

ÓRTESES EXTERNAS: UM ESTUDO SOBRE MATERIAIS

Lucas Globo Baraldi
Graduando em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru
lucas.baraldi@fatec.sp.gov.br

Orientadora: Ana Cristina Mauricio Ferreira
Doutora em Design e Docente na Fatec Bauru
ana.ferreira22@fatec.sp.gov.br

RESUMO: Este estudo tem como objetivo investigar as órteses corretivas para membros superiores, reconhecendo-as como ferramentas essenciais no campo da tecnologia assistiva. As órteses são dispositivos utilizados para restaurar, manter ou compensar funções motoras comprometidas em indivíduos com deficiência física, contribuindo para a melhoria da autonomia e da qualidade de vida. Tradicionalmente, são fabricadas com o uso de materiais como ligas metálicas, gesso e termoplásticos. Embora eficazes, tais materiais apresentam diversas limitações, como elevado custo, desconforto durante o uso prolongado, peso excessivo e dificuldade de personalização para diferentes anatomias e necessidades clínicas. A pesquisa realizada destaca o avanço das tecnologias de prototipagem rápida e impressão 3D como alternativas promissoras para a produção de órteses mais leves, ergonômicas e esteticamente agradáveis. Essas tecnologias permitem maior precisão na adaptação ao corpo do usuário, redução do tempo de fabricação e potencial diminuição de custos, tornando os dispositivos mais acessíveis, especialmente em contextos de saúde pública. Além disso, possibilitam a reconfiguração rápida do modelo em caso de necessidade de ajustes ou crescimento do paciente, fator relevante em populações pediátricas. Dessa forma, o trabalho evidencia a importância da inovação tecnológica na produção de órteses corretivas, propondo soluções mais eficazes e humanizadas para a reabilitação funcional de membros superiores. Conclui-se que a integração entre design assistivo e impressão 3D representa um avanço significativo para a inclusão e reabilitação de pessoas com deficiência motora.

Palavras-chave: Órtese; membros superiores; impressão 3D; reabilitação; tecnologia assistiva.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia assistiva utiliza-se de recursos que permitem restituir ou auxiliar funções corporais perdidas por fatores externos, como acidentes ou fatores associados à problemas congênitos ou decorrentes de patologias. No Brasil e no mundo, o número de pessoas que apresentam algum tipo de deficiência é bastante elevado, sendo pertinente e necessário pesquisas que permitam um maior entendimento do tema. Próteses e órteses permitem aos usuários restaurarem as funções de um determinado segmento do corpo, possibilitando que ele possa realizar as atividades da vida diária com mais facilidade, dispensando, por vezes, auxílio de terceiros.

Este trabalho justifica-se pelo relevante número de pessoas com perdas funcionais, tanto no Brasil, como em contexto global. Observa-se que um indivíduo

pode ter perdas funcionais, caracterizando uma deficiência, sem que isto o torne incapaz e pode ter uma deficiência sem sentir-se deficiente se o seu meio socioambiental lhe prouver condições de acessos e qualidade de vida (Schirmer et al, 2007).

Números oficiais da deficiência no Brasil são dados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio do Censo Demográfico de 2010. As deficiências investigadas no Censo foram intelectuais, visual, auditiva e motora, sendo que a severidade foi autodeclarada, considerando ausência de visão, audição e locomoção. Segundo o IBGE (Demografico, 2010) 23,9% da população total brasileira apresenta ao menos um dos tipos de deficiências investigadas (visual, auditiva, motora ou intelectual). Deste percentual tem-se que 26,5% das mulheres e 21,2% dos homens apresentam um dos tipos de deficiência e 7,5% de crianças de 0 a 14 anos, 24,9% de pessoas de 15 a 64 anos e 67,7% de pessoas com 65 anos ou mais se declararam deficientes.

Diante deste contexto, o objetivo desta pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico sobre órteses para membros superiores, verificando os principais usos, os materiais utilizados em sua confecção, a usabilidade e conforto proporcionados por estes materiais.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, de caráter básico, com foco em ampliar o conhecimento científico sobre o assunto de órteses e materiais utilizados, realizada em bases de dados de artigos científicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Deficiência

Conceituar deficiência pode ser uma tarefa um tanto quanto complexa, pois suas imprecisões podem resultar em dificuldades de entendimento e de aplicação do conceito. Amiralian et al (2000) aborda o assunto, destacando que uma terminologia adequada tende a favorecer a comunicação entre os indivíduos da sociedade e áreas técnico científicas, visto que a divergência de conceituação vem dos modelos médicos e sociais anteriormente adotados. Altman (2001) destaca que a correta conceituação facilita a comunicação e aplicabilidade nos diversos âmbitos necessários à abordagem da deficiência, como o assistencial, o científico, o social e o político.

Em 1976, na IX Assembleia Geral da Organização Mundial de Saúde (OMS), surgiu a Classificação Internacional de Deficiências, Incapacidades e Desvantagens (CIDID), um manual que apresenta uma escala codificada de deficiências com níveis de dependência, limitação, a fim de utilização pelos serviços de medicina, reabilitação e segurança social, juntamente com a Classificação Internacional de Doenças (CID) (Farias; Buchalla, 2005).

A CIDID deu origem à atual Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) que entende que a incapacidade de um indivíduo na realização de suas tarefas resulta da limitação estrutural e funcional do seu corpo associada aos fatores socioambientais que incidem sobre esta incapacidade (OMS, 2001).

