

O USO DE EXOESQUELETOS VESTÍVEIS NA ÁREA DA SAÚDE COM FINALIDADE DE REABILITAÇÃO E BEM-ESTAR DOS INDIVÍDUOS

Marcio José Silva¹, Lucas Franca Garcia², Leonardo Pestillo de Oliveira³

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde, Universidade Cesumar - UNICESUMAR- Docente do Departamento de Design e Moda da UEM. mjsilva2@uem.br

^{2,3} Docentes do Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde, UNICESUMAR. Pesquisadores e Bolsistas Produtividade em Pesquisa do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI). lucas.garcia@unicesumar.edu.br, leonardo.oliveira@unicesumar.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de investigar como os exoesqueletos vestíveis vem sendo utilizados na área da saúde e auxiliar nos processos de reabilitação e bem-estar dos indivíduos. Para isso utilizou-se de um estudo bibliográfico em artigos científicos de modo a analisar o que a literatura apresenta sobre o tema. Identificou-se que a ideia do uso de vestíveis na área da saúde vai ao encontro de seu uso para reabilitação de indivíduos que sofreram perda de movimentos e ou para redução dos movimentos e força de trabalho. Três projetos são apresentados, por serem desenvolvidos no Brasil, sendo um que trata sobre a reabilitação de membros inferiores, um que trata sobre a reabilitação de membros superiores e um que trata com a segurança no trabalho. Os resultados mostram que os exoesqueletos vestíveis são uma opção e apresentam-se como inovadores na área da saúde, tanto como prevenção quanto como promoção. Sugere-se que demais estudos avaliem os benefícios práticos desses equipamentos com vistas aos benefícios aqui apresentados.

PALAVRAS-CHAVE: Dispositivos Eletrônicos Vestíveis; Reabilitação; Saúde.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia vestível (*wearable technology*) vem sendo utilizada por diferentes áreas a fim de proporcionar ao usuário soluções por meio da tecnologia em instrumentos que estejam diretamente ligados ao corpo. Dispositivos não humanos e inteligentes, que proporcionam a comunicação, armazenamento de dados e análise de dados do indivíduo, tornam-se cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas (MARINI, 2017). Estima-se que nas últimas décadas - principalmente a partir de 1980 - os dispositivos vestíveis se desenvolveram e proporcionaram grandes avanços por meio de diferentes formas e produtos, como os monitores de saúde, sensores de leitura e visão, dispositivos que proponham a realidade aumentada entre outros (CAI, et al., 2019).

A ideia de um vestível parte do princípio do uso de um computador, mas diferente do que se conhece por esse instrumento, como um *laptop*, esses produtos serão usados diretamente no corpo e estarão sempre disponíveis para uso (MANN, 1998). Tem-se então a ideia de um produto programável e direcionado a particularidades dos usuários, ou de um grupo de usuários. Esses produtos podem ser desenvolvidos na forma de roupas, pulseiras, óculos ou demais acessórios que possam ser transportados pelo seu usuário (MANN, 1998; CAI, et al., 2019). Esses produtos tendem a ganhar maior visibilidade e impulsionados pela necessidade de conexão, monitoramento e comunicação em tempo real, estima-se que em 2026 o mercado dos vestíveis chegue a movimentar 160 bilhões de dólares (JAYATHILAKA, et al., 2019).

Muitos dos produtos vestíveis vistos no mercado não terão a função de um computador, por isso se torna difícil classificar o que é realmente um produto com tecnologia vestível (LELE, 2015). Apesar disso, algumas áreas vêm desenvolvendo e apresentando produtos que compreendem os princípios de conexão, monitoramento e comunicação. Dentre as áreas que atuam no desenvolvimento desses produtos pode-se destacar a do entretenimento, militar e saúde/esporte. Geralmente para o desenvolvimento desse tipo de produto leva-se em consideração as necessidades de um determinado grupo ou indivíduo, a potencialidade de melhoria e como a tecnologia será ali aplicada (LELE, 2015; JAYATHILAKA, et al., 2019).

