

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA
ESCOLA DE NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

HERMÍNIO CALVINHO BISNETO
JOÃO PAULO DA SILVA CASTRO
RANNERY CARLOS MOTA VIEIRA
RERYSON AUGUSTO FARINHA

**UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO
DE PRÓTESES E ÓRTESES: ANÁLISE DOS AVANÇOS E DESAFIOS**

BELÉM
2023

HERMÍNIO CALVINHO BISNETO
JOÃO PAULO DA SILVA CASTRO
RANNERY CARLOS MOTA VIEIRA
RERYSON AUGUSTO FARINHA

**UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO
DE PRÓTESES E ÓRTESES: ANÁLISE DOS AVANÇOS E DESAFIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação na modalidade ARTIGO.

Orientador(a): Prof(a). Polyana Santos
Fonseca Nascimento

BELÉM

2023

HERMÍNIO CALVINHO BISNETO
JOÃO PAULO DA SILVA CASTRO
RANNERY CARLOS MOTA VIEIRA
RERYSON AUGUSTO FARINHA

UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES E ÓRTESES: ANÁLISE DOS AVANÇOS E DESAFIOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação na modalidade ARTIGO.

Data da aprovação: / /

Nota final aluno(a) I: _____

Nota final aluno(a) II: _____

Nota final aluno(a) III: _____

Nota final aluno(a) IV: _____

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 POLYANA SANTOS FONSECA NASCIMENTO
Data: 15/12/2023 13:50:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Polyana Santos Fonseca Nascimento
Orientador(a) e Presidente da banca

Documento assinado digitalmente
 ISAAC SOUZA ELGRABLY
Data: 15/12/2023 13:56:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Isaac Souza Elgrably
Examinador(a) interno(a)

Documento assinado digitalmente
 VITOR HUGO FREITAS GOMES
Data: 15/12/2023 14:06:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Vitor Hugo Freitas Gomes
Examinador(a) interno(a)

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CESUPA, Belém – PA

Calvinho Bisneto, Hermínio.

Utilização da inteligência artificial para o desenvolvimento de próteses e órteses: análise dos avanços e desafios / Hermínio Calvinho Bisneto, João Paulo da Silva Castro, Rannery Carlos Mota Vieira, Reryson Augusto Farinha; orientadora Polyana Santos Fonseca Damasceno. — 2023.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Belém, 2023.

1. Inteligência artificial. 2. Próteses – Tecnologia. 3. Órteses - Tecnologia. I. Castro, João Paulo da Silva. II. Vieira, Rannery Castro Mota. III. Farinha, Reryson Augusto. IV. Nascimento, Polyana Santos Fonseca, orient. V. Título.

CDD 23ª ed.
006.3

AGRADECIMENTOS

HERMÍNIO CALVINHO BISNETO

Quero manifestar minha sincera gratidão a todos que compartilharam este percurso de conclusão do TCC comigo. Aos parceiros de equipe, cuja colaboração e apoio foram pilares essenciais para a concretização deste trabalho, expressei meu profundo agradecimento. Aos queridos pais, Andrea e Neto, dedico um especial reconhecimento pelo apoio constante e incentivo ao longo dessa trajetória acadêmica. Suas presenças foram a luz que iluminou meu caminho até este momento de conquista.

Minha querida namorada, Alanis, seu apoio e encorajamento foram pilares essenciais para minha motivação. Um agradecimento especial à minha querida avó Oneide, cujo apoio e oportunidades tornaram possível alcançar esta graduação. Por fim, agradeço a Deus por guiar meus passos, iluminar meu caminho e conceder força durante todo este percurso acadêmico.

JOÃO PAULO DA SILVA CASTRO

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização deste trabalho. Este momento não teria sido possível sem o apoio incondicional de muitas pessoas incríveis.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Carlos e Josiane Castro, cujo amor, sacrifícios e encorajamento foram a fonte de minha força e perseverança ao longo desta jornada acadêmica e por isso sou eternamente grato.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, compartilhando as alegrias e desafios desta jornada. Obrigado por compreenderem as minhas ausências e por serem um porto seguro nos momentos de tempestade.

Expressei minha gratidão a Deus, cuja graça e orientação foram a luz que iluminou meu caminho. Acredito que sua sabedoria divina esteve presente em cada etapa deste percurso, dando-me força nos momentos difíceis e alegria nos momentos de conquista.

Dedico este trabalho, in memoriam, do meu amado avô, Altevir Castro, que infelizmente nos deixou antes de testemunhar este momento. Suas lições de vida, sabedoria e amor continuam a inspirar-me. Este trabalho é uma homenagem a ele, cujo legado vive em cada página.

Cada um de vocês desempenhou um papel vital nessa conquista, e por isso expressei minha mais profunda gratidão.

RANNERY CARLOS MOTA VIEIRA

Com imensa gratidão, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a Deus, cujas bênçãos têm sido fundamentais em minha jornada acadêmica. Foi por sua graça que alcancei êxito neste trabalho. Queria agradecer à minha querida família, minha mãe e meu pai, Natalia e Jackson, respectivamente, pelo apoio, por investir no meus estudos, meu futuro, por sempre confiarem em mim, e também, ao meu irmão caçula José Rayan por todo o carinho e apoio, meu mais profundo agradecimento à vocês.

À minha família também de Fortaleza - CE, que nas viagens para lá, me ajudaram bastante mentalmente, e sempre me colocaram pra cima, meu profundo agradecimento à todos vocês, às minhas tias, Lawrenya Kerelly, Lawreany Marcelly e Lawrence Raphaele e sua família, Zezin, Maria, Amauri, e a minha avó Maria Irenilda Mota, por sempre confiar em mim.

Quero pontuar que foi extremamente importante também nesse processo, a minha namorada Maria Rita, por sua compreensão, ajuda e paciência, a minha avó Narcé, meu padrinho Alfredo e minha madrinha “Dedé”, meu coração se enche de gratidão. O apoio incondicional de vocês foi meu alicerce, tornando possível a realização deste trabalho. Suas contribuições, seja moral, emocional ou financeira, foram inestimáveis.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, quero expressar minha sincera gratidão. Sua amizade e suporte foram fontes de força e inspiração.

À minha orientadora, professora Polyana, meu reconhecimento especial. Suas instruções precisas e apoio constante foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sem sua orientação, nada disso teria sido possível. Aos demais professores da instituição, meu agradecimento pela valiosa contribuição ao meu aprendizado.

Encerro este ciclo de estudos com o coração cheio de gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada. Faço uma dedicação em especial para minha vó e meu padrinho que sempre sonharam com este momento, e agora, está se concretizando. Cada um de vocês deixou uma marca especial, e por isso, expressei meu mais profundo agradecimento.

RERYSON AUGUSTO FARINHA

Quero expressar meus mais profundos agradecimentos às pessoas que tornaram esta jornada acadêmica possível:

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, cuja graça foi a luz que iluminou cada etapa desta jornada de conclusão do Trabalho de Conclusão de Curso. Aos meus pais, José Reversion e Iara Fabricia, dedico um agradecimento especial. Seu apoio incondicional e inspiração foram fundamentais para superar os desafios acadêmicos e celebrar as conquistas.

À minha avó, Angela Maria, ao meu tio Bruno Amorim, e aos meus irmãos Rannah Betina e Rennan Bernardo, expresse minha imensa gratidão. Seu amor, estímulo e compreensão foram pilares essenciais durante esta jornada, tornando-a ainda mais especial.

À minha querida namorada, Mickaely Tobelem, agradeço por seu apoio incondicional, paciência e compreensão. Sua presença amorosa foi um suporte emocional valioso, tornando esta jornada mais significativa e memorável.

À dedicada Professora Polyana Fonseca, minha orientadora, agradeço por sua orientação valiosa, contribuindo de maneira fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Sua sabedoria e apoio foram cruciais para o sucesso deste projeto acadêmico.

Dedico esta conquista a Deus, aos meus pais, à minha avó, ao meu tio, à minha namorada e aos meus irmãos, reconhecendo que cada um desempenhou um papel vital na realização deste feito.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada repleta de aprendizado e crescimento.

RESUMO

As próteses são dispositivos de substituição de membros do corpo para compensar insuficiências funcionais, enquanto as órteses são dispositivos temporários que contribuem para o alinhamento, imobilização e movimento de partes específicas do corpo, prevenindo deformidades. Ambas visam atender às necessidades específicas das Pessoas com Deficiência (PCD). Atualmente, diversas modalidades de próteses e órteses estão disponíveis. Este trabalho realiza um diagnóstico, adotando uma abordagem de meta-análise para estudar informações relacionadas ao uso da tecnologia e da computação nas próteses e órteses. Além disso, destaca o processo evolutivo dessas tecnologias, enfatizando a contribuição da IA para o avanço da acessibilidade e dessas tecnologias específicas. O estudo propõe uma revisão sistemática sobre o uso da IA no desenvolvimento dessas tecnologias, com o objetivo de avaliar resultados, destacar técnicas e categorizar informações de acordo com o funcionamento de cada tecnologia. Por fim, o artigo busca compreender o papel crucial da IA na criação de próteses e órteses, explorando seu impacto na acessibilidade e na vida diária das PCDs.

Palavras-chave: Inteligência Artificial (IA); Próteses; Órteses; Estimulação Elétrica Funcional (FES); Acessibilidade.