Ainda, de acordo com Amiralian et al (2000), deficiência fica conceituada como a perda ou anormalidade de estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica, temporária ou permanente; incapacidade é a restrição, resultante de uma deficiência, da habilidade para desempenhar uma atividade considerada

normal para o ser humano e; desvantagem é o prejuízo que o indivíduo tem, resultante de uma deficiência ou uma incapacidade, que limita ou impede o desempenho de papéis de acordo com a idade, sexo, fatores sociais e culturais. Exemplificando, um indivíduo que apresenta uma deficiência física, pode ter a incapacidade de se locomover, tendo como desvantagem, em relação aos outros indivíduos, a falta de autonomia na realização de suas atividades.

Conceituar adequadamente a deficiência tem como objetivo, dentre outros, minimizar a ocorrência de preconceito. A conceituação de deficiência deve ser dinâmica, acompanhando o desenvolvimento dinâmico da sociedade e sua visão sobre os indivíduos que dela fazem parte.

Dos 23,9% de pessoas com algum tipo de deficiência, 7% apresentam deficiência motora. Dentre a população que se declara deficiente, 8,3% da população brasileira apresentou deficiência severa, que é a incapacidade de executar determinada função do corpo (não vê, não ouve ou não anda), sendo 3,46% com deficiência visual severa, 1,12% auditiva severa, 2,33% deficiência motora severa e 1,4% deficiência intelectual (Demografico, 2010).

A deficiência no Brasil tem distribuição heterogênea entre as regiões do país, sendo o Nordeste a região com maior prevalência de pessoas com algum tipo de deficiência. Este fato por si só não indica que a pobreza seja uma causa determinante na ocorrência da deficiência, pois os fatores que contribuem para tal fenômeno são de natureza ambiental, genética e demográfica. Deve também ser citado como um fator importante, o processo de envelhecimento da população.

Boiani et al (2015) descrevem que as razões que levam os indivíduos a terem alguma deficiência física, seja ela temporária ou permanente, são diversas e, sendo a necessidade de locomoção essencial à existência humana, pode-se recorrer aos dispositivos de tecnologia assistiva que resgatam funções do corpo humano.

2.2 Tecnologia Assistiva

O termo tecnologia assistiva refere-se a qualquer objeto ou conhecimento utilizado para auxiliar nas habilidades funcionais do indivíduo com limitações funcionais (Rocha; Castiglioni, 2005).

Sobre o conceito de tecnologia assistiva, Galvão Filho (2009) destaca que esta tecnologia se diferencia de outras, como a tecnologia médica ou de reabilitação, por tratar de dispositivos ou recursos voltados às necessidades individuais de um determinado usuário, lhe proporcionando independência e autonomia no desenvolvimento de suas atividades rotineiras.

A Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, propõe o seguinte conceito:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2007).

A tecnologia assistiva foi categorizada por Bersch (2013) e utilizada na Portaria Interministerial N° 10.321, de 6 de dezembro de 2022, que dispõe sobre o limite de renda mensal dos tomadores de recursos nas linhas de crédito para aquisição de produtos de tecnologia assistiva. As categorias, de acordo com a referida portaria são:

- a) Produtos de auxílio para a vida diária;
- b) recursos de comunicação aumentativa e/ou alternada;
- c) Recursos de acessibilidade ao computador;
- d) Sistema de controle de ambiente;
- e) Projetos arquitetônicos para a acessibilidade;
- f) Adequação Postural;
- g) Auxílios de mobilidade;
- h) Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas;
- i) Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, surdez e surdocegueira;
- j) Adaptações em veículos e em ambientes de acesso ao veículo;
- k) Esporte e Lazer;
- l) Órteses e próteses.

2.3 Órteses

As órteses, de acordo com Agnelli e Toyoda (2010), são dispositivos utilizados junto a um determinado segmento do corpo, a fim de restaurar uma habilidade motora, auxiliar uma função, garantir um posicionamento adequado, propiciar estabilização à região de uso ou imobilizar a região. O seu uso pode ocorrer por tempo determinado ou indeterminado, considerando a etiologia e necessidade.

Têm a finalidade de estabilizar (articulações, pescoço, tronco, membros), sustentar, proporcionar descarga de peso, imobilizar articulações ou segmentos corporais com presença de fratura, prevenir ou corrigir deformidades, possibilitar a marcha, auxiliar na locomoção, aliviar dores, controlar movimentos involuntários e substituir ou auxiliar funções. Auxiliam as pessoas que possuem alguma dificuldade ou incapacidade, como problemas motores, visuais, auditivos a efetuar suas atividades da vida diária, podem ser óculos, aparelhos auditivos, talas, botas imobilizadoras, palmilhas, calçados especiais, adaptações funcionais, entre outras (Junior, 2024).

2.4 Classificação das órteses

As órteses podem ser classificadas de diversas maneiras, sendo as formas mais comuns aquelas que consideram sua aplicação, sua função e parte do corpo a ser utilizada.

Quanto à aplicação, distinguem-se em dois grupos principais: internas e externas. As órteses internas são implantáveis, permanecendo dentro do corpo, e incluem materiais cirúrgicos como fios de sutura, dispositivos de síntese óssea, instrumentos utilizados para estabilização e fusão de vértebras, além de dispositivos eletrônicos como marca-passos e bombas de infusão implantáveis. Já as órteses externas são utilizadas fora do corpo e têm como finalidade oferecer suporte, correção e auxílio funcional. Nesse grupo, incluem-se bengalas, muletas, coletes, colares cervicais, aparelhos gessados, tutores, andadores, além de dispositivos auxiliares como aparelhos auditivos, óculos, lentes de contato, aparelhos ortodônticos e palmilhas (Junior, 2024).

