

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O USO DE EXOESQUELETO DE MEMBRO INFERIOR PARA REABILITAÇÃO DA MARCHA HUMANA

Matheus Prado Cardoso, Amanda Marcos da Franca, Rafael Milanezi de Andrade.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Mecânica, Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras – 29075-910 – Vitória-ES, Brasil, matheus.cardoso.61@edu.ufes.br, amanda.m.franca@edu.ufes.br, rafael.andrade@ufes.br

Resumo

O presente trabalho realizou uma análise bibliométrica sobre a evolução das pesquisas relacionadas ao uso de exoesqueletos de membros inferiores para reabilitação da marcha humana, abrangendo o período de 2010 a 2024. Através da utilização da plataforma Web of Science, a pesquisa aborda a produção anual de artigos, os principais autores, países com a maior produção científica e publicações por área de assunto. Os resultados indicam um crescimento significativo no número de publicações, principalmente pelo aumento do interesse acadêmico em apresentar soluções inovadoras na área. A China e os Estados Unidos são os países com maior produção científica, enquanto o Brasil apresenta uma participação emergente. As áreas de Engenharia, Robótica, Ciência da Computação e Neurociência, predominam a presença expressiva de estudos, mostrando como é importante a interdisciplinaridade entre os grupos. Conclui-se que a pesquisa nesse campo está em expansão com perspectivas promissoras para o desenvolvimento de tecnologias assistivas que melhorem a qualidade de vida de paciente com deficiências motoras.

Palavras-chave: Exoesqueleto, Reabilitação, Marcha.

Área do Conhecimento: Engenharias – Engenharia Mecânica

Introdução

A reabilitação robótica surge como uma opção que contribui para o tratamento fisioterápico de pacientes que possuam alguma dificuldade na marcha. A marcha saudável é influenciada pelo estado de saúde do indivíduo, seu controle neuromuscular, condição cardiorespiratória, nível de atividade física, funções sensorial e perceptual, bem como pelas características do ambiente em que caminha (FRITZ; LUSARDI, 2009). Os estudos na área tem como propósito a melhoria dos movimentos do indivíduo utilizando conceitos da mecânica dos movimentos, da modelagem de sistemas dinâmicos e o uso de novas tecnologias, criando uma interdisciplinaridade de áreas, envolvendo conceitos das ciências exatas e biológicas.

O principal foco da reabilitação robótica é a recuperação da capacidade de locomoção, pois permite ao usuário uma melhoria na sua independência e qualidade de vida. Os exoesqueletos de membros inferiores para treino da marcha podem ser divididos em dois grupos principais: exoesqueletos baseados em esteira e exoesqueleto para treino de marcha sobre o solo (DÍAZ; GIL; SÁNCHEZ, 2011). Os exoesqueletos de treino de marcha sobre o solo apresentam a vantagem de facilitar a obtenção de padrões fisiológicos de marcha enquanto desafiam o equilíbrio do indivíduo (BORTOLE et al., 2015), melhorando os benefícios da reabilitação.

Nos últimos anos, muitas pesquisas têm buscado desenvolver exoesqueletos de membros inferiores para auxiliar as intervenções tradicionais de reabilitação (HUO et al., 2014). Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar na plataforma *Web of Science* trabalhos entre os anos de 2014 a 2024 sobre a utilização de exoesqueleto de membro inferior para reabilitação da marcha humana.

Metodologia

Para a elaboração deste estudo, realizou-se uma pesquisa bibliométrica na base de dados eletrônica *Web of Science* sobre o uso de exoesqueleto de membro inferior para reabilitação da marcha humana. A pesquisa foi conduzida com palavras-chave como: “exoesqueleto de membro inferior”, “reabilitação” e “Marcha humana”. Os operadores de pesquisa e símbolos de truncamento foram