ABSTRACT

Prosthetics are devices that replace body limbs to compensate for functional insufficiencies, while orthoses are temporary devices that contribute to the alignment, immobilization and movement of specific parts of the body, preventing deformities. Both aim to meet the specific needs of People with Disabilities (PWD). Currently, several types of prosthetics and orthoses are available. This work performs a diagnosis, adopting a meta-analysis approach to study information related to the use of technology and computing in prosthetics and orthoses. Furthermore, it highlights the evolutionary process of these technologies, emphasizing the contribution of AI to the advancement of accessibility and these specific technologies. The study proposes a systematic review on the use of AI in the development of these technologies, with the aim of evaluating results, highlighting techniques and categorizing information according to how each technology works. Finally, the article seeks to understand the crucial role of AI in the creation of prosthetics and orthoses, exploring its impact on accessibility and the daily lives of PWDs.

Palavras-chave: Artificial Intelligence (AI); Prosthetics; Orthotics; Functional Electrical Stimulation (FES); Accessibility.

LISTA DE SIGLAS

IA - Inteligência Artificial

PCD - Pessoas com Deficiência

TA - Tecnologia Assistiva

UNESP - Universidade Estadual Paulista

EMG - Sensor de Sinal Eletromiográfico

FDM - Fused Deposition Modeling

EMG - Electromyography

APK - Android Application Pack

K-NNK - K-Nearest Neighbors

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.1 Revisão Bibliográfica.....	11
1.1.1 Inteligência Artificial.....	11
1.1.2 Próteses e Órteses.....	11
1.1.3 Inteligência Artificial no desenvolvimento de Próteses e Órteses.....	14
1.2 Problema da Pesquisa.....	17
1.3 Justificativa.....	18
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo Geral.....	18
1.4.2 Objetivo Específico.....	18
1.5 Estrutura do Trabalho.....	18
2 UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES E ÓRTESES: ANÁLISE DOS AVANÇOS E DESAFIOS.....	19
2.1 Introdução.....	19
2.2 Material e Métodos/Metodologia da Pesquisa.....	20
2.3 Resultados.....	21
2.4 Discussão.....	35
2.5 Conclusão/Considerações Finais.....	38
2.5.1 Trabalhos Futuros.....	39
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Revisão Bibliográfica

1.1.1 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) surgiu em meados da década de 1950, e após esse período obteve avanços com a criação de objetos que a tivessem implementada, assim como a invenção do engenheiro eletrônico Claude Shannon que escreveu sobre como programar um jogo de Xadrez com IA (Serra, Gustavo, 2023) . Vários estudos sobre IA foram desenvolvidos sem este nome até o ano de 1956, quando ocorreu a Conferência do Dartmouth College, e a partir disso consolidou-se a IA com este nome de fato (Russell ; Norvig, 1995).

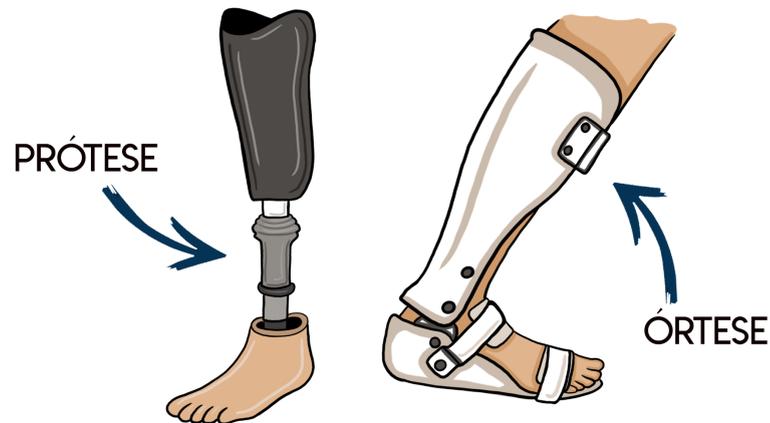
Primeiramente, é válido ressaltar que este campo obteve um avanço bem gradativo no decorrer dos anos, onde se dava um enfoque maior na criação de máquinas, as quais simulariam o comportamento humano no quesito raciocínio, no agir, no tomar de decisões e solucionariam problemas. (Teixeira, João, 2019). Nesse contexto, no ano de 1960 a 1970, surgiram as primeiras soluções de IA implementadas na área da saúde, com os sistemas Dendral e o MYCIN. Ambos foram usados para fins médicos, e por conta disso foram os pioneiros nessa evolução (Russell ; Norvig, 1995).

1.1.2 Próteses e Órteses

"Próteses" são dispositivos concebidos com o propósito de substituir partes do corpo humano, visando aprimorar tanto a funcionalidade quanto a estética, restituindo, assim, a capacidade de realizar atividades cotidianas. Por sua vez, as "órteses" consistem em dispositivos sob medida projetados para oferecer suporte, correção ou aprimoramento das funções de uma parte específica do corpo. As órteses proporcionam suporte, estabilidade e alinhamento, promovendo uma postura saudável e contribuindo para processos de reabilitação (Bersch, Rita, 2017).

Nesse sentido, a Figura 1 demonstra como é o funcionamento visual dessas Tecnologias Assistivas (TA).

Figura 1: Ilustração de Prótese e Órtese



Fonte: Fisioterapia Inovadora (2020)

Independentemente da IA, a evolução das próteses e órteses já tem sido marcada por avanços notáveis que refletem a constante busca do ser humano por superar limitações físicas e melhorar a qualidade de vida. Desde os primórdios da civilização, o uso de próteses já era praticado. Um exemplo notável é o caso do general Marco Sérgio, líder romano durante a Segunda Guerra Púnica 218 a.C. – 201 a.C., (Cérebro & Saúde, 2021). Nele, uma prótese de mão de ferro foi utilizada para permitir que segurasse seu escudo (figura 2), pois mesmo diante das suas dificuldades, ele não queria evitar sua participação nas batalhas.

Figura 2: Prótese de mão de ferro que foi utilizada para auxiliar o general Marco Sergio a segurar seu escudo.

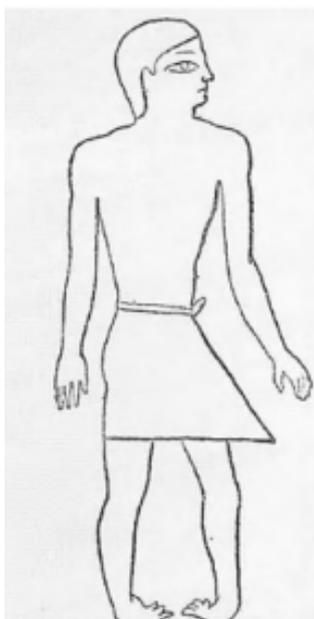


Fonte: Cérebro&Saúde (2021)

Segundo Carvalho (2013), o primeiro registro da utilização de órteses foi encontrado por volta de 2750 - 2625 a. C, em pinturas egípcias arqueológicas que ilustravam homens usando órteses, que serviriam para auxiliar no tratamento dos membros afetados.

Assim, caso os egípcios(a) nascessem com tal patologia, essa denominaria pé torto bilateral, que era entendida como uma punição sobrenatural, que não teria cura pelas mãos de um ser humano. Isso fez com que não existisse o interesse para entender sua fisiopatologia e seu tratamento. Os indivíduos portadores do pé torto congênito eram tidos como coxos e considerados como um sacrilégio e um insulto à beleza, e, sendo o oposto da beleza, eram marginalizados (Barbin e Isabel, 2017). Contudo, esta deformidade foi observada nas pinturas antigas das tumbas egípcias de um faraó, demonstrando que já era identificado o pé torto e que as pessoas chegavam à idade adulta, independente das suas limitações (Figura 3).

Figura 3: Pé torto bilateral na parede de tumba egípcia.



Fonte: SEDLMAIER, C. E. *et al.*

Nicolas Andry (1658-1742) foi um médico francês originou a simbologia da correção de deformidades da coluna pela árvore de Andry (Figura 4). É relevante citarmos que tal “invenção” está ligeiramente relacionada com a arte de prevenir e corrigir em crianças, deformidades do corpo e assim ficou conhecido como “Pai da Ortopedia” tanto pelo desenho da árvore sendo endireitada quanto pelo termo criado, no qual é Orthopédie (em francês) deriva de Orthos = “reto, direito” e pais, paidós = “crianças”, (Carvalho, 2013).

Figura 4: Árvore de Andry



Fonte: Carvalho (2013, p. 7).

1.1.3 Inteligência Artificial no desenvolvimento de Próteses e Órteses

No cenário atual, a Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de próteses e órteses. Essa integração está transformando vidas e moldando a área da saúde e tecnologia assistiva. A IA permite a personalização das próteses de uma forma sem precedentes. Por meio do aprendizado de máquina, a IA analisa os padrões de movimento e as necessidades individuais dos pacientes, resultando em próteses que se adaptam de maneira precisa e dinâmica às suas atividades diárias. Isso não só aumenta o conforto e a funcionalidade das próteses, mas também melhora a qualidade de vida dos usuários (Saúde Business, 2020).

Além disso, a IA está desempenhando um papel fundamental na detecção e prevenção de problemas. Sensores inteligentes incorporados às próteses monitoram constantemente o desempenho e a saúde dos usuários, identificando a necessidade de manutenção ou ajustes (Freitas *et al.*, 2016).

Neste contexto emocionante de convergência entre tecnologia e medicina, as imagens das tecnologias assistivas atuais podem ilustrar como a IA está impactando positivamente a vida das pessoas. Através dessas imagens (Figura 5 e 6), notamos próteses e órteses altamente personalizadas e que também os avanços tecnológicos estão tornando a vida de PCD mais confortável e funcional do que nunca, como visto no Silva Junior e Vidal (2023, p. 195-212).