Quanto à função, as órteses podem ser estáticas ou dinâmicas. As órteses estáticas são projetadas para imobilizar, restringir movimentos ou posicionar adequadamente uma articulação ou segmento corporal. São amplamente utilizadas em casos de lesões musculoesqueléticas, com o objetivo de estabilizar estruturas,

promover a cicatrização e evitar deformidades, como ocorre com talas, coletes e colares cervicais. Por outro lado, as órteses dinâmicas apresentam estrutura mais complexa, composta geralmente por diversas partes articuladas. Seu objetivo é permitir a movimentação articular controlada, ao mesmo tempo em que neutralizam forças deformantes e contribuem para o fortalecimento da musculatura. São empregadas com frequência em contextos de reabilitação, facilitando a recuperação da função e a progressão terapêutica por meio de movimentos assistidos ou guiados (Junior, 2024).

Quanto às partes do corpo em que são aplicadas, comumente classifica-se como órteses para membros superiores, órteses para membros inferiores, órteses para tronco e órteses craniofaciais (Santis; Alves, 2024).

2.5 Materiais utilizados em órteses

A escolha do material em uma órtese é fundamental, pois impacta diretamente sua usabilidade, que engloba o conforto, ajuste anatômico, durabilidade, leveza e eficácia terapêutica para o paciente. Cada material apresenta um conjunto distinto de propriedades físicas, mecânicas e térmicas, sendo criteriosamente selecionado de acordo com a função da órtese, a região do corpo a ser tratada e as necessidades clínicas e funcionais do usuário. A correta seleção do material pode influenciar diretamente a adesão do paciente ao uso da órtese e, conseqüentemente, o sucesso do tratamento.

Os materiais mais utilizados na confecção de órteses incluem os termoplásticos, os metais, a Fibra de carbono, os tecidos e acolchoamentos, o couro e os materiais utilizados em órteses fabricadas em impressoras 3D.

Os termoplásticos são amplamente empregados devido à sua versatilidade, leveza e facilidade de moldagem. Eles podem ser aquecidos e moldados diretamente sobre o membro do paciente, permitindo um ajuste altamente personalizado e anatômico. Existem termoplásticos de baixa e alta temperatura. Os de baixa temperatura tornam-se maleáveis a temperaturas em torno de 60–70 °C, que não causam queimaduras, sendo ideais para ajustes rápidos e in loco. Já os de alta temperatura, como o polipropileno (PP) e o PVC, requerem maior calor para moldagem e são utilizados em órteses que exigem maior rigidez, resistência ao impacto e durabilidade em longo prazo (Pirenópolis, 2024). Entre suas principais propriedades destacam-se a conformabilidade, que se refere à capacidade do material de se moldar aos contornos do corpo, garantindo um encaixe anatômico eficaz e confortável, e a memória, que permite ao material retornar à forma original após novo aquecimento, facilitando ajustes durante o processo terapêutico. A rigidez também é uma variável essencial: materiais mais flexíveis são indicados quando há necessidade de mobilidade parcial da articulação, enquanto os mais rígidos são utilizados em casos de imobilização ou contenção completa. O acabamento superficial, por sua vez, contribui para a durabilidade, facilitando a higienização e evitando desgastes precoces, além de influenciar na estética final da órtese. Outros exemplos de termoplásticos incluem o EVA (etileno-vinil-acetato), frequentemente utilizado como revestimento interno por sua leveza, elasticidade e conforto térmico (Canevarolo Jr, 2002).

Metais como alumínio, aço inoxidável e titânio são usados principalmente em órteses estruturais que exigem alta resistência mecânica e suporte de peso, como as órteses KAFO (joelho-tornozelo-pé) e HKAFO (quadril-jelho-tornozelo-pé). O alumínio é leve e fácil de modelar, enquanto o aço inox oferece maior rigidez e resistência à corrosão. O titânio é especialmente valorizado por combinar alta

resistência mecânica com leveza e excelente biocompatibilidade, sendo ideal para pacientes com sensibilidade ou uso prolongado. Esses metais são geralmente utilizados em estruturas articuladas ou em componentes de suporte, como hastes e articulações (Moreno, 2025).

As órteses fabricadas com fibras de carbono representam uma opção moderna e tecnológica. Este material oferece uma combinação única de alta resistência, baixo peso e grande durabilidade, sendo ideal para aplicações que exigem desempenho biomecânico elevado. Em órteses como as AFOs (órteses tornozelo-pé), o uso de fibra de carbono permite um design mais delgado e esteticamente discreto, sem comprometer a funcionalidade ou estabilidade. Além disso, sua resistência à fadiga e ao impacto torna o material ideal para pacientes ativos ou em reabilitação esportiva (Protetics, 2024).

Tecidos e materiais de acolchoamento desempenham um papel essencial na usabilidade das órteses. Fechos em velcro, cintas elásticas, espumas de polietileno, borracha e neoprene são utilizados como forros para absorver suor, minimizar atrito e distribuir melhor a pressão, reduzindo o risco de lesões cutâneas e aumentando significativamente o conforto. Esses materiais são especialmente importantes em órteses de uso prolongado ou em pacientes com pele sensível, como idosos, crianças e pessoas com neuropatias periféricas. O couro, embora menos comum nas órteses modernas devido ao avanço dos materiais sintéticos, ainda é utilizado em determinadas aplicações por sua flexibilidade, resistência e conforto térmico. Após tratamento químico adequado, torna-se poroso e resistente, favorecendo a ventilação e o uso prolongado. Pode ser encontrado em órteses de uso tradicional ou em aplicações artesanais, sendo valorizado por seu aspecto estético e sensação tátil agradável (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