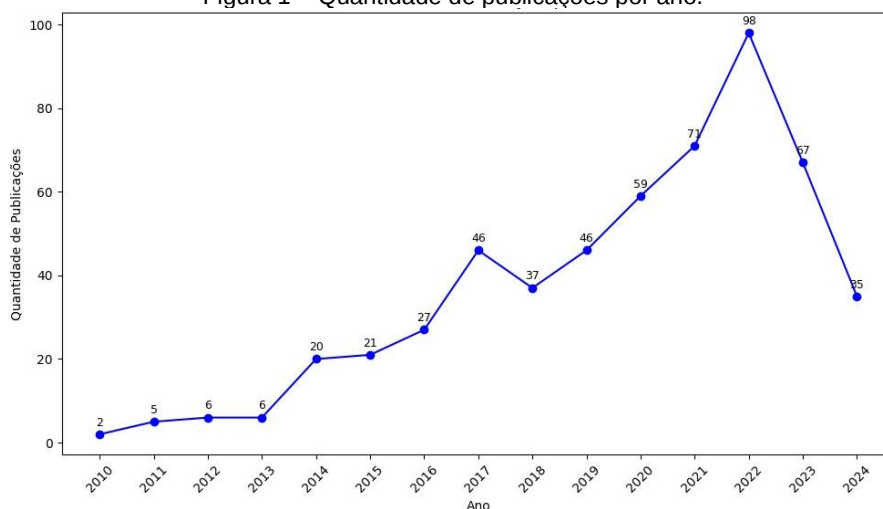
escritos da seguinte maneira: “*lower limb exoskeleton*”AND(“*rehabilitation*”OR“*human gait*”). A pesquisa abrangeu o período de 2010 a 2024, o ano foi o único tipo de filtro de refinamento utilizado.

Foi realizada uma análise da trajetória de evolução da quantidade anual das publicações no mundo, verificando os principais autores, distribuição geográfica, documentos por área de assunto. Os resultados foram analisados e apresentados graficamente.

Resultados

Com o uso das palavras-chave e símbolos de truncamento, obteve-se como resultando um total de 546 documentos entre o período de 2010 a 2024, incluindo Artigo(314), Artigo de Conferência(201), Artigo de Revisão(33), Acesso Antecipado(4), Resumo da Reunião(1) e Retratação da publicação(1). A Figura 1 apresenta a evolução da quantidade de publicações ao longo dos anos. O ano de 2014 se destaca, pois, comparado com o período de 2010 a 2013, a quantidade de publicações foi maior que a soma deste intervalo. Em 2018 houve uma leve diminuição, com 37 trabalhos publicados, porém nos anos seguintes o crescimento continuou, e atingiu seu ponto máximo em 2022, com um total de 98 publicações. Apesar da diminuição da quantidade de publicações em 2023 com 67 artigos, deve-se destacar que a quantidade de publicações permanece significativa. Até o mês de agosto de 2024 já haviam 35 trabalhos publicados.

Figura 1 – Quantidade de publicações por ano.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados Web of Science (2024).

A Tabela 1 apresenta a lista dos dez principais autores sobre o tema da pesquisa. Os autores com a maior quantidade de publicações são Wang, C e Wu, Xinyu com 17 publicações cada, em seguida está Chen, Wei. com 15 artigos publicados. Ambos os autores desempenhando um importante papel sobre o tema estudado.

Tabela 1- Principais autores

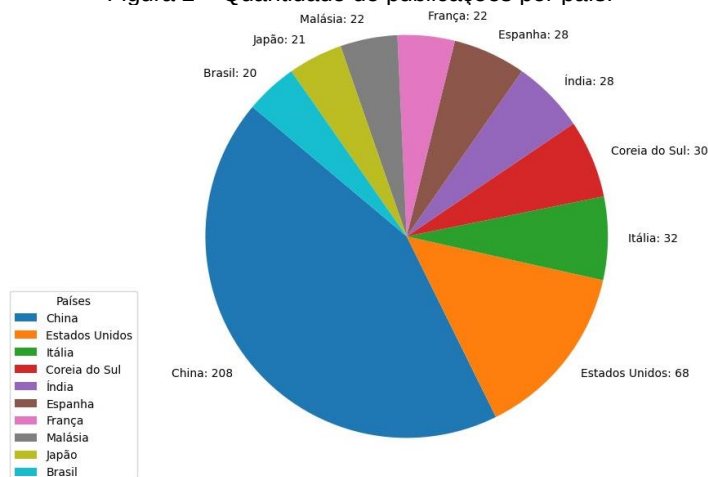
Autores	Artigos	% de 546
Wang, Can	17	3.114
Wu, Xinyu	17	3.114
Chen, Wei	15	2.747
Azorín, Jose	12	2.198
Iáñez, Eduardo	12	2.198
Goldfarb, Michael	11	2.015
Huang, Rui	11	2.015
Pons, Jose	11	2.105