Figura 5: Luvas Biônicas do Maestro João Carlos



Fonte: Vera Garcia (2019)

Figura 6: Órteses Xkelet



Fonte: 3D Applications (2018)

Nas fotos acima, estão sendo demonstrados alguns modelos de órteses, tal que, um pianista muito famoso volte a tocar depois de utilizar a órtese, pois, ele não tinha o movimento dos dedos, e diante disso, passou a ter pois o material é flexível, facilitando o manuseio dos dedos (figura 5). E na figura 6, podemos observar uma órtese inovadora que substitui o método convencional, proporcionando facilidade no dia a dia e melhorando a higiene, já que não retém umidade como é ocasionado com o uso do gesso.

Para concluir a análise da evolução da Tecnologia Assistiva (TA), vamos agora ilustrar por meio de imagens os modelos inovadores de próteses que têm revolucionado a vida das pessoas. Essas imagens demonstram como essas novas tecnologias estão mudando completamente o cotidiano dos indivíduos. É importante ressaltar que as Paraolimpíadas são um exemplo muito significativo do impacto das próteses biônicas, destacando como a TA

permite que atletas com deficiências alcancem conquistas notáveis e inspirem o mundo (Figura 7,8).

Figura 7: Brasileiro Vinicius Rodrigues usando próteses na Paraolimpíadas



Fonte: Daniel Zappe (2020)

Figura 8: Órteses Xkelet



Fonte: 3D Applications (2018)

Por fim, as próteses desempenham um papel crucial no cotidiano das pessoas com deficiência (PCD), permitindo maior mobilidade e qualidade de vida. Não importa a idade - seja criança, adulto ou idoso, todos têm o direito de viver a vida intensamente, e as próteses concedem a liberdade para alcançar isso, como demonstra figura 8.

Figura 8: Uma criança e um jovem, brincando no parque, ambas usam prótese ortopédica



Fonte: REAB (2023).

1.2 Problema da Pesquisa

Desde sua origem, na década de 1950, a IA evoluiu significativamente, passando por diversas fases e desenvolvendo-se em diversas áreas, como visão computacional, processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina. Atualmente, a IA é utilizada em diversos setores, como saúde, finanças e automação industrial, e está impulsionando a criação de novos produtos e serviços. A evolução da IA é impulsionada por avanços em hardware, algoritmos e conjuntos de dados, e também a demanda por eficiência e a necessidade de enfrentar desafios globais. O uso de próteses e órteses é fundamental para proporcionar uma melhor qualidade de vida a pessoas que sofreram amputações ou têm limitações físicas. Entretanto, ainda existem diversos desafios a serem superados para que esses dispositivos atendam de forma eficiente e personalizada às necessidades de cada indivíduo. Nesse contexto, surge a pergunta inicial da pesquisa: “Como a inteligência artificial é utilizada para o desenvolvimento de prótese e órtese?”

1.3 Justificativa

A inteligência artificial é uma alternativa promissora na produção de próteses e órteses, já que permite a coleta e análise de dados de maneira mais precisa, o que pode levar a uma customização mais justa das próteses/órteses. Este estudo pode contribuir para o aprofundamento da utilização da inteligência artificial na produção de próteses e órteses, além de contribuir para a identificação de desafios e limitações, a partir do esforço de revisão realizado para o desenvolvimento do estudo

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar os desafios e os avanços das Inteligências Artificiais que auxiliam no desenvolvimento de Órteses e Próteses. Para isso, será realizada uma revisão sistemática acerca desse tema.

1.4.2 Objetivo Específico

- Realizar uma Revisão Sistemática acerca do Uso da Inteligência Artificial no desenvolvimento de Próteses e Órteses;
- Aferir os resultados obtidos, e pontuar as técnicas usadas para melhoria de vida desses indivíduos;
- Agrupar os resultados de acordo com o funcionamento de cada tecnologia;
- Analisar como a Inteligência Artificial colabora para a criação de Próteses e Órteses.

1.5 Estrutura do Trabalho

O projeto abrange inicialmente um capítulo de introdução ao uso da inteligência artificial na produção de órteses e próteses, no qual são apresentados um embasamento teórico, o problema de pesquisa, a justificativa que norteia o estudo e os objetivos estabelecidos. No segundo capítulo, é apresentado um artigo contendo uma revisão de trabalhos sobre como a inteligência artificial contribui para o desenvolvimento de próteses e órteses;

2 UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESES E ÓRTESES: ANÁLISE DOS AVANÇOS E DESAFIOS

2.1 Introdução

Desde meados do século XX, a Inteligência Artificial (IA) já vinha passando por um processo de consolidação. A IA foi composta por vários protagonistas, como o cientista Alan Turing e os pesquisadores Marvin Minsky, John McCarthy, Allen Newell e Herbert Simon, no desenvolvimento de uma máquina que agisse igual um ser humano, no pensar e nas ações (Russell ; Norvig, 1995). João Teixeira (2019) explora em seu livro "O que é inteligência artificial" a formalização em 1956 da IA após um termo na conferência de Dartmouth, que tinha como princípio desenvolver máquinas inteligentes. Entretanto, esse exemplo está somente relacionado ao âmbito de tecnologias, ou seja, máquinas, porém, a IA integra vários campos profissionais, seja elas, na saúde, na indústria, na educação e etc.

Adentrando na área da saúde, foi extremamente inovador o surgimento da IA na área, pois fez com que os médicos a utilizassem com o objetivo de dar suporte a diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças da patologia específica de cada paciente, tentando melhorar a qualidade de vida dos mesmos (Lobo, 2018). Nesta perspectiva, de acordo com o Ministério da Saúde do Brasil (2023), o Brasil possui mais de 45 milhões de pessoas com deficiência, sendo que cerca de 13 milhões são deficientes físicos. Logo, o avanço da IA, e com a sua contribuição no desenvolvimento de órteses e próteses, é de extrema importância visto que auxilia na redução das limitações físicas enfrentadas pelos indivíduos, e principalmente no quesito acessibilidade, onde visa fazer a inclusão social dos mesmos.

Com base nisso, pode-se constatar a aplicação da IA na sociedade. A apresenta um grande potencial para melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiências físicas. Como uma área da IA, o aprendizado de máquina é uma técnica que pode ser utilizada para aprimorar ainda mais a produção de próteses e órteses, tornando-as mais eficientes e personalizadas de acordo com as necessidades individuais dos pacientes. Ademais, a utilização de interfaces homem-máquina, que podem ser controladas por meio de comandos de voz ou movimentos, é capaz de propiciar uma maior autonomia e independência às pessoas com deficiências físicas. Portanto, a meta da inteligência artificial é conceder autonomia e autoestima física a esses indivíduos. Consequentemente, é crucial investir em tecnologias assistivas, a fim de garantir-lhes uma vida mais independente e respeitável.

Um dos desafios encontrados na exploração de próteses e órteses de inteligência artificial é a intenção de adaptá-las a diferentes tipos de limitações físicas. Cada paciente tem necessidades individuais, o que torna o processo de desenvolvimento desses equipamentos bastante complicado. Além disso, é importante que as próteses e órteses sejam seguras e confiáveis para uso a longo prazo, o que necessita de testes rigorosos e validação clínica. Outro desafio é a questão do custo, pois a tecnologia envolvida na criação desses equipamentos é cara e nem sempre acessível a todas as pessoas que precisam. Nesse sentido, é preciso desenvolver soluções mais acessíveis e sustentáveis, que possam ser amplamente disponibilizadas e utilizadas por todos que delas necessitam.

Com base nessas considerações, de acordo com um artigo do site Magalhães (2010), a Inteligência Artificial está trazendo avanços promissores para a área da saúde. Essa tecnologia possibilita diagnósticos mais precisos e tratamentos personalizados, incluindo o desenvolvimento de próteses e órteses. Neste trabalho, abordaremos o desenvolvimento da Inteligência Artificial, suas contribuições para estudos e aplicações no campo das próteses e órteses, além de discutir o cenário atual e as perspectivas futuras.

2.2 Material e Métodos/Metodologia da Pesquisa

Este artigo foi baseado em uma pesquisa exploratória, por meio de uma investigação em acervos on-line e repositórios acadêmicos, com foco em materiais bibliográficos acerca das temáticas de utilização da inteligência artificial para o desenvolvimento de próteses e órteses. Essa pesquisa teve como objetivo responder a pergunta inicial da pesquisa sobre o contexto atual das inteligências artificiais no desenvolvimento de órteses e próteses, estabelecendo termos de busca a partir da pergunta (**Quadro 1**) juntamente com o ano das publicações das literaturas.

Quadro 1 - Critérios de pesquisa

Critérios	Valores
Temática do trabalho	Utilização da Inteligência Artificial para o desenvolvimento de Próteses e Órteses: Análise dos avanços e desafios.
Termos de busca	Inteligência Artificial, Desenvolvimento de Próteses e Órteses.

Pergunta qualitativa	Como a inteligência artificial é utilizada para o desenvolvimento de prótese e órtese?
Ano de publicação	De 2018 a 2023
Idioma do texto	Português

Fonte: Autoral (2023).

A busca sistemática dos estudos foi realizada nas bases de dados eletrônicas como Google Scholar, Periódicos da CAPES, ScienceDirect e Repositório de universidades. Para seleção dos estudos foram utilizados utilizando cinco critérios: (1) problema inicial da pesquisa; (2) termos de busca, sendo eles: Inteligência Artificial, Desenvolvimento de Órteses e Próteses e Implementação da IA no desenvolvimento de dispositivos ortopédicos, para PCDs; (3) pergunta qualitativa sobre a temática do trabalho; e o (4) ano da publicação idioma do texto; (5) idioma do texto, sendo ele: português; onde foram revisados textos em português. Estes critérios são apresentados no Quadro 1.