A seleção de materiais para impressão 3D de órteses exige uma avaliação minuciosa das condições clínicas, anatômicas e funcionais do paciente, bem como dos requisitos técnicos do projeto. Essa tecnologia permite a personalização extrema e o uso combinado de materiais com diferentes propriedades. Por exemplo, o PLA (ácido polilático) é leve, fácil de imprimir e barato, sendo ideal para órteses de curta duração, como no período pós-operatório. No entanto, possui menor resistência mecânica e sensibilidade à umidade. Já o PETG e o Nylon apresentam alta resistência estrutural, durabilidade e flexibilidade moderada, sendo indicados para órteses funcionais de uso diário. Por sua vez, o TPU (poliuretano termoplástico) destaca-se por sua alta flexibilidade, elasticidade e resistência à abrasão, sendo ideal para talas com articulações móveis, órteses infantis ou componentes em contato direto com a pele. Sua suavidade e capacidade de deformação sob pressão aumentam significativamente o conforto, evitando pontos de pressão dolorosos (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

Assim, a combinação estratégica de diferentes materiais, por meio da técnica de fabricação multimaterial, permite a confecção de órteses mais adaptadas às exigências biomecânicas de cada caso. Esse processo integrado entre tecnologia, ciência dos materiais e avaliação clínica proporciona soluções mais eficazes, personalizadas e com maior adesão por parte dos pacientes (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

2.6 Usabilidade em órteses

A usabilidade (facilidade com que uma pessoa pode usar um produto para que ele seja eficiente, eficaz e satisfatória) de uma órtese é um fator determinante para o sucesso terapêutico, influenciando diretamente na adesão do paciente.

Entre os principais aspectos avaliados, destacam-se o conforto, a durabilidade e o peso, que afetam a aceitação, o desempenho funcional e a longevidade do dispositivo (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

A usabilidade de uma órtese está diretamente relacionada ao **conforto** que ela proporciona ao usuário. Uma órtese confortável reduz significativamente o risco de desconforto e dor, fatores que frequentemente levam ao abandono do tratamento. Para garantir esse conforto, é fundamental o uso de acolchoamento adequado, bordas lisas e materiais que permitam a ventilação da pele. Além disso, órteses com certa flexibilidade oferecem melhor adaptação ao corpo e possibilitam liberdade de movimento, o que contribui para uma experiência mais positiva durante o uso contínuo.

A **durabilidade** é outro aspecto importante na avaliação de órteses, pois o dispositivo precisa suportar o uso diário e as forças mecânicas a que é submetido. Materiais com alta resistência garantem que a órtese mantenha sua integridade estrutural e funcionalidade por um período prolongado, reduzindo custos com manutenção ou substituições frequentes. Contudo, é importante que essa durabilidade seja balanceada com o peso do dispositivo e com o custo de produção, de modo a oferecer uma solução eficiente e economicamente viável.

O **peso** da órtese também exerce grande influência sobre sua usabilidade. Dispositivos leves favorecem o conforto e facilitam o uso contínuo, especialmente por pacientes com limitações físicas, como fraqueza muscular ou mobilidade reduzida. A escolha de materiais como fibra de carbono e alumínio é comum nesses casos, devido à sua excelente relação entre leveza e resistência. Assim, a redução do peso contribui não apenas para a aderência ao tratamento, mas também para a autonomia do paciente em suas atividades cotidianas.

A escolha do material em uma órtese externa impacta diretamente em seu desempenho, conforto do paciente e na eficácia do tratamento. Desta forma, foi realizado um estudo comparativo dos principais materiais utilizados, considerando aspectos de sua usabilidade (conforto, peso e durabilidade), assim sua aplicação.

2.7 Critérios de seleção de materiais para órteses externas

Além dos parâmetros de usabilidade, a escolha do material ideal para uma órtese externa não é aleatória, ela envolve uma análise cuidadosa de diversos critérios para garantir a funcionalidade, o conforto e a eficácia do dispositivo para o paciente.

2.7.1 Requisitos Biomecânicos e Funcionais

A escolha dos materiais para confecção de órteses deve considerar propriedades mecânicas fundamentais que garantam seu desempenho e segurança. Entre elas, a rigidez e flexibilidade equilibram o suporte estrutural e a liberdade de movimento; a resistência à tração e compressão assegura que a órtese suporte as cargas durante o uso; a resistência à fadiga evita a degradação por esforços repetidos; e a capacidade de absorver impactos protege tanto o usuário quanto o dispositivo em atividades cotidianas ou esportivas (Kabuchi e Ribeiro, 2024):

- a) Em relação à rigidez e flexibilidade, a órtese precisa ser rígida o suficiente para fornecer o suporte necessário (por exemplo, um colete para escoliose), mas, em alguns casos, pode precisar de certa flexibilidade para permitir movimentos controlados (como em uma órtese dinâmica

- para a mão). Metais e fibras de carbono oferecem alta rigidez, enquanto certos termoplásticos podem ser mais flexíveis (Kabuchi e Ribeiro, 2024);
- b) Quanto à resistência à tração e compressão, o material deve suportar as forças aplicadas durante o uso sem deformar ou quebrar. Órteses que suportam peso, como as de membros inferiores, exigem materiais com alta resistência. Considerando a resistência à fadiga, a órtese será submetida a ciclos repetidos de estresse. O material deve resistir à fadiga para manter sua integridade estrutural ao longo do tempo. Sobre resistência ao impacto, especialmente em órteses para atividades diárias ou esportivas, a capacidade de absorver impactos sem quebrar é um fator importante (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

2.7.2 Conforto e aceitação do paciente

A escolha dos materiais para a confecção de órteses é fundamental para garantir conforto, funcionalidade e adesão ao tratamento. Aspectos como o peso, as propriedades térmicas e a respirabilidade, a textura e o acabamento das bordas, assim como a estética, influenciam diretamente a experiência do usuário. Materiais leves, ventilados e com superfícies suaves contribuem para o uso prolongado sem desconfortos, enquanto a aparência também pode impactar a aceitação, especialmente em grupos mais jovens.