De acordo com Cai et al. (2019) os vestíveis, enquanto monitores de saúde, contribuem para que a condição de um indivíduo seja rapidamente analisada, sendo que esse tipo de produto pode informar sobre condições primárias de que algo não está bem. Nesse sentido alguns vestíveis já disponíveis e ou em desenvolvimento, para a área da saúde, vão ao encontro de análises a prever o risco ao diabetes, saúde do coração, qualidade do sono, saúde da pele, detecção de alguns tipos de câncer em estágio inicial (ANICETO, 2019). Segundo o autor, o diagnóstico precoce pode melhorar a qualidade de vida, prolonga a vida e indica o melhor tratamento para alguma doença. Já existe no mercado alguns produtos que possuem funções específicas, como controle do índice de glicose no sangue.

Ainda na área da saúde observa-se que esses produtos são direcionados a indivíduos que possuem necessidades como: perda total ou parcial de movimentos; perda parcial ou total da visão; perda total ou parcial da audição; monitoramento dos batimentos cardíacos, entre outros. Para Aniceto (2019), os vestíveis se classificam em cinco categorias: monitoramento de saúde e bem-estar; supervisão e segurança; reabilitação domiciliar; avaliação da eficácia e; detecção precoce. Sendo esses produtos o futuro em cuidados com a saúde, já que contemplam em um único produto a possibilidade de análise de um ou mais problemas.

Para Lele (2015) pela perspectiva da saúde esses dispositivos possuem melhor aceitação, devido ao fato que mostram os objetivos e benefícios mais claros para os usuários, mas concorda que a área militar vem investindo fortemente no desenvolvimento desses produtos – sendo que algumas tecnologias desenvolvidas por eles podem ser aplicadas como benefícios a outros usuários. Desse modo, observando a disponibilidade de produtos vestíveis, o exoesqueleto - vestível com características motoras, que funciona como um esqueleto externo - se mostra como um dispositivo com potencial de reabilitação, redução do esforço e até mesmo proteção. Nos últimos anos os exoesqueletos foram se desenvolvendo de forma a se tornarem mais leves, inteligentes e acessíveis (WU et al., 2018).

Diante do exposto, esta pesquisa busca atender ao objetivo de investigar como os exoesqueletos vestíveis vem sendo utilizados na área da saúde e auxiliar nos processos de reabilitação e bem-estar dos indivíduos. Para isso apresenta-se os materiais e métodos utilizados e na sequência os resultados encontrados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender ao objetivo deste trabalho, utilizou-se um estudo bibliográfico a partir do uso de artigos científicos consultados na Plataforma de Busca Científica Periódicos Capes. Trata-se de um estudo exploratório de análise qualitativa que priorizou os estudos e trabalhos realizados no Brasil. Os descritores de busca utilizados foram: i) tecnologia vestível + saúde e; ii) exoesqueleto + vestível + saúde.

O delineamento da pesquisa foi feito da seguinte forma: i) identificação do problema de pesquisa; ii) levantamento e leitura dos materiais; iii) análise dos materiais e demais aprofundamentos sobre o tema; iv) interpretação e apresentação dos resultados; v) conclusão.

Após identificar os estudos que tratam sobre o tema, priorizou-se os que tratam sobre resultados de projetos já em execução. Dois deles são desenvolvidos por Universidades, desse modo o site de tais projetos foi consultado para melhor compreensão de seus trabalhos e possíveis aplicações e limitações. O terceiro projeto apresentado está ligado a saúde do trabalhador, é desenvolvido por uma empresa privada do ramo automobilístico. As referências que resultam essa apresentação são: Kaiser e Bing (2020); Fontes (2020) e Nascimento et al. (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Identificou-se que exoesqueletos são estruturas vestíveis, ergonômicas que possuem a função de auxiliar o indivíduo em determinada atividade. Essas atividades podem ser relacionadas tanto à perda de movimentos em decorrência de acidentes, doenças e até mesmo para auxiliar como equipamento de proteção ao trabalho (KAISER; BING, 2020). Nesses casos o exoesqueleto avalia o movimento feito pelo indivíduo - por meio de análise, cálculos, uso de algoritmos - e contribui para a reabilitação ou redução da fadiga causada pelo trabalho (FONTES, 2020).