Os artigos selecionados foram, então, buscados para ordenar a análise dos resultados, a revisão centrou-se principalmente em estudos que incluíram propostas para a implementação de "Inteligência Artificial no desenvolvimento de Orteses e Proteses" e na qualidade metodológica dos estudos. A coleta de dados baseou-se nos resultados dos estudos selecionados, com ênfase no tema do trabalho. A análise dos dados foi feita de forma qualitativa, sintetizando as informações obtidas nos estudos à luz das implicações práticas e teóricas do uso da inteligência artificial na produção de órteses e próteses.

2.3 Resultados

Após concluir a pesquisa bibliográfica destinada à composição do Banco de Dados, foi observada uma lacuna na literatura referente à aplicação de IA no desenvolvimento de próteses e órteses, principalmente no que se referem a órteses. Muitos dos trabalhos encontrados eram datados e/ou repetitivos em relação aos tópicos abordados. Desta forma, optou-se por selecionar trabalhos literários que abordassem o cenário atual da tecnologia aplicada às próteses e órteses.

Na plataforma ScienceDirect, utilizamos os mesmos termos de busca que foram empregados no Google Scholar (Figura 9 e 10). No entanto, encontramos apenas seis trabalhos no total, porém, basicamente todos não estavam de acordo com a nossa pesquisa, ou seja, não atendiam bem à nossa temática. Portanto, nenhum texto na ScienceDirect foi selecionado.

Figura 9: Pesquisa feita na Plataforma ScienceDirect.



Find articles with these terms

Advanced search

5 results

Figura 10: Pesquisa feita na Plataforma ScienceDirect.



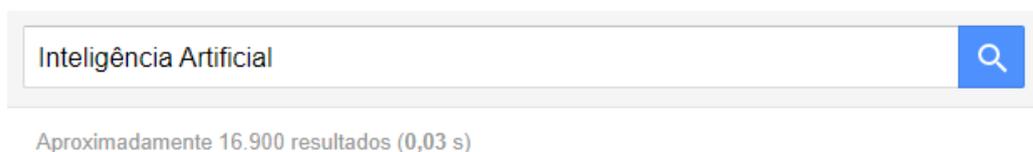
Find articles with these terms

Advanced search

1 result found

No Google Scholar e na plataforma Capes, retornaram um número significativo de artigos científicos, totalizando 16 mil e 4 mil, respectivamente (Figura 11, 12, 13 e 14). No entanto, utilizamos palavras-chave como 'desenvolvimento', 'produção', 'tecnologia', 'impressora 3D', etc, a fim de reduzir a enorme quantidade de artigos e selecionar apenas aqueles relacionados ao nosso tema, podemos visualizar as pesquisas nas imagens a seguir (Figura 15)

Figura 11: Pesquisa feita na Plataforma Google Scholar - **(Qualquer tipo)**.



Aproximadamente 16.900 resultados (0,03 s)

Figura 12: Pesquisa feita na Plataforma Google Scholar - **(Qualquer tipo)**.



Aproximadamente 4.030 resultados (0,05 s)

Figura 13: Pesquisa feita na Plataforma Capes.



Figura 14: Pesquisa feita na Plataforma Capes - Uso de palavras chaves para limitação de artigos.

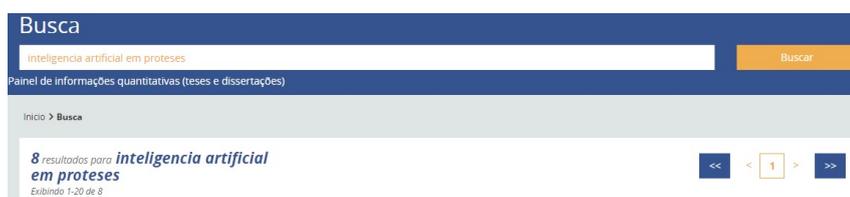
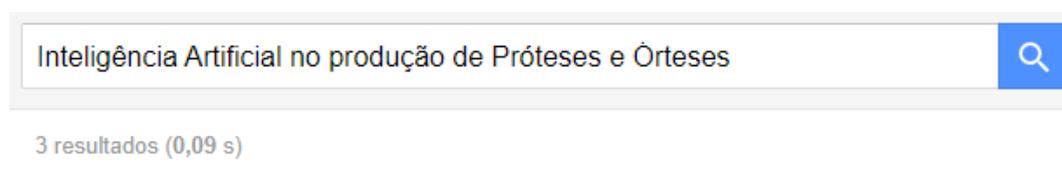
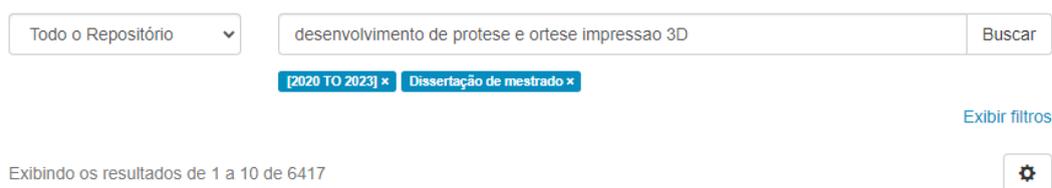


Figura 15: Pesquisa feita na Plataforma Google Scholar - Uso de palavras chaves para limitação de artigos



Além disso, realizamos a pesquisa nos repositórios das universidades, como a Unesp, onde obtivemos uma resposta de 6417 teses de mestrado (Figura 16). Destas, selecionamos apenas uma que estava diretamente relacionada ao nosso tema do artigo. Por seguinte, podemos visualizar as pesquisas feitas, da mesma forma como se diz no texto acima.

Figura 16: Pesquisa feita no Repositório Institucional da Unesp.



No total, foram escolhidos oito trabalhos para análise. Através dessa seleção, pôde-se constatar que o uso de IA no desenvolvimento de próteses e órteses está diretamente relacionado com o objetivo de aprimorar a qualidade de vida dos pacientes, visando criar

substitutos que se assemelham o máximo possível à realidade. Além disso, notou-se que o emprego de IA é uma alternativa promissora, já que permite a coleta e análise de dados de maneira mais precisa, o que pode levar a uma customização mais justa desses modelos de tecnologia assistiva (TA).

É importante ressaltar que a maioria dos artigos selecionados reflete a situação atual dessa tecnologia no Brasil, enquanto em algumas literaturas mais recentes é possível identificar a evolução desse campo em outros países. O Quadro 2 apresenta os trabalhos selecionados.

Quadro 2 - Base de trabalho

Trabalhos	Repositórios	Termo de busca
Assunção, D.; Rosário, J., 2022	Google Scholar	<i>Inteligência artificial, desenvolvimento, prótese.</i>
Lima, Bráulio, 2022	Google Scholar	<i>Inteligência artificial, desenvolvimento, prótese.</i>
Kunkel <i>et al.</i> , 2019	Google Scholar	<i>Inteligência artificial, produção, prótese e órteses</i>
Figliolia, Amanda 2021	UNESP	<i>Desenvolvimento, prótese e órteses</i>
Alves, Frederyk, 2018	Google Scholar	<i>Inteligência Artificial, produção, prótese e órteses</i>
Carvalho, Daiane, 2019	Google Scholar	<i>Inteligência artificial, desenvolvimento</i>
Lino, Débora, 2020	Google Scholar	<i>Tecnologia. prótese e órteses</i>
Costa, Carollyne, 2019	Capes	<i>Inteligência artificial, próteses</i>

Fonte: Autoral (2023).

2.3.1 O uso de IA na produção de prótese de membros superiores (Assunção, D.Rosário, J., 2022).

Este trabalho apresentou uma visão geral a respeito do uso de IA na produção de próteses de membros superiores, destacando a prótese mioelétrica. As próteses são fundamentais na vida das pessoas que sofreram com a perda de algum membro, principalmente quando falamos sobre próteses de membros superiores. Entretanto, ainda existe um déficit na eficiência da realização do movimento desejado e de custo final elevado, principalmente para este estilo de prótese.

Além disso, foi realizado uma análise acerca da forma em que a inteligência artificial está contribuindo para o avanço dessas tecnologias e qual o seu impacto no custo final das próteses. Na área de tecnologias assistivas, mais precisamente no contexto das próteses de membro superior, a aplicação da inteligência artificial tem demonstrado ser uma opção altamente promissora, na opinião dos autores. Ela tem proporcionado melhorias notáveis, incluindo o aumento da precisão durante a utilização das próteses, o aprimoramento do feedback sensorial e a redução da fadiga mental associada ao esforço necessário para o uso desses dispositivos. Vale destacar que a questão da fadiga mental surgiu como um fator de relevância ao longo do desenvolvimento deste estudo.

Porém, além de mostrar os pontos necessários, o estudo também mostrou os desafios que a produção de próteses de membros superiores enfrentam. Dentre diversos tópicos, foram destacados, principalmente, que no Brasil esta tecnologia ainda se encontra muito mais no campo das ideias do que na prática. Em conclusão, o trabalho mostra que é necessário aprofundar mais sobre essa temática na prática, com protótipos e situações reais, haja vista que a tecnologia utilizada nacionalmente é muito defasada em comparação a outros países.