Considerar o peso do material é importante, pois órteses mais leves são geralmente mais confortáveis, especialmente para uso prolongado ou para pacientes com fraqueza muscular. Materiais como fibra de carbono e alumínio são vantajosos aqui (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

Sobre propriedades térmicas e respirabilidade, o material deve permitir a ventilação da pele para evitar acúmulo de suor, irritações e dermatites. Termoplásticos podem reter calor, exigindo ventilação ou forros respiráveis. Em relação à textura e bordas, a superfície da órtese em contato com a pele deve ser lisa e as bordas arredondadas para evitar atrito e lesões por pressão. A capacidade do material de ser bem-acabado é relevante. Embora secundário à função, o aspecto visual da órtese pode influenciar a aceitação do paciente, especialmente em adolescentes. Materiais que permitem designs mais discretos e finos podem ser preferidos (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

2.7.3 Durabilidade e Manutenção

Parâmetros como durabilidade e manutenção são relevantes na escolha dos materiais para órteses (Kabuchi e Ribeiro, 2024):

- a) Resistência ao desgaste: o material deve ser resistente à abrasão e ao desgaste causado pelo uso diário, atrito com roupas ou o ambiente;
- b) Resistência a fatores ambientais: a órtese pode ser exposta à umidade, calor, produtos químicos e radiação UV. O material deve ser resistente a esses elementos para manter suas propriedades;
- c) Facilidade de limpeza: a higiene da órtese é crucial para a saúde da pele do paciente. Materiais que podem ser facilmente limpos e higienizados são preferíveis;
- d) Capacidade de reparo e ajuste: a possibilidade de realizar pequenos reparos ou ajustes na órtese sem a necessidade de uma substituição completa pode prolongar sua vida útil e otimizar custos. Termoplásticos se destacam pela facilidade de remodelagem.

2.7.4 Custo

O custo do material e do processo de fabricação é um fator prático (Kabuchi e Ribeiro, 2024). Em relação ao custo-Benefício, tem-se que materiais mais caros (como fibra de carbono) podem justificar o investimento devido à sua leveza e durabilidade superior, enquanto opções mais acessíveis (como termoplásticos básicos) podem ser suficientes para certas aplicações; em relação à disponibilidade, observa-se que a facilidade de acesso ao material e às tecnologias de fabricação também influencia a escolha, especialmente em regiões com recursos limitados.

2.7.5 Biocompatibilidade e Segurança

O material utilizado na confecção de órteses deve ser seguro para o contato prolongado com a pele, garantindo o bem-estar e a saúde do usuário. É fundamental que seja não tóxico e hipoalergênico, ou seja, que não cause reações alérgicas, irritações ou outros efeitos adversos, mesmo em peles sensíveis. Por isso, os materiais empregados geralmente são projetados com foco na biocompatibilidade, assegurando que possam ser utilizados de forma contínua sem comprometer a integridade da pele ou provocar desconforto. Essa característica é especialmente importante em órteses de uso prolongado ou contínuo (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3. ANÁLISE DOS MATERIAIS USADOS EM ÓRTESES EXTERNAS

Esta análise considerou os parâmetros de usabilidade (conforto, peso, durabilidade), a aplicação e os critérios de seleção dos materiais (biomecânica, custo e biocompatibilidade).

3.1 Termoplásticos (polipropileno, polietileno, EVA)

Os termoplásticos, como polipropileno, polietileno e EVA, são materiais amplamente utilizados na confecção de órteses devido à sua versatilidade e boas propriedades mecânicas. Embora ofereçam bom conforto e sejam relativamente leves, os termoplásticos de baixa temperatura podem necessitar de forros para evitar pontos de pressão e melhorar a ventilação, sendo indicados principalmente para órteses temporárias ou de reabilitação (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

Os materiais termoplásticos utilizados na confecção de órteses apresentam uma série de características vantajosas. Em termos de conforto, oferecem bom desempenho, especialmente os de baixa temperatura, embora possam necessitar de forros adicionais para evitar pontos de pressão e melhorar a ventilação. O peso varia de leve a moderado, conforme a espessura e o tipo do material. Sua durabilidade é considerada boa, sendo que os de alta temperatura se destacam nesse aspecto, enquanto os de baixa temperatura são mais indicados para órteses temporárias ou focadas na reabilitação. São materiais versáteis, amplamente aplicados em dispositivos para mão, punho, tornozelo-pé (como as AFOs), colares cervicais e coletes, permitindo ajustes frequentes e personalização. Do ponto de vista biomecânico, garantem boa rigidez com certa flexibilidade, o que favorece moldagens anatômicas; o EVA, por exemplo, é mais flexível e apropriado para áreas de contato direto com a pele. Além disso, apresentam baixo custo e ampla disponibilidade, oferecendo excelente relação custo-benefício. Por fim, destacam-

se pela biocompatibilidade, sendo geralmente hipoalergênicos e seguros para uso prolongado (Neumann; Atkins, 2020).