Segundo Kaiser e Bing (2020), a evolução tecnológica apoiou o desenvolvimento de produtos de alta tecnologia que podem ser utilizados em diferentes ambientes. A integração entre inteligência artificial, equipamentos e o ser humano possibilita uma infinidade de opções para atuar na melhoria e qualidade de vida. Nesse sentido observa-se que a evolução tecnológica se aprofundou tanto que pode até mesmo substituir um trabalhador por uma máquina. Isso não se deve ao fato de que o homem não é mais necessário no desenvolvimento de certos tipos de trabalho, mas que essa evolução tecnológica possibilita a melhoria e até mesmo correção de certos tipos de atividades que são desenvolvidas pelo homem. Desse modo, observa-se que a tecnologia por meio dos exoesqueletos, por exemplo, pode contribuir para melhoria da qualidade de vida, do trabalho e na reabilitação daqueles que tiveram algum tipo de perda de movimento.

Nesse sentido salienta-se que as principais causas que levam um indivíduo a perder os movimentos são as lesões medulares e o acidente vascular cerebral (AVC). Desse modo o tratamento por meio de sistemas de reeducação de movimentos - neste caso utilizando exoesqueletos robotizados - contribuem para a correção, repetição, cadência e segurança na realização dos movimentos no período de reabilitação. Isso contribui para que o indivíduo aprenda novamente a como realizar determinados movimentos, de forma precisa melhorando suas habilidades motoras (GIL-AGUDO, et al., 2020).

Considerando que os exoesqueletos podem ser utilizados para atender a diferentes necessidades de movimento, seja de membros superiores ou inferiores, destaca-se então dois projetos de pesquisa realizados no Brasil: um que busca atender as especificidades dos membros superiores e um que busca atender a especificidades de membros inferiores.

O primeiro estudo apresenta uma projeção, virtual até então - fase projetual - de um exoesqueleto para membros superiores, desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Passo Fundo (UPF), do Rio Grande do Sul, conforme trata Kaiser e Bing (2020), e o outro trata de um exoesqueleto, já em implantação, que auxilia na recuperação de movimentos de membros inferiores desenvolvido por pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP, (FONTES, 2020).

Analisa-se ainda um projeto implantado pela montadora de automóveis Fiat, sobre o uso de exoesqueletos que auxiliam na ergonomia dos funcionários, objetivando reduzir o esforço e o peso dado sobre o tronco, braços e pernas. O projeto da montadora objetiva que os exoesqueletos auxiliem na produtividade e na redução de lesões, ocasionadas por repetição de movimentos e uso da força, entre os funcionários.

A projeção dos pesquisadores da UPF-RS tem o objetivo de:

“desenvolver um exoesqueleto de membros superiores, projetado em ambiente virtual que copie e valide os movimentos do braço humano e que suporta cargas maiores que um humano possa aguentar, por tempo ininterrupto de maneira contínua sem que haja esforço físico por parte do usuário” (KAISER, BING, 2020, p. 10338, 10339).

Essa projeção é resultado das pesquisas desenvolvidas pelo grupo de estudos do Laboratório de Simulação e Otimização da Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEAR),

da UPF. A pesquisa nesse laboratório busca encontrar soluções para exoesqueletos que atendam tanto a área médica quanto a industrial. Pela perspectiva da área médica estaria alinhado a ideia de reabilitação e pela perspectiva industrial estaria ligado ao uso por trabalhadores que necessitam empregar o uso da sua força em seu trabalho (LABORATÓRIO, s/d). Geralmente o esforço repetitivo ou o emprego da força no ambiente de trabalho pode acarretar lesões ou acidentes, que podem vir a privar a mobilidade.