Wang, Jianhua	11	2.105
Cheng, Hong	10	1.832

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados Web of Science (2024).

A Figura 2 apresenta os 10 países com maior produção científica sobre o tema abordado. As nações que mais contribuíram para a pesquisa são China (208), Estados Unidos (68), Itália (32), Coreia do Sul (30), Índia (28), Espanha (28), França (22), Malásia (22), Japão (21), Brasil (20). Mesmo a China liderando as publicações, percebe-se uma distribuição do conhecimento entre os países.

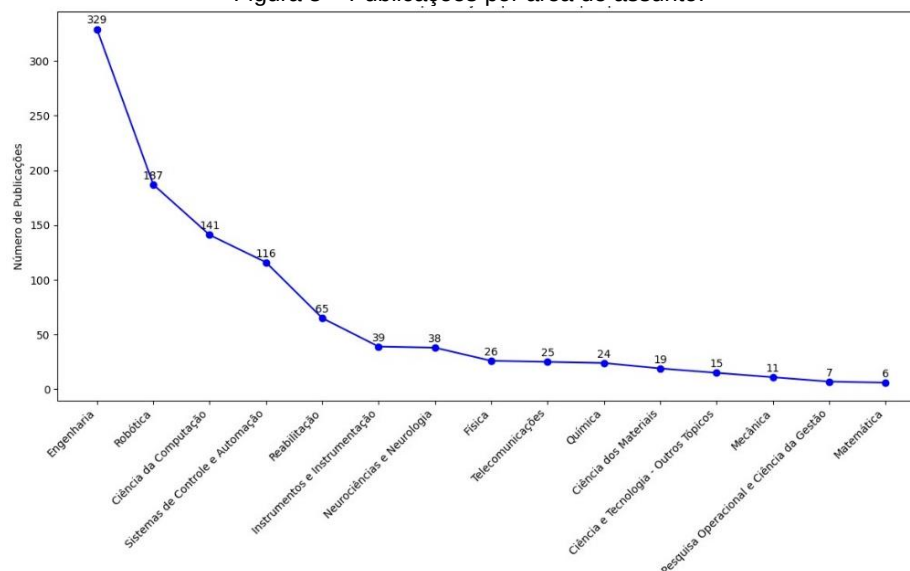
Figura 2 – Quantidade de publicações por país.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados Web of Science (2024).

O tema da pesquisa pode ser aplicado em diversas áreas de estudo, como dito anteriormente, é um assunto que exige a interdisciplinaridade entre muitas disciplinas. A Figura 3 apresenta a diversidade de aplicações que o tema do trabalho pode ser enquadrado. Nota-se 4 grandes áreas em que os trabalhos se enquadram, Engenharia, Robótica, Ciência da Computação e Sistemas de Controle e Automação. Vale ressaltar que outros tópicos também são importantes, como Neurociência, Instrumentação e Reabilitação.

Figura 3 – Publicações por área de assunto.



Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados Web of Science (2024).

Discussão

Através da análise bibliométrica considerando o período de 2010 a 2024, foi possível verificar como a produção científica relacionada a pesquisa de desenvolvimento de exoesqueleto de membro inferior com o intuito de auxiliar na reabilitação da marcha humana aumentou significativamente. Por ser um tema que está aliado a tecnologia, que a cada ano desenvolve-se cada vez mais, é justificável que o aumento do número de publicações esteja relacionado ao surgimento de soluções inovadoras na área da biomecânica.