3.2 Metais (alumínio, aço, titânio)

As ligas metálicas utilizadas na confecção de órteses são escolhidas por sua alta resistência mecânica e desempenho estrutural, especialmente em aplicações que exigem grande suporte de carga ou estabilidade articular. O alumínio destaca-se por ser um material leve, com boa resistência à corrosão e facilidade de conformação, sendo amplamente empregado em hastes e armações. O aço inoxidável, por sua vez, oferece elevada resistência à tração e à fadiga, sendo indicado para estruturas que exigem maior rigidez e durabilidade ao longo do tempo. Já o titânio é extremamente leve, altamente resistente e biocompatível, o que o torna ideal para órteses de longa duração ou para pacientes com maior sensibilidade a materiais convencionais. Essas características fazem das ligas metálicas uma opção confiável para órteses complexas, como as do tipo KAFO ou HKAFO, que necessitam de máxima estabilidade e desempenho em uso prolongado. Embora as ligas metálicas ofereçam excelente durabilidade e suporte estrutural, seu peso e o contato direto com a pele podem comprometer o conforto, sendo necessário o uso de acolchoamento para evitar desconfortos durante o uso prolongado (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

Materiais metálicos como o alumínio, o aço inoxidável e o titânio são amplamente utilizados na confecção de órteses devido às suas propriedades mecânicas e funcionais. Em termos de conforto, esses materiais exigem acolchoamento adequado, já que o contato direto com a pele pode causar desconforto; o peso também influencia diretamente o conforto do usuário, especialmente em dispositivos de uso prolongado. O peso varia conforme o material: o titânio e o alumínio são leves, enquanto o aço é mais pesado. Em contrapartida, todos oferecem excelente durabilidade, sendo resistentes à fadiga e ao uso contínuo. São comumente aplicados em órteses que demandam suporte intenso, como KAFOs (Knee-Ankle-Foot Orthoses), HKAFOs (Hip-Knee-Ankle-Foot Orthoses), articulações mecânicas e barras estruturais. Do ponto de vista biomecânico, destacam-se por sua alta rigidez e resistência à tração; o titânio, em particular, combina leveza e resistência de forma notável. Quanto ao custo, o aço inox é economicamente mais acessível, enquanto o titânio apresenta custo elevado, embora compense pela durabilidade e leveza. Em relação à biocompatibilidade, o titânio é altamente tolerado pelo organismo humano, sendo considerado padrão-ouro nesse quesito, enquanto o aço inoxidável pode ser seguro quando submetido a tratamentos de superfície adequados (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.3 Fibras de Carbono

O compósito de fibras de carbono associado à resina epóxi tem se destacado como material de excelência para confecção de órteses de alto desempenho, devido à sua excepcional relação força-peso, combinando alta resistência mecânica com extrema leveza. Essa leveza favorece o conforto do usuário, permitindo o desenvolvimento de órteses finas que podem ser utilizadas discretamente sob as roupas, o que é especialmente relevante em contextos sociais e ocupacionais. A durabilidade é outro ponto forte, com elevada resistência à fadiga e rigidez estrutural, embora o material exija atenção a impactos pontuais, que podem comprometer sua integridade devido à natureza anisotrópica do compósito. No que diz respeito à aplicação, os compósitos de fibra de carbono são

amplamente utilizados em órteses do tipo AFO (Ankle-Foot Orthosis) para correção de queda do pé, órteses de joelho com exigência de leveza e rigidez, e também em estruturas destinadas ao uso esportivo ou de alto rendimento. Em termos biomecânicos, esse material oferece altíssima rigidez, resistência à tração e fadiga, sendo ideal para aplicações em que se espera desempenho estrutural elevado sob cargas repetitivas. Contudo, o custo é relativamente alto, uma vez que a produção dessas órteses requer tecnologias avançadas de laminação, moldagem e acabamento. Quanto à biocompatibilidade, os compósitos de carbono, quando adequadamente revestidos com materiais seguros, como resinas biocompatíveis ou liners protetores, são considerados seguros para uso prolongado em contato com a pele (Silver-Thorn; Steege; Childress, 1996).

3.4 Tecidos e Acolchoamentos (Neoprene, Espumas, Velcros):

Os materiais de acolchoamento e fixação, como espumas, velcros e neoprene, desempenham um papel crucial na função e conforto das órteses, sendo responsáveis por proporcionar maciez, absorção de impacto e proteção contra atrito nas áreas de contato com a pele. Por serem muito leves, contribuem para o conforto geral do dispositivo sem comprometer a mobilidade do usuário. Entretanto, apresentam durabilidade variável: o velcro pode perder sua capacidade de aderência com o tempo, as espumas tendem a se degradar com o uso contínuo e a exposição ao suor e à umidade, enquanto o neoprene, embora mais resistente, também exige cuidados para manter sua integridade. Essas limitações exigem manutenção periódica ou substituição, sobretudo em dispositivos de uso prolongado. Na prática, são aplicados em forros internos, faixas de fixação, sistemas de fechamento e acolchoamentos, oferecendo bom amortecimento e ajuste anatômico, embora não sejam indicados para suportar cargas estruturais significativas, atuando apenas como elementos complementares à estrutura rígida da órtese. De modo geral, possuem custo baixo a médio e são facilmente substituíveis, o que favorece sua adoção ampla. Em relação à biocompatibilidade, esses materiais são geralmente bem tolerados, mas o neoprene pode ocasionar reações alérgicas em usuários com pele sensível, exigindo avaliação individual (Kabuchi e Ribeiro (2024)).