Em consulta aos resultados apresentados por Kaiser e Bing (2020) e no site do Projeto de Pesquisa da UBS, percebe-se que ainda não houve a prototipagem de tal instrumento, mas estudos traçam um perfil de exoesqueleto que atenda aos objetivos da pesquisa. Há informações no site do projeto que prevê o desenvolvimento e simulação tanto para reabilitação do ser humano quanto da análise do movimento - no sentido de previsão e redução do esforço. O projeto pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Projeto de exoesqueleto para membros superiores desenvolvido por pesquisadores da UPF.

Fonte: Kaiser e Bing (2021).

Já o projeto desenvolvido pela EESC da USP, desenvolveu um exoesqueleto com o objetivo de atender a indivíduos que sofreram lesões nos membros inferiores, ocasionadas principalmente pelo AVC. Por meio de algoritmos, o equipamento auxilia na análise, estimulação e correção do movimento realizado pelo usuário. O equipamento é composto por “cinto pélvico para fixação ao tronco do paciente, juntas posicionadas nas principais articulações das pernas, sensores de força que monitoram a interação entre o robô e o paciente, pequenos motores para impulsionar os movimentos do equipamento” (FONTES, 2020, s/p). O equipamento em questão é apresentado na Figura 2.

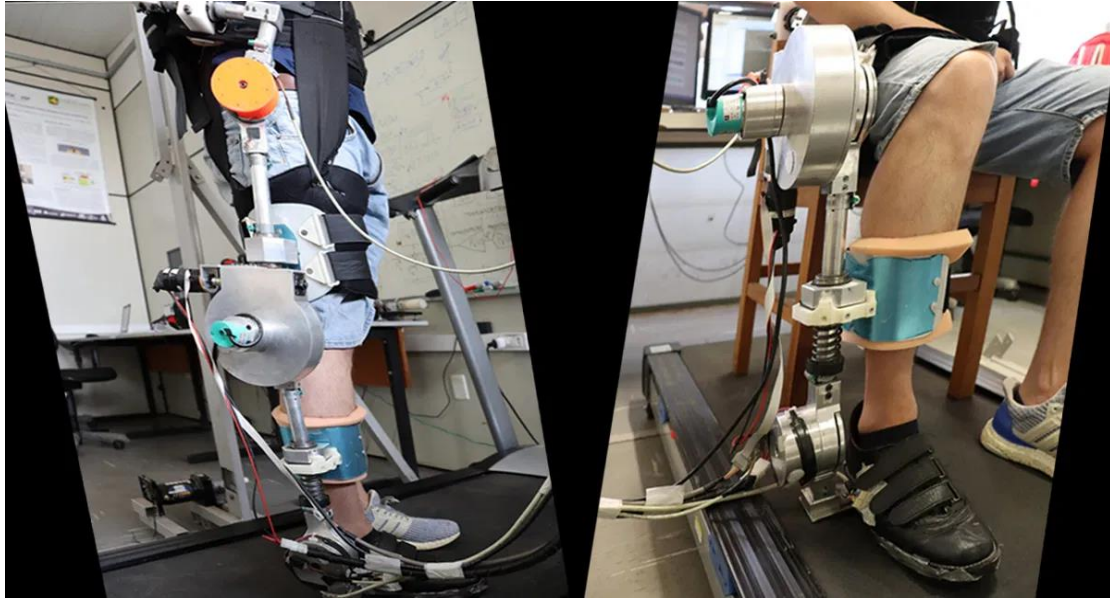


Figura 2: Exoesqueleto desenvolvido por pesquisadores da EESC da USP.
Fonte: Fontes (2020).