Vale ressaltar que os estudos em cima do desenvolvimento de exoesqueletos estão acontecendo ao longo do tempo, e que no início não eram pensados como dispositivos de assistência. A primeira patente para um exoesqueleto, foi registrada por um inventor russo chamado Nicholas Yagn, aprovada em janeiro de 1890, com o intuito de facilitar a caminhada de soldados do exército russo (MAK; ACCOTO, 2021). Atualmente existem modelos de exoesqueletos de membros inferiores, como ReWalk, HAL, Ekso, Indego e outros, projetos que representam os avanços tecnológicos e o resultado de anos de estudo. Com o desenvolvimento de tecnologias, o investimento em pesquisa, o aumento do interesse dos cientistas e das indústrias da área da saúde, entende-se o contínuo crescimento na quantidade de pesquisas a partir de 2014, chegando em seu ápice em 2022 com 98 artigos publicados, sendo que muitos desses trabalhos apresentam ideias para à recuperação da mobilidade em paciente com deficiências motoras.

Em relação aos principais autores destaca-se Wang, C. e Wu, Xinyu., pesquisadores chineses que contribuem para a evolução do conhecimento de exoesqueletos de membros inferiores, sendo fonte de referências para outros trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área. Nesse sentido, a China lidera o ranking em relação a produção científica, acompanhada por Estados Unidos e Itália. O Brasil participa de forma iniciante nesse grupo de estudos, contando com 20 publicações, mas com ótima perspectiva de crescimento, sendo que no ano de 2022 houveram 5 publicações.

A análise das áreas de aplicação dos estudos mostra a Engenharia, Robótica e Ciência da Computação, como os grupos de maior aplicação, o que é esperado, pelo fato da característica interdisciplinar e tecnológico dos temas. No entanto, a presença significativa de trabalhos nas áreas de neurociência e reabilitação aponta para a relevância clínica dos exoesqueletos, ressaltando a necessidade de uma abordagem integrada que envolva tanto a pesquisa tecnológica quanto a aplicação prática em ambiente de reabilitação.

Com os resultados obtidos pela análise bibliométrica, percebe-se que a área de pesquisa relacionada ao desenvolvimento de exoesqueletos de membros inferiores para reabilitação da marcha humana está em crescimento, com uma boa perspectiva para o futuro bem próximo.

Conclusão

O presente trabalho através de um estudo bibliométrico apresentou o avanço dos artigos científicos que abordam sobre exoesqueletos de membros inferiores relacionados à reabilitação da marcha humana. O crescimento do número de publicações pode ser explicado por alguns fatores como, o progresso da tecnologia e o interesse do meio acadêmico sobre o tema. A liderança de países como China e Estados Unidos na produção científica, e com a participação de outros países, sugere-se que será maior a colaboração entre as nações para pensar em tecnologias assistivas. Além disso, a integração das áreas de Engenharia, Robótica, Ciência da Computação, Neurociência e Reabilitação destaca a importância de uma abordagem multidisciplinar para o desenvolvimento eficaz dessas tecnologias. Desse modo, a expectativa é que novos artigos possam continuar a serem desenvolvidos, com o intuito de melhorar a qualidade de vida de paciente com deficiências motoras, consolidando os exoesqueletos como uma ferramenta essencial na reabilitação.

Referências

BORTOLE, Magdo et al. The H2 robotic exoskeleton for gait rehabilitation after stroke: early findings from a clinical study. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 12, p. 1-14, 2015.

DÍAZ, Iñaki; GIL, Jorge Juan; SÁNCHEZ, Emilio. Lower-limb robotic rehabilitation: Literature review and challenges. **Journal of Robotics**, v. 2011, n. 1, p. 759764, 2011.

FRITZ, Stacy; LUSARDI, Michelle. White paper: 'walking speed: the sixth vital sign'. **Journal of geriatric physical therapy**, v. 32, n. 2, p. 2-5, 2009.

HUO, Weiguang et al. Lower limb wearable robots for assistance and rehabilitation: A state of the art. **IEEE systems Journal**, v. 10, n. 3, p. 1068-1081, 2014.

MAK, Siu Kei David; ACCOTO, Dino. Review of current spinal robotic orthoses. In: **Healthcare**. MDPI, 2021. p. 70.