2.3.2 Inteligência artificial (IA), prototipagem e aplicações da acelerometria controlada por K-NN para análise do movimento humano: uma revisão bibliográfica (Lima, Bráulio, 2022).

Neste artigo, a temática da inteligência artificial foi abordada na análise do movimento humano medida por acelerômetro controlado por K-NN, com uma visão crítica sobre as tecnologias presentes. O K-Nearest Neighbors (K-NN) é um algoritmo de IA, baseado em agrupamento de coordenadas em detrimento a valores que identificam características, ou seja,

desenvolve classificação verificando seus “K” vizinhos previamente classificados através de distância euclidiana.

Ademais, os dados sugerem uma necessidade de mais estudos envolvendo dispositivos que possam coletar dados mais robustos no que tange a acelerometria classificada por K-NN, pois o referido precisa de treinamento baseado em dados para poder classificar com mais precisão. Novos dispositivos baseados em estudos de prototipagem podem fornecer mais dados e melhorar o treinamento do classificador.

Sendo assim, todas as ferramentas tecnológicas capazes de gerar dados estão sendo aprimoradas para analisar o movimento humano, sendo este um caminho longo a ser seguido, porém já iniciado e apresentando-se como promissor. O acelerômetro controlado por K-NN está demonstrando ser uma ferramenta na busca por estudos que possam avaliar atividade física em vida livre, porém ainda não existe clareza sobre o tema, ainda mais ao tratar sobre exercício físico.

2.3.3 Mao3D - Protetização e reabilitação de membro superior adulto com a tecnologia de impressão 3D (Kunkel *et al.*, 2019).

Este artigo explora a fabricação de próteses a partir de uma impressora 3D, e a interdisciplinaridade de diversas profissões para a produção de tal tecnologia assistiva. Nessa “problemática”, percebe-se que todas as produções de próteses são feitas especificamente para a anatomia e necessidade do usuário, pois, cada Pessoa com Deficiência (PCD) tem as suas determinadas patologias.

Há alguns tipos de próteses, tais como, estética e mecânica, a estética tem a função apenas de representar o aspecto visual do membro sendo passiva, a mecânica é articulada e pode ser acionada pelo movimento de uma articulação do braço mas existe também a prótese automatizada do tipo mioelétrica, com sensores em contato com a pele para acionar os motores que irão fazer a articulação dos dedos.

Podemos pontuar que, a maior vantagem do uso de impressão 3D para fazer próteses de membros é a possibilidade de personalização com variação de cores, formas, tamanhos e modelos (KUNKEL *et al.*, 2019). Vimos no artigo que as próteses mecânicas são bem mais usadas, pelo fato de serem economicamente mais viáveis, e também, pelo fato de que

auxiliam os indivíduos a praticarem suas atividades diárias como por exemplo; beber água, andar de bicicleta, segurar algum objeto, e etc (KUNKEL, M. E. *et al.*).

Entretanto, como já havia dito anteriormente, os PCDs, já tinham um hábito de não usar próteses, e com isso vai ocasionando em uma tarefa diária costumeira. Assim, na hora que for feita a implementação/uso dessa tecnologia assistiva, de primeira mão provavelmente terá um estranhamento da parte deles, pois, tem de acostumar a manusear e a partir disso, todas as atividades físicas e diárias serão cumpridas com êxito.

Também, é válido ressaltar que as próteses são produzidas por um material leve e sem muita flexibilidade, ou seja, tem uma estabilidade no manuseio, e por conta disso, já facilita bastante a utilização (KUNKEL, M. E. *et al.*).

Dessa forma, o artigo faz um estudo geral acerca da produção de uma prótese, como funciona, quais são os procedimentos corretos, como são feitas, o material que é usado, e a partir disso, demonstra que acima de tudo tem todo um estudo por trás e uma equipe interdisciplinar que faz todo o processo, como podemos ver no quadro 5.

Pois, após a produção e a aplicação no paciente, além de juntar profissões como, medicina, engenharia, designer, psicologia e terapia ocupacional (TA), eles também trabalham em conjunto.

Quadro 5: Pesquisa feita na Plataforma Capes.

Nome	Área de atuação	Instituição	Função
Maria Elizete Kunkel	Biomecânica	Unifesp	Coordenação
Patricia Bettiol Abe	Terapeu Ocupacional	Univap	Reabilitação
Sandra Maria Rodrigues	Psicóloga	Lexis Psicologia	Atendimento psicológico
Marcelo Pasqua	Designer gráfico	Marcelo Pasqua Studios	Modelagem 3D
Lucas de M Pinheiro	Eng. Mecatrônica	UnB	Impressão 3D
Israel Toledo Gonçalves	Protetista e podólogo	Unifesp	Montagem e revestimento
Clinton A do E Santos Mariana Mineiro Paloma Gonçalves Viviane Mariano Natália A dos Santos	Eng. Biomédica	Unifesp	Apoio na Impressão 3D
Renato Spenser e Everton	Assessoria técnica	e-Nable Brasil	Assessoria técnica

Fonte: Kunkel et al., 2019.

2.3.4 Materiais para impressão 3D no desenvolvimento de próteses de membro superior: análise do desempenho mecânico e funcional (Figliolia, Amanda 2021).

A impressão 3D, tem ganhado destaque como uma tecnologia revolucionária na área de saúde, especialmente na fabricação de próteses de membro superior. O artigo investiga a aplicabilidade e os benefícios de materiais de impressão 3D, como polímeros termoplásticos e metais, na criação de próteses altamente personalizadas, levando em consideração tanto o desempenho mecânico quanto o funcional.

No âmbito do estudo conduzido por Figliolia (2021), uma exploração detalhada das implicações dos materiais de impressão 3D no desenvolvimento de próteses de membro superior se faz relevante. A personalização avançada emerge como uma faceta central desse avanço tecnológico. Com a impressão 3D, as próteses podem ser meticulosamente adaptadas às dimensões anatômicas e às necessidades específicas de cada paciente. A consequência direta é um ajuste mais preciso e confortável, o que desempenha um papel fundamental na aceitação da prótese e na melhoria da qualidade de vida do usuário.

A notável leveza e durabilidade dos materiais de impressão 3D constituem outro destaque. Polímeros reforçados com fibras de carbono e metais leves oferecem uma combinação ideal de peso reduzido e resistência. Isso se traduz em próteses adequadas para uso prolongado, minimizando a fadiga e garantindo uma maior capacidade de resistir a impactos.

O desempenho funcional é outro elemento essencial na análise. Os materiais de impressão 3D atendem aos requisitos rigorosos de resistência ao impacto e flexibilidade, possibilitando uma ampla variedade de movimentos. Isso facilita a execução de atividades diárias e restaura a funcionalidade dos membros perdidos. A versatilidade da impressão 3D também se estende à fase de prototipagem e customização. Profissionais de saúde podem alterar rapidamente os designs das próteses com base no feedback do paciente, garantindo um ajuste e uma funcionalidade ideais.

Resumindo, o estudo de Figliolia (2021) enfatiza que os materiais de impressão 3D têm o potencial de transformar o campo das próteses de membro superior. A personalização avançada, a leveza, a durabilidade, a acessibilidade e o desempenho funcional oferecidos por esses materiais representam uma evolução significativa na medicina ortopédica. Portanto, é fundamental reconhecer o impacto dessa tecnologia e explorar suas implicações em pesquisas e práticas clínicas futuras relacionadas às próteses de membro superior.

2.3.5 Protótipo de prótese robótica de punho e mão utilizando arduino (Alves, Frederyk, 2018).

O artigo de TCC intitulado 'Protótipo de Prótese Robótica de Punho e Mão utilizando Arduino', de autoria de Frederyk Antunes de Sousa Alves, apresenta uma abordagem mais ampla sobre o avanço tecnológico global, destacando a importância da Internet das Coisas e dos Dispositivos Vestíveis como soluções inovadoras para diversos problemas. O foco principal do estudo é a aplicação da robótica na medicina, com ênfase no desenvolvimento de próteses para membros superiores.

O projeto tem como objetivo a criação de um protótipo de prótese para punho e mão, utilizando materiais acessíveis e a placa de prototipagem Arduino. Para capturar os movimentos desejados do usuário, são empregados sensores de eletromiografia. A parte física da prótese é construída por meio de impressão 3D. Além disso, é desenvolvido um aplicativo para configurar e demonstrar as possíveis movimentações da prótese, tornando o processo mais acessível e de baixo custo.

A meta primária deste trabalho é fornecer estimativas precisas de custo para o desenvolvimento do projeto, alcançadas através do uso da placa de prototipagem Arduino. Busca-se a simplicidade na construção, utilizando componentes e matérias-primas facilmente disponíveis no mercado e de custo acessível. Dessa forma, pretende-se estabelecer uma base estrutural para um produto em desenvolvimento, visando tornar sua utilização acessível a um maior número de pessoas, especialmente aquelas com deficiência física.

O protótipo é capaz de realizar movimentos similares aos de uma mão humana, utilizando impulsos musculares como guia. O sensor EMG apresentou resultados satisfatórios, tanto em termos de custos de produção da prótese quanto na execução de movimentos. Embora o projeto tenha apresentado algumas limitações durante os testes práticos, conclui-se que o modelo desenvolvido é promissor e pode ser aprimorado com a adição de mais sensores EMG para reproduzir todas as movimentações de uma mão humana.