3.5 Couro

O couro, material de origem natural, foi amplamente utilizado historicamente na confecção de órteses devido à sua flexibilidade, resistência mecânica moderada e conforto ao uso, sendo especialmente valorizado pelo seu toque agradável e pela capacidade de adaptação ao formato do corpo. Com peso leve a moderado, o couro proporciona boa acomodação anatômica e estabilidade relativa, desempenhando papel importante principalmente em forros internos, tiras de fixação e em estruturas de órteses mais antigas, como as destinadas aos membros inferiores. Sua durabilidade, embora geralmente boa, depende de cuidados específicos, já que pode ressecar, rachar ou perder a maleabilidade com o tempo e a exposição a umidade, suor ou variações de temperatura. Biomecanicamente, o couro oferece rigidez e flexibilidade moderadas, o que o torna útil para situações que requerem certo grau de suporte com adaptabilidade, embora não seja indicado para cargas estruturais elevadas. Em termos de biocompatibilidade, o couro é geralmente bem tolerado, mas pode provocar reações alérgicas em usuários sensíveis, principalmente devido a resíduos de curtimento químico. Atualmente, seu uso tem diminuído em função do surgimento de materiais sintéticos mais duráveis,

resistentes à umidade e tecnologicamente avançados, que exigem menos manutenção e apresentam desempenho superior em várias aplicações ortopédicas modernas (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.6 PLA (Ácido Polilático) – para impressão 3D em órteses

O PLA (Ácido Polilático) é um polímero biodegradável bastante empregado na impressão 3D de órteses, destacando-se especialmente em prototipagens e aplicações temporárias devido à sua leveza e facilidade de modelagem. Esse material apresenta conforto ao paciente por ser suave ao toque, além de ser ecologicamente sustentável, o que contribui para sua ampla aceitação. Contudo, o PLA possui durabilidade limitada, sendo sensível ao calor e à umidade, o que pode levar a deformações e restrições de uso em ambientes adversos ou para aplicações prolongadas. Em termos biomecânicos, oferece boa rigidez, mas apresenta baixa resistência à fadiga e a impactos, o que o torna mais adequado para órteses pediátricas ou de curta duração. Além disso, o PLA é uma opção de baixo custo, amplamente utilizada em impressão 3D, e apresenta biocompatibilidade satisfatória, ainda que possa degradar-se com o tempo (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.7 ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) – para impressão 3D em órteses:

O ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) é um termoplástico conhecido por sua resistência e durabilidade, sendo amplamente utilizado na impressão 3D de órteses permanentes que demandam maior resistência mecânica e térmica. Embora ofereça rigidez razoável e alta resistência a impactos, o ABS é um pouco mais pesado e menos confortável ao toque em comparação ao PLA, podendo, entretanto, ser suavizado por meio de acabamentos adequados. Sua aplicação é recomendada principalmente para órteses de membros superiores e inferiores que requerem uso prolongado. O custo do ABS é baixo, aliado à facilidade de impressão e usinagem, o que o torna uma escolha prática para produções em série. Contudo, é importante destacar que durante o processo de impressão o ABS pode liberar vapores tóxicos, exigindo ambientes ventilados e equipamentos de proteção para garantir a segurança do operador, além de sua biocompatibilidade limitada ao uso externo (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.8 PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) - para impressão 3D em órteses

O PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) é um material de impressão 3D que se destaca por oferecer uma combinação equilibrada entre flexibilidade, resistência e facilidade de manuseio, tornando-se ideal para a fabricação de órteses funcionais que serão expostas à umidade ou a uso contínuo. Apresenta boa flexibilidade e toque agradável, conferindo conforto ao paciente, além de possuir peso leve a moderado. Sua alta resistência à tração e à umidade permite aplicações em ambientes desafiadores, como órteses esportivas ou para uso em banhos. Biomecanicamente, o PETG oferece uma combinação eficaz entre rigidez e flexibilidade, resistindo bem a impactos. Embora seu custo seja acessível e considerado seguro para uso externo, é importante observar que, durante a impressão, o PETG pode liberar vapores tóxicos, requerendo cuidados como ventilação adequada (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.9 TPU (Polímero Termoplástico de Uretano) - para impressão 3D em órteses

O TPU (Polímero Termoplástico de Uretano) é um material flexível e resistente amplamente utilizado na impressão 3D de órteses, especialmente em componentes que demandam elasticidade, conforto e adaptação ao corpo, como partes móveis ou acolchoadas. Sua alta flexibilidade e excelente resistência ao desgaste tornam o TPU ideal para órteses dinâmicas ou de contato prolongado com a pele, proporcionando conforto superior e desempenho eficiente. Além disso, o TPU é leve e oferece alta absorção de impacto, características biomecânicas que o tornam adequado para revestimentos internos e áreas que requerem amortecimento. Embora seu custo seja médio, é frequentemente utilizado em combinação com outros materiais para otimizar funcionalidade. Quanto à biocompatibilidade, o TPU é geralmente seguro, mas recomenda-se a verificação da formulação específica para garantir a adequação ao uso pretendido (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

3.10 Nylon (Poliamida) - para impressão 3D em órteses

O Nylon (Poliamida) é um material de alta performance utilizado na impressão 3D de órteses que requerem resistência mecânica, durabilidade e flexibilidade, sendo especialmente indicado para aplicações de longa duração. Com toque suave e boa adaptação ao contato com a pele, o Nylon apresenta peso leve aliado a uma durabilidade muito alta, destacando-se pela excelente resistência ao impacto e à fadiga. Sua aplicação é recomendada para órteses que exigem desempenho robusto em ambientes onde a resistência mecânica é fundamental. Biomecanicamente, o Nylon oferece boa resistência à tração, flexibilidade e durabilidade, proporcionando soluções confiáveis para uso prolongado. Apesar dessas vantagens, a impressão em Nylon demanda equipamentos específicos e controle rigoroso de temperatura, o que pode limitar sua utilização em ambientes de prototipagem simples. O custo do material é médio, e sua biocompatibilidade é geralmente segura, dependendo do grau de pureza do polímero (Kabuchi e Ribeiro, 2024).

A seguir, um quadro comparativo sobre materiais e suas características de usabilidade e critérios de seleção (Quadro 1).

