-REHAB: An Augmented Reality Framework for Poststroke-Patient Rehabilitation. *IEEE Trans Instrum Meas*. 2010;59(10):2554-2563. doi:10.1109/TIM.2010.2057750
 17. De Assis GA, Brandao AF, Araki LY, Correa AGD. Electromyography and Augmented Reality for Motor Rehabilitation. *Proc - 19th Symp Virtual Augment Reality, SVR 2017*. 2017;2017-Novem(November):43-49. doi:10.1109/SVR.2017.14
 18. Sousa M, Vieira J, Medeiros D, Arsénio A, Jorge J. SleeveAR: Augmented reality for rehabilitation using realtime feedback. *Int Conf Intell User Interfaces, Proc IUI*. 2016;07-10-Marc:175-185. doi:10.1145/2856767.2856773
 19. Paulo J, Lima M, Silva A, et al. Arphysio : Usando Realidade Aumentada Para Análise Do Movimento Humano. 2006.
 20. Campagna Jpp, Brega JRF. Utilização da realidade aumentada no suporte à correção de movimentos em exercício físicos que envolvem joelho. In: *6ºWorkshop de Realidade Virtual e Aumentada*. São Paulo; 2009.
 21. Duarte JM, Vitti SR, Prado CS, Domenico EBL De, Pisa IT. Revisão de serious games na área de saúde. In: *XIII Congresso Brasileiro Em Informática Em Saúde-CBIS*. ; 2012.
 22. Sarig-Bahat H, Takasaki H, Chen X, Bet-Or Y, Treleaven J. Cervical kinematic training with and without interactive VR training for chronic neck pain - a randomized clinical trial. *Man Ther*. 2015;20(1):68-78. doi:10.1016/j.math.2014.06.008
 23. Rezaei I, Razeghi M, Ebrahimi S, Kayedi S, Rezaeian Zadeh A. A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame®) Compared to Conventional Proprioceptive

- Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *J Biomed Phys Eng*. 2018;(March 2016):355-366. doi:10.31661/jbpe.v0i0.556
24. Sarig-Bahat H, Weiss PL, Laufer Y. Cervical Motion Assessment Using Virtual Reality. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(10):1018-1024. doi:10.1097/BRS.0b013e31819b3254
 25. Damasceno, E. F., Cardoso, A., & Lamounier, E. A. (2013, March). An middleware for motion capture devices applied to virtual rehab. In 2013 IEEE Virtual Reality (VR) (pp. 171-172). IEEE.
 26. Harvie, D. S., Broecker, M., Smith, R. T., Meulders, A., Madden, V. J., & Moseley, G. L. (2015). Bogus visual feedback alters onset of movement-evoked pain in people with neck pain. *Psychological Science*, 26(4), 385-392.
 27. de Souza, R. F., Farias, D. L., da Rosa, R. C. L. F., & Damasceno, E. F. (2019, October). Analysis of low-cost virtual and augmented reality technology in case of motor rehabilitation. In 2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR) (pp. 161-164). IEEE.
 28. Sallem FAS. Tradução para o Português e validação da escala de avaliação de torcicolo espasmódico de Toronto (Toronto Western Spasmodic Torticollis Rating Scale). 2015.
 29. Silva PM, Dias GA, Sena Junior MR. a Importância Da Cultura Na Adoção Tecnológica, O Caso Do Technology Acceptance Model (TAM). *Enc Bibli R Eletr Bibl Ci Inf Florianóp*. 2008;26(2004).
 30. Brown A, Green T. Virtual Reality: Low-Cost Tools and Resources for the Classroom. *TechTrends*. 2016;60(5):517-519. doi:10.1007/s11528-016-0102-z