O artigo aborda o relacionamento entre hardware e software, destacando a comunicação por bluetooth para envio e recebimento de informações da prótese, captadas por

sensores EMG. Os dados analisados e adaptados por um padrão de IA aprimoram a funcionalidade da prótese para o usuário. Os movimentos são realizados a partir de comandos no software, estabelecendo uma conexão direta com o hardware que executa os comandos, como demonstrado nos quadros a seguir:

Quadro 6: Comandos de movimentação a partir do APK Android.

Comando Android	Ação Realizada
0	Mão fechada
1	Somente dedo indicador estendido
2	Somente dedos indicador e polegar estendidos
3	Dedos indicador, médio e anelar estendidos
4	Dedos indicador, médio, anelar e mínimo estendidos
5	Mão aberta
6	Apenas dedo polegar estendido
7	Dedos indicador e mínimo estendidos
8	Dedos polegar, indicador e mínimo estendidos
9	Dedos polegar e mínimo estendidos
a	Dedos médio, anelar e mínimo estendidos
b	Reproduz ação de despedida "bye bye"

Fonte: Alves, Frederyk, 2018.

Quadro 7: Comandos de configuração da prótese para alterar a ação desejada na utilização do sensor EMG.

Comando Android	Variável Local	Ação ao contrair o músculo
q	0	Mão fechada
w	1	Somente dedo indicador estendido
e	2	Somente dedos indicador e polegar estendidos
r	3	Dedos indicador, médio e anelar estendidos
t	4	Dedos indicador, médio, anelar e mínimo estendidos
y	5	Apenas dedo polegar estendido
u	6	Dedos indicador e mínimo estendidos
i	7	Dedos polegar, indicador e mínimo estendidos
o	8	Dedos polegar e mínimo estendidos
p	9	Dedos médio, anelar e mínimo estendidos

Fonte: Alves, Frederyk, 2018.

Por fim, nota-se que há um sensor que faz essa comunicação entre hardware (Prótese e sensor EMG) e software (APK Android), e assim, faz com que o uso seja feito com êxito. Essas inovações representam um avanço significativo na acessibilidade para amputados, facilitando atividades como caminhar, sentar, ficar em pé, subir e descer escadas. Assim, o

artigo destaca a contribuição da IA para a melhoria da qualidade de vida e a promoção da inclusão de pessoas com deficiência.

2.3.6 A inteligência artificial na acessibilidade (Carvalho, Daiane, 2019).

O artigo de Daiane Guimarães Carvalho discute a inteligência artificial (IA) como um ramo da ciência da computação que visa compreender o pensamento humano e criar mecanismos capazes de raciocinar como os humanos. O objetivo do trabalho foi apresentar a aplicação da IA, seus efeitos na vida das pessoas e discutir as vantagens e desvantagens dessa tecnologia.

O texto também enfatiza o papel da IA no desenvolvimento de próteses, passando da mecânica tradicional para a biônica. As próteses biônicas se assemelham mais aos movimentos naturais de um membro humano, permitindo aos usuários maior segurança e mobilidade. Essas próteses são controladas por sinais cerebrais, permitindo uma interação mais direta com o corpo humano. O artigo enfatiza ainda que as próteses biônicas são projetadas para pessoas com amputações acima do joelho e incluem elementos como sensores, atuadores e software de IA. Este programa permite que os pacientes caminhem com naturalidade e segurança, restaurando a função muscular perdida e facilitando as atividades diárias.

O programa de IA, “cérebro” da prótese, monitora constantemente a interação entre o dispositivo e o paciente, priorizando segurança e estabilidade. Além disso, o programa é adaptativo, aprendendo com o uso e adaptando-se a novos movimentos. O objetivo é oferecer aos usuários a capacidade de se movimentar de forma natural e mais rápida em uma superfície plana em comparação às próteses convencionais, tornando a experiência mais próxima do pé natural.

Essas inovações representam um avanço significativo na acessibilidade para amputados, facilitando atividades como caminhar, sentar, ficar em pé, subir e descer. Portanto, o artigo enfatiza a contribuição da IA para a melhoria da qualidade de vida e a promoção da inclusão de pessoas com deficiência

2.3.7 Órteses de membro superior por impressão tridimensional utilizadas em pacientes com patologia ortopédica, neurológica, reumatológica, dermatológica: uma revisão de escopo (Lino, Débora, 2020).

As órteses desempenham um papel crucial na promoção da recuperação da função dos membros e estão intrinsecamente ligadas ao processo de reabilitação de pacientes. Elas podem ser classificadas como permanentes ou transitórias, sendo permanentes aquelas que restringem a movimentação articular, e transitórias, que anulam as forças de deformação, promovendo, assim, a preservação e o fortalecimento dos músculos da região. A construção das órteses pode ser realizada com diversos materiais, como gesso, plástico, metal, entre outros. O gesso é o mais utilizado devido ao seu custo acessível e facilidade de manuseio, embora apresente desvantagens, como desconforto, abafamento e dificuldade de higienização.

No caso das órteses estáticas, o principal objetivo é a imobilização de segmentos corporais, sendo essenciais no tratamento de pacientes com fraturas ósseas, uma condição que afeta aproximadamente 2% da população mundial ao longo da vida. Outra opção é a fabricação de órteses por meio da modelagem tridimensional com impressoras 3D, conhecido como Fused Deposition Modeling (FDM). Esse método oferece menor custo de produção e maior disponibilidade. A partir dessa tecnologia, as órteses personalizadas passaram a ser desenvolvidas, ajustando-se às necessidades individuais de cada paciente, proporcionando maior aceitação e conforto.

As órteses estáticas, também chamadas de passivas, não promovem a movimentação do membro e não utilizam componentes dinâmicos. Seu propósito principal é proteger tecidos e músculos enfraquecidos, prevenir contrações musculares indesejadas e oferecer suporte às articulações e a outras partes do corpo. Além disso, as órteses desempenham um papel importante no tratamento de doenças reumáticas, seja imobilizando a área afetada ou prevenindo o desenvolvimento de doenças degenerativas. Em casos como este, sua função é corrigir e estabilizar o segmento, proporcionando uma estrutura de suporte contra patologias e deformações. As órteses também têm demonstrado eficácia no tratamento de pacientes que sofreram queimaduras corporais, ajudando a prevenir contraturas articulares e rupturas na pele enxertada.

2.3.8 O uso da inteligência artificial na confecção de próteses nasais (Costa, Carollyne, 2019).

Neste artigo aborda a complexidade na construção de próteses nasais. Isso se deve ao fato de que os protesistas precisam possuir habilidades artísticas e técnicas bem desenvolvidas para alcançar resultados realistas. No entanto, para alcançar esse resultado, o protesista investe um longo período de tempo em atendimento ambulatorial e requer um alto nível de precisão do cirurgião-dentista. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver um algoritmo de inteligência artificial que contribua para a redução do tempo necessário para a fabricação das próteses. A IA será responsável por definir a geometria adequada da prótese, levando em consideração as necessidades de cada paciente, o que permitirá a geração de modelos 2D. Posteriormente, esses modelos poderão ser convertidos em modelos 3D, viabilizando o processo de impressão.

Ao longo da história mundial, as próteses estiveram presentes em diversos momentos, como no Egito Antigo, onde foram encontradas múmias que possuíam olhos, orelhas e narizes artificiais. Os chineses utilizavam materiais como porcelana e madeira, entre outros, para a confecção de próteses faciais. A humanidade sempre demonstrou um desejo de encontrar meios que proporcionam maior conforto e disfarce às próteses produzidas. Atualmente, a reabilitação protética dispõe de materiais que possibilitam uma melhor camuflagem das perdas, como silicone e resina acrílica termicamente ativada. Esses materiais passam por um processo de pigmentação tanto intrínseca quanto extrínseca, com o objetivo de aproximar a aparência da prótese à região a ser substituída.

A inteligência artificial surge como uma solução para superar as dificuldades encontradas na confecção de próteses, assim como tecnologias baseadas em processamento de imagem e computação gráfica, que se apresentam como ferramentas promissoras para avançar nas práticas clínicas, resultando em uma melhor adaptação entre a prótese e o usuário, com redução de custos e tempo. A união entre a odontologia e a tecnologia representa um caminho com o propósito de melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

A prótese nasal tem o objetivo de reconstruir as perdas no apêndice nasal, que podem causar diversos problemas na cavidade nasal, como desvio de septo nasal e pólipos nasais, resultando em dor facial e dificuldades respiratórias. A finalidade dessa reconstrução é proteger os tecidos expostos e restaurar a função estética.

A inteligência artificial tem a capacidade de prever os resultados das próteses faciais com base em algoritmos que interagem com os dados, produzindo modelos mais precisos. Graças às redes neurais, todo o processo é desenvolvido por meio de entrada, aprendizado e saída. Há o reconhecimento de imagens com o uso de "eigenfaces", que são representações matemáticas das variações das faces humanas em um espaço de alta dimensão, e redes neurais, resultando em faces médias ao final do processo. Outro método envolve o preenchimento de espaços vazios em imagens por meio de redes neurais parcialmente convolucionais, eliminando a necessidade de pós-processamento dos resultados.

Por seguinte, para finalizar, o Quadro 3 destaca os avanços mais significativos e os desafios enfrentados, referente aos artigos selecionados. Este mapeamento oferece uma visão clara dos avanços conquistados nesse campo específico e das fronteiras a serem superadas, proporcionando uma percepção mais lúcida sobre o progresso e os desafios enfrentados.

Quadro 3 - Avanços e Desafios encontrados com base nos artigos escolhidos.