Destaca-se que esse exoesqueleto ainda é composto por um sapato especial e fitas de fixação, pesa em torno de 11 quilos e é resultado de um projeto de uma pesquisa de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da EESC (FONTES, 2020). Observou-se que o equipamento tem potencial de ser uma alternativa para o tratamento de indivíduos com perda de movimento parcial ou total de membros inferiores e pode ter, dentre outros benefícios, o custo reduzido em relação a outros já disponíveis no mercado. Não se encontrou resultados publicados em artigos científicos sobre os resultados do equipamento, o que pode ser justificado pelo fato de a pesquisa ainda estar em desenvolvimento.

Na questão de atividades que não são ergonomicamente corretas, o exoesqueleto pode auxiliar na redução de esforço realizado pelos funcionários, neste caso funcionando como um equipamento de proteção em relação ao trabalho. A montadora de automóveis Fiat com sua filial brasileira, na cidade de Betim - MG, já utiliza exoesqueletos para que os funcionários realizem determinadas atividades, conforme pode ser observado nas Figuras 3 e 4. A finalidade deste equipamento é melhorar a ergonomia, a produtividade, reduzir o esforço físico e conseqüentemente o risco de lesões.

A empresa já utiliza esses equipamentos em outras unidades fora do Brasil (NASCIMENTO, et al., 2021). O equipamento apresentado na Figura 3, trava em diferentes alturas contribuindo para que o operador não projete o peso ou faça movimento inadequado sobre sua coluna.



Figura 3: Uso de exoesqueleto na fábrica da Fiat em Betim-MG.
Fonte: Castanho (2018).



Figura 4: Uso de exoesqueleto na fábrica da Fiat em Betim-MG.
Fonte: Castanho (2018).

O equipamento apresentado na Figura 4 trata de um limitador de movimento. Isso contribuiu para que movimentos errados não aconteçam quando o operador precisa entrar no carro ou até mesmo se abaixar para ter acesso a alguma parte do veículo (CASTANHO, 2018). Em determinadas atividades um indivíduo pode ter que se abaixar em torno de 550 vezes num único turno de trabalho, logo os equipamentos que auxiliam nessa atividade proporcionam melhorias significativas na redução do esforço físico. Sem falar na relação entre o bem-estar desse indivíduo.

Nesse mesmo sentido, segundo Nascimento et al. (2021), a montadora de automóveis americana Ford também utiliza esses equipamentos e registrou uma queda de 70% no número de acidentes - com o investimento em pesquisas que visem melhorar a qualidade do trabalho e o uso de exoesqueletos. É importante salientar que o exoesqueleto não necessariamente aumenta a força de um operário, o seu papel está ligado à redução

da fadiga e contribuir para que esse operário não utilize o seu corpo para contemplar atividades que necessitem de sua força física.

Sendo assim observa-se que os exoesqueletos vestíveis atendem, ou podem atender, a diversos quesitos relacionados à saúde e bem-estar dos indivíduos, seja como prevenção ou auxílio na recuperação de movimentos em decorrência de acidentes e ou doenças.

4 CONCLUSÃO

A partir do objetivo de investigar como os exoesqueletos vestíveis vêm sendo utilizados na área da saúde e auxiliar nos processos de reabilitação e bem-estar dos indivíduos, observa-se que os produtos contemplados pela tecnologia vestível são uma grande aposta tanto para a assistência à saúde quanto para as grandes organizações, tendo em vista os avanços em pesquisas, que poderão beneficiar diferentes indivíduos no processo de prevenção, identificação e tratamento de doenças.

Entre os benefícios, desses produtos, pode-se citar o auxílio aos profissionais de saúde com o diagnóstico precoce, já que monitora em tempo real sintomas do paciente, entregando respostas mais ágeis e, aos próprios pacientes com a assistência personalizada, já que podem receber acesso a informações de seu diagnóstico participando assim na melhora de sua qualidade de vida e conseqüentemente de sua saúde.