ARTIGOS	AVANÇOS	DESAFIOS
Assunção, D.; Rosário, J., 2022	Prótese Mioelétrica	Valor exacerbado dessas próteses
Lima, Bráulio, 2022	O uso do acelerômetro controlado por K-NN representa um progresso promissor na análise precisa do movimento humano	Desafio de aprimorar a coleta de dados
Kunkel <i>et al.</i> , 2019	Impressão 3D das Próteses	Adaptação com as TA e manuseio
Figliolia, Amanda 2021	Personalização Adaptada, Leveza e Durabilidade	Treinamento, Validação e Acesso
Alves, Frederyk, 2018	Flexibilidade, Personalização e Fácil acesso	Tempo, Custo e Tempo de testes
Carvalho, Daiane, 2019	Tecnologias de próteses e exoesqueletos para melhorar a mobilidade de PcD	Limitações tecnológicas, Falta de dados e Diversidade humana

Lino, Débora, 2020	Órteses personalizadas, modelagem tridimensional	Desconforto, dificuldade de higienização.
Costa, Carollyne, 2019	Confecção de órteses nasais	Integração de dados clínicos complexos, garantia de precisão cirúrgica.

Fonte: Autoral (2023).

2.4 Discussão

O estudo sobre a utilização da inteligência artificial no desenvolvimento de próteses e órteses destaca avanços, como a personalização adaptada, avanços na análise precisa do movimento humano e a impressão 3D de próteses, enquanto enfrenta desafios como mitigar custos excessivos, aprimorar a coleta de dados, considerações sobre tempo, custo e tempo de testes, além de lidar com limitações tecnológicas, falta de dados, diversidade humana, desconforto e dificuldade de higienização. A integração bem-sucedida desses avanços e a superação dos desafios são cruciais para maximizar o potencial da inteligência artificial nesse contexto (Barbin e Isabel, 2017).

Atualmente, existem vários modelos de próteses e órteses, abrangendo desde o cotidiano até o cenário esportivo. Um exemplo ilustrativo pode ser encontrado nas Paralimpíadas, uma competição na qual atletas com deficiência (PCD) participam, utilizando tanto próteses quanto órteses. Dessa forma, justamente por conta do avanço tecnológico, essa diversidade de dispositivos contribui significativamente para a inclusão social, proporcionando oportunidades ampliadas para os participantes (VILAÇA e ARAÚJO, 2016).

O aprendizado de máquina desempenha um papel fundamental na adaptabilidade contínua das próteses. Essa capacidade de se ajustar dinamicamente às mudanças nas necessidades do usuário ao longo do tempo representa uma conquista significativa, promovendo uma experiência mais personalizada e eficaz. Ou seja, anteriormente, por mais que houvesse casos de próteses feitas sob medida, elas eram feitas para usos diários, nesse caso, para que o indivíduo pudesse se alimentar, mover algum objeto, e etc (Caselas, Raissa, 2018).

Apesar dos avanços promissores, a implementação generalizada de inteligência artificial em próteses e órteses enfrenta desafios significativos. O custo associado à integração

dessas tecnologias avançadas é uma consideração crítica. A busca pela excelência funcional pode resultar em dispositivos mais caros.

O aspecto psicossocial também é um fator que deve ser levado em consideração. A aceitação da tecnologia por parte dos usuários e a adaptação dessas TA com a integração da IA representam desafios únicos. Não se pode considerar apenas a funcionalidade técnica, mas também o impacto emocional e psicológico dessas inovações. Para o indivíduo será uma experiência nova, e por isso, ele pode ou não se adaptar, chegando até a não fazer mais o uso do equipamento. Por isso, é essencial o acompanhamento com fisioterapeuta e psicólogos (Vieira, Isabela, 2007).

Dentre os trabalhos analisados nesta revisão sistemática, foi possível perceber que os dispositivos que mais apresentam evoluções são as próteses, quando relacionadas ao âmbito tecnológico. Tanto é verdade que, nas pesquisas conduzidas, conseguimos obter resultados mais expressivos no âmbito das próteses em comparação com as órteses. Isso se deve ao fato de que a produção de próteses depende mais diretamente da tecnologia em comparação com as órteses, fazendo com que a IA esteja implementada mais em uma do que na outra, respectivamente.

Ao longo do presente artigo e dos temas específicos selecionados, podemos compreender que, para além da tecnologia em si, é de fundamental importância realizar a integração de diversas profissões. Em outras palavras, não se trata apenas de produzir as próteses e órteses, mas sim de realizar um estudo robusto e, a partir disso, realizar um trabalho multidisciplinar, que reúne profissionais de diferentes áreas, visando o bem-estar integral de um indivíduo ou de uma corporação, garantindo que esse trabalho seja realizado com êxito (Ministério da Saúde, 2019).

Mormente, vale a pena ressaltar também que dentre os trabalhos que foram analisados, existe um em específico bastante alinhado com o tema desta pesquisa, que é: A inteligência artificial na acessibilidade (Carvalho, Daiane, 2019).

O artigo em questão dá ênfase à evolução da IA, juntamente com a tecnologia, e a partir disso aborda um pouco a evolução tecnológica. É abordado no texto também, como a IA desempenha um papel significativo na facilitação das tarefas humanas, especialmente em meio aos avanços tecnológicos na área da saúde. Nesse contexto, é evidente que a IA tem a

capacidade de oferecer contribuições valiosas para aprimorar a eficiência e a precisão das atividades profissionais nesta área. No presente texto, o enfoque maior é com relação a acessibilidade ocasionada pelo avanço da IA, e em quais ramos ela pode contribuir para esse avanço. No texto, foram pontuados dois aspectos: robótica e próteses.

Há 3 tipos de tecnologias citadas no texto, essas são; a tecnologia assistiva, que engloba recursos que auxiliam pessoas com deficiência, incluindo próteses e dispositivos para ampliar a mobilidade e comunicação; a tecnologia de produtividade, que incorpora equipamentos cognitivos para otimizar atividades ocupacionais, tanto em casa quanto no trabalho, envolvendo até mesmo elevadores e portas automáticas, e a tecnologia educacional, utilizando equipamentos para aprimorar a aprendizagem em diversas áreas. Apesar dos benefícios que essas tecnologias proporcionam, é importante observar que o uso excessivo pode resultar em condições patológicas.

Em resumo, a revolução da IA no desenvolvimento de próteses e órteses atinge avanços notáveis nas funcionalidades principais desses dispositivos, impulsionados pela personalização proporcionada pela IA. A aprendizagem de máquina contribui para uma adaptação contínua, resultando em experiências mais eficazes ao longo do tempo. Contudo, desafios como alto custo e aceitação psicossocial surgem, exigindo uma abordagem multidisciplinar na produção e aplicação desses dispositivos.

O estudo de Carvalho, Daiane, enfatiza não apenas os progressos tecnológicos, mas também a crucial consideração do impacto emocional nos usuários. Dessa forma, as PCD que anteriormente não faziam o uso dessas TA, ao fazer o uso dessas tecnologias podem estranhar, não se adaptar, ou até mesmo rejeitar de fato o produto. Dois dos artigos estudados mencionam diretamente este aspecto, os processos e também os acompanhamentos com profissionais da saúde.

Logo, a integração eficaz da IA em próteses e órteses demanda abordagens maduras que atendam tanto às exigências técnicas quanto aos aspectos emocionais envolvidos. Além das considerações funcionais, é crucial reconhecer os desafios emocionais, como ansiedade e resistência à adoção de novas tecnologias. O sucesso na implementação da IA nesses dispositivos requer uma integração cuidadosa que respeite tanto as expectativas técnicas quanto às necessidades emocionais dos usuários. E por fim, vale ressaltar sobre os avanços das próteses e órteses em si, que obtiveram grandes ascensão por conta da evolução

tecnológica, e assim, cada vez mais suprimindo a necessidade das PCDs, fazendo com que a acessibilidade e a inclusão social suba notoriamente.

2.5 Conclusão/Considerações Finais

Ao analisar as inovações em próteses/órteses e o avanço da inteligência artificial, este estudo destaca sua relevância essencial. Nosso foco foi compreender não apenas o atual cenário das tecnologias assistivas, mas também explorar soluções inovadoras com potencial para melhorar a qualidade de vida. A integração da IA ressalta a necessidade de contínuo investimento em pesquisa para garantir soluções acessíveis e eficazes. Ela surge como uma ferramenta crucial, cujo aprimoramento tecnológico é vital para maximizar sua pertinência.

O emprego de algoritmos na concepção de membros artificiais está em ascensão à medida que os estudos sobre inteligência artificial avançam. Áreas fundamentais, como a medicina, experimentam um impacto significativo, contribuindo para o sucesso na melhoria da qualidade de vida e superação de desafios médicos complexos.

Em síntese, a importância da integração da IA no avanço de próteses e órteses é evidente. A fusão entre software e hardware permite a captura personalizada de movimentos através de sensores, adaptando-se à singularidade de cada usuário. Com o tempo, a IA aprimora precisão e inteligência, acumulando dados específicos. Os objetivos específicos deste estudo foram alcançados ao revisar sistematicamente a aplicação da IA no desenvolvimento desses dispositivos, destacando técnicas que melhoram a qualidade de vida, explorando tipos históricos de próteses/órteses e respondendo à pergunta inicial sobre o uso da inteligência artificial nesse contexto.

2.5.1 Trabalhos Futuros

Essa pesquisa buscou compreender de forma sistemática e exploratória sobre o avanço tecnológico (IA), e a sua colaboração com o desenvolvimento de próteses e órteses, como também, levantar questões adicionais a serem estudadas posteriormente. Dado isso, é válido citarmos que dissertamos muito com relação ao uso da IA no desenvolvimento dessas tecnologias assistivas, o contexto histórico das próprias e com relação a acessibilidade das PCDs. Assim, ainda há alguns pontos interessantes a serem explorados, tais como:

- Expandir Revisão Sistemática com relação aos aspectos financeiros;
- Aprofundar sobre o mercado do exterior com relação a Próteses e Órteses;
- Levantar dados referentes a tecnologias de IA, que são essenciais para o desenvolvimento de Próteses e Órteses.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL - EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Pacientes abandonam próteses e órteses por problemas de adaptação.** Disponível em <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2007-10-21/pacientes-abandonam-proteses-e-orteses-por-problemas-de-adaptacao>. Acesso em: dia, 27 set 2023.

ALVES, F. A. de S. **Protótipo de prótese robótica de punho e mão utilizando arduíno.** 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2018.

BARBIN, I. **Prótese e órtese.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva.** Porto Alegre: CEDI, v. 21, 2017.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dia da Pessoa com Deficiência Física.** Disponível em <https://bvsmis.saude.gov.br/11-10-dia-da-pessoa-com-deficiencia-fisica/#:~:text=O%20Brasil%20possui%20mais%20de,13%20milh%C3%B5es%20s%C3%A3o%20deficientes%20f%C3%ADsicos>. Acesso em: 30, mar 2023.

BIONIC ECOSYSTEM. **Esper Bionic Ecosystem.** Disponível em <https://esperbionics.com/>. Acesso em: dia, 19 nov, 2023.

BRAGA, A. V. *et al.* **Inteligência artificial na medicina.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, Centro Universitário de Anápolis, 2018. p. 937-941, 2018

CARDOSO, E. S ; BEZERRA, M. H. **Integração de controle eletrônico através de comandos de voz aplicado em próteses mecânicas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Mecatrônica Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 100p. 2018.

CARVALHO, D. G. **A inteligência artificial na acessibilidade**. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Tecnologia em Sistemas de Computação) - Universidade Federal Fluminense, 2019.

CARVALHO, J. A. **Órteses: um recurso terapêutico complementar**. 2. ed. Barueri: Manole, 2013.

CASELAS, R. **Materialização do imaginário por meio da estética de próteses de membro superior**. 128 f. 2018. Tese (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP, 2018.

CEREBRO&SAÚDE. **Próteses de mãos: da Roma antiga aos super tecnológicos dias de hoje**. Disponível em <https://www.cerebroesaude.com.br/proteses-de-maos-da-roma-antiga-aos-super-tecnologicos-dias-de-hoje/>. Acesso em: 15, mai. 2023.

COSTA, C. **O uso de inteligência artificial na confecção de próteses nasais**. Plataforma Sucupira, Universidade de São Paulo, v. 1, mar. 2020. Disponível em https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9321189. Acesso em: 07, ago. 2023.

COMITÊ PARALÍMPICO BRASILEIRO. **Entenda como funcionam as próteses no esporte paralímpico**. Disponível em <https://cpb.org.br/noticias/entenda-como-funcionam-as-proteses-no-esporte-paralimpico/>. Acesso em: 14, ago. 2023.

COSTA, H. R. **Os Impactos Socioeconômicos da Inteligência Artificial: Revisão da Literatura e Esboço Teórico**. 2020. 126 f. Dissertação (Mestrado em Economia da Inovação e Empreendedorismo) - Universidade do Algarve - Faculdade de Economia, Portugal, 95 p. 2020.

DA SILVA, J. V. L.; MAIA, I. A.. **Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva utilizando impressão 3D**. In: I Simpósio Internacional de Tecnologia Assistiva.- / [Centro Nacional de Referência em Tecnologia Assistiva-CTI Renato Archer]. – Campinas-SP: CNRTA-CTI, p. 33 - 40, 2014.

DEFICIENTE CIENTE. **Maestro João Carlos Martins ganha luvas biônicas e volta a tocar**. Disponível em <https://www.deficienteciente.com.br/maestro-joao-carlos-martins-ganha-luvas-bionicas.html>. Acesso em: 03, ago. 2023.

DI NUBILA, H. B. V; BUCHALLA, C. M. **O papel das Classificações da OMS-CID e CIF nas definições de deficiência e incapacidade**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 11, p. 324-335, 2008.

FAGUNDES, J. S. *et al.* **SERVIÇO DE REABILITAÇÃO FÍSICA DA UNICENTRO–PROJETO ÓRTESE E PRÓTESE**. Tese (Anais do 3º Salão de Extensão e Cultura da UNICENTRO) , 8 p. 2010.

FIGLIOLIA, A. C. **Materiais para Impressão 3D no Desenvolvimento de Próteses de Membro Superior: Análise do Desempenho Mecânico e Funcional**. Tese de Graduação, Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.

FREITAS, M. S. *et al.* **SENSORES INTELIGENTES E SUAS APLICAÇÕES NO COTIDIANO**. Revista de Trabalhos Acadêmicos UNIVERSO, v. 1, p. 2179, 2016.

KUNKEL, M. E. *et al.* **Mao3D-Protetização e reabilitação de membro superior adulto com a tecnologia de impressão 3D**. In: CARDOSO, Nayara Araújo. **A produção do conhecimento na engenharia biomédica**. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 14-29, 2019.

LIMA, B. N. *et al.* **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA), PROTOTIPAGEM E APLICAÇÕES DA ACELEROMETRIA CONTROLADA POR K-NN PARA ANÁLISE DO MOVIMENTO HUMANO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.** Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida-CPAQV Journal, v. 14, n. 3, 2022.

LINO, D. C. N. **Órteses de membro superior por impressão tridimensional utilizadas em pacientes com patologia ortopédica, neurológica, reumatológica: uma revisão de escopo.** Orientadora: Luciana de Andrade Mendes. 2022. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) - Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

LOBO, L. C. **Inteligência Artificial, o Futuro da Medicina e a Educação Médica.** Revista Brasileira de Educação Médica, v. 42, n. 3, jul.-sep. 2018. DOI: 10.1590/1981-52712015v42n3RB20180115EDITORIAL1. Acesso em: 08 maio 2023.

MAILONLINE. **Vintage photos reveal extraordinary artificial limbs of the 1900s - made from leather and molded like a pair of shoes.** Disponível em <https://www.dailymail.co.uk/femail/article-3176326/Vintage-photos-reveal-extraordinary-artificial-limbs-1900s-leather-molded-like-pair-shoes.html><https://www.dailymail.co.uk/femail/article-3176326/Vintage-photos-reveal-extraordinary-artificial-limbs-1900s-leather-molded-like-pair-shoes.html>. Acesso em: , 22, ago 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **GUIA PARA PRESCRIÇÃO, CONCESSÃO, ADAPTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ÓRTESES, PRÓTESES E MEIOS AUXILIARES DE LOCOMOÇÃO.** Brasília – DF: Editora do Ministério da Saúde, 2019.

ORTOPEDIA BR. **Pé Torto Congênito.** Disponível em <https://www.ortopediabr.com.br/pe-torto-congenito/>. Acesso em: 30, mai. 2023.

PICHLER, R. F. **User-capacity toolkit: conjunto de ferramentas para guiar equipes multidisciplinares nas etapas de levantamento, organização e análise de dados em projetos de tecnologia assistiva.** Tese (Doutorado em Design) – Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 297 p. 2019.

RIBEIRO, L. **UTILIZAÇÃO DA ÓRTESE ELÉTRICA FUNCIONAL NO TRATAMENTO DO ACIDENTE CÉREBRO VASCULAR.** Revista Saúde e Pesquisa, v. 1, n. 2, p. 173-176, maio/ago, 2008.

ROSÁRIO, J. L. C. do; ASSUNÇÃO, D. D. **Revisão sistemática sobre o uso de IA na produção de próteses de membros superiores.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Belém, 2022.

SAÚDE BUSINESS. **Primeiro sistema intuitivo para próteses de mãos com reconhecimento de padrões chega ao Brasil.** Disponível em <https://www.saudebusiness.com/ti-e-inovacao/primeiro-sistema-intuitivo-para-protese-de-maos-com-reconhecimento-de-padroes-chega>. Acesso em: 07, dez. 2023.

SILVA JUNIOR, A. L.; VIDAL, L. de C. **Utilização da Inteligência Artificial na Acessibilidade.** In: VIDAL, Leonardo de Carvalho et al. *Engenharias - Automação, Robótica, Metrologia e Energia - Volume 2: Estudos e Tendências.* 2. ed. São Paulo: Editora Exemplo, 2023. p. 195-212.

SEDLMAIER, C. E. *et al.* **IGNACIO VIVES PONSETI E O MÉTODO PARA CORREÇÃO DO PÉ TORTO CONGÊNITO.** Cadernos da Medicina-UNIFESO, v. 2, n. 1, 2019.

TEIXEIRA, J. **O que é inteligência artificial.** 3. ed. São Paulo: E-Galáxia, 2019. 64 p.

VILAÇA, M. L.; ARAÚJO, E. V. F. de. **Tecnologia, sociedade e educação na era digital.** Duque de Caxias: UNIGRANRIO, 2016.

3D APPLICATIONS. **ÓRTESE XKELET USA IMPRESSORA 3D, OTIMIZA A HIGIENE E O CONFORTO E GANHA PRÊMIO RED DOT.** Disponível em <https://www.3dapplications.com.br/2018/10/06/ortese-xkelet-usa-imprensa-3d-otimiza-a-higiene-e-o-conforto-e-ganha-premio-red-dot/>. Acesso em: 03, ago 2023.