No caso específico dos exoesqueletos vestíveis, observa-se que os mesmos vêm sendo utilizados tanto para a reabilitação quanto para a prevenção a lesões e riscos à saúde. No quesito reabilitação observa-se que eles estão ligados aos indivíduos que sofreram perda de movimento em decorrência de acidentes e ou AVC. Já na questão da prevenção, está sendo utilizado para prevenir, reduzir e auxiliar os trabalhadores de determinados setores a realizarem movimentos sem o uso de sua força, reduzindo os impactos e lesões sobre o corpo.

Importante salientar que no Brasil este tipo de pesquisa – sobre a aplicação dos exoesqueletos – vem sendo desenvolvida em Universidades como projetos de pesquisa e têm potencial para solucionar problemas de acessibilidade a esse tipo de produto. Certamente para aqueles indivíduos que possuem alguma limitação de movimento, seja parcial ou total e indiferente da sua ocorrência – acidente ou AVC – melhores e mais inovadores processos de reabilitação, proporcionados por esses equipamentos – podem contribuir também para uma melhor qualidade de vida.

A partir desta análise recomenda-se estudos que avaliem a eficácia do uso desses equipamentos nas vertentes aqui abordadas, discutindo mais a fundo os benefícios e vantagens do uso desses exoesqueletos também no que se refere a promover a saúde dos indivíduos.

REFERÊNCIAS

ANICETO, C. **Como os wearables estão mudando o setor da saúde**. Usemobile. Disponível em <https://usemobile.com.br/wearables-setor-da-saude/>. Acesso em 15/0/2021.

CAI, S. et al. **Materials and Designs for Wearable Photodetectors**. Wiley Online Library, [s/l], v. 31, n. 18, p. 1-15, 2019.

CASTANHO, C. **Conheça os exoesqueletos usados nas linhas de montagem**. Revista Quatro Rodas. Disponível em <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/conheca-os-exoesqueletos-usados-nas-linhas-de-montagem/>. Acesso em 15/05/2021.

FONTES, H. **USP cria exoesqueleto robótico para reabilitar pessoas que sofreram AVC**. *Jornal da USP*, 2020. Disponível em <https://jornal.usp.br/ciencias/usp-cria-exoesqueleto-robotico-para-reabilitar-pessoas-que-sofreram-avc/>. Acesso em 04/05/2021.

GIL-AGUDO, A. et al. Terapia robótica con el exoesqueleto H2 en la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesión medular incompleta. Una experiencia clínica. **Rehabilitación**, [s/l], v. 54, n. 2, p. 87-95, 2020.

HOME. **Laboratório de Simulação e Otimização**. Grupo de Pesquisa Biomecânica. Universidade de Passo Fundo. Disponível em <https://www.upf.br/iso/home>. Acesso em 04/05/2021.

JAYATHILAKA, et al. Significance of Nanomaterials in Wearables: A Review on Wearable Actuators and Sensors. **Wiley Online Library** [s/l], v. 31, n. 7, p. 1-21, 2018.

KAISER, I. A. BING, W. X. Projeto de membros superiores de um exoesqueleto industrial. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10337-10347, mar. 2020.

LELE, A. Wearable Military Technologies. **International Strategic and Security Studies Programme**, Bangalore, s/v., n. 30, oct. 2015.

MANN, S. **Definition of "Wearable Computer"**. 1998 International Conference on Wearable Computing. Disponível em <http://wearcomp.org/wearcompdef.html>. Acesso em 04/05/2021.

MARINI, P. S. S. K. As tecnologias vestíveis de moda e a relação entre humano e não humano. **Moda Palavra E-Periódico**, v. 10, n. 19, p. 117-139, 2017.

NASCIMENTO, D. et al. Uniformes Modernos (Armaduras e Exoesqueleto). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 36935-36950, abr. 2021.

WU, Q. et al. Design and Fuzzy Sliding Mode Admittance Control of a Soft Wearable Exoskeleton for Elbow Rehabilitation. **IEEE Access**, [s/l], v. 6, p. 60249-60263, 2018.