Quadro 1 – Comparativo entre materiais

Material	Conforto	Peso	Durabilidade	Biomecânica	Custo	Biocompatibilidade
Termoplásticos (Órteses de mão, punho, AFOs, coletes, colares; personalizáveis)	Bom; pode exigir forros	Leve a moderado	Boa; de baixa Temp. = uso temporário	Boa rigidez com alguma flexibilidade; EVA é mais macio	Baixo	Biocompatíveis e hipoalergênicos
Metais (KAFOs, HKAFOs, armações estruturais, articulações mecânicas)	Requer acolchoamento; peso pode causar desconforto	Titânio e alumínio = leves; aço = pesado	Excelente; alta resistência à fadiga	Alta rigidez, resistência à tração e fadiga	Aço = baixo; Titânio = alto	Titânio é altamente biocompatível; aço inox com tratamento adequado

Fibras de Carbono (AFOs funcionais, órteses esportivas, estruturas de alto desempenho)	Bom; finas, discretas, permite uso sob roupas	Extremamente leve	Muito alta; sensível a impacto localizado	Altíssima rigidez e resistência à fadiga e tração	Alto	Seguras com revestimento adequado
Tecidos e Acolchoamentos (Forros, faixas de fixação, fechos, revestimentos internos)	Excelente; macios, absorvem impacto	Muito leve	Variável; espumas degradam, velcro perde aderência	Amortecimento e ajuste apenas; sem função estrutural	Baixo a médio	Em geral seguros; neoprene pode causar alergias
Couro (Forros, tiras de fixação, estruturas antigas; menos comum em órteses modernas)	Bom; adapta-se bem ao corpo, toque agradável	Leve a moderado	Boa com manutenção; pode ressecar ou rachar	Moderadamente rígido; flexível; permite adaptação ao corpo	Médio a alto	Natural, pode causar alergias em alguns casos
PLA (Órteses pediátricas ou temporárias)	Suave, bem aceito em usos temporários	Leve	Baixa a moderada; sensível a calor e umidade	Boa rigidez, mas baixa resistência à impacto e fadiga	Baixo	Geralmente seguro, mas pode degradar com o tempo
ABS (Órteses permanentes de membros superiores e inferiores)	Regular; exige acabamento	Levemente mais pesado que PLA	Alta resistência mecânica e térmica	Boa rigidez e resistência a impacto; menor flexibilidade	Baixo	Uso externo comum; gases tóxicos se aquecido
PETG (Esportivas, ambientes úmidos, banhos, órteses funcionais)	Boa flexibilidade, toque agradável	Leve a moderado	Alta; resiste à tração, umidade e químicos	Boa rigidez com flexibilidade; resistente a impacto	Baixo a médio	Seguro para uso externo; cuidado com vapores ao aquecer
TPU (Revestimentos internos, partes móveis, órteses dinâmicas)	Excelente; flexível e adaptável ao corpo	Leve	Alta elasticidade e resistência ao desgaste	Alta flexibilidade e absorção de impacto	Médio	Geralmente seguro; verificar formulação
Nylon (Órteses de longa duração e aplicações com exigência mecânica)	Suave e flexível, bom contato com a pele	Leve	Muito alta; resistente à fadiga e impacto	Boa resistência à tração; flexível e durável	Médio	Seguro, dependendo da pureza do material

Fonte: Elaborado pelo autor

4. INDICAÇÃO DE ACORDO COM O MATERIAL

O Quadro 2 mostra uma síntese dos materiais e sua principal indicação, de acordo com as características de usabilidade e critérios de seleção.

Quadro 2 – Indicação de uso por material

Material	Indicação Principal de Uso
Termoplásticos (PP, PE, EVA)	Órteses personalizadas e ajustáveis para reabilitação, uso temporário ou pediátrico; ideais para AFOs, coletes, colares.
Metais (Alumínio, Aço, Titânio)	Órteses estruturais de alta carga, como KAFOs, HKAFOs, articulações mecânicas e armações; uso prolongado e exigente.
Fibras de Carbono	Órteses de alto desempenho e baixo peso, especialmente em contextos esportivos ou neurológicos, como AFOs funcionais.
Tecidos e Acolchoamentos	Revestimentos internos, fechos e acolchoamentos de qualquer tipo de órtese; essenciais para conforto e ajuste personalizado.
Couro	Componentes complementares em órteses tradicionais ou para pacientes que preferem materiais naturais; uso mais estético ou histórico.
PLA (3D)	Prototipagem rápida e órteses temporárias, uso educacional ou pediátrico, onde o baixo custo e leveza são prioridades.
ABS (3D)	Órteses definitivas e mais robustas impressas em 3D, especialmente em membros superiores ou inferiores com uso regular.
PETG (3D)	Órteses funcionais que requerem boa resistência à umidade e impacto, como órteses esportivas ou para banho.
TPU (3D)	Partes móveis ou zonas de flexibilidade e conforto, como almofadamentos, articulações suaves e revestimentos internos.
Nylon (3D)	Órteses de longa duração e alto desempenho, em pacientes ativos ou em contextos que exigem resistência mecânica superior.

Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do material para órteses deve atender a uma série de critérios biomecânicos, funcionais e de conforto, sendo que nenhum material, isoladamente, cumpre de forma plena todos os requisitos. Portanto, a seleção ideal dependerá do perfil do paciente, do tipo de órtese e de condições específicas de uso.

Materiais como metais (alumínio, aço, titânio) e fibras de carbono apresentam excelente desempenho em rigidez, resistência à tração e durabilidade, sendo indicados para órteses estruturais ou de alta exigência mecânica. No entanto, são menos confortáveis e mais caros, além de limitarem ajustes após a fabricação.

Por outro lado, termoplásticos (polipropileno, polietileno, EVA) se destacam por sua versatilidade, custo acessível e facilidade de ajuste, sendo amplamente utilizados em órteses moldáveis para reabilitação, especialmente em pediatria e em contextos de uso temporário. Ainda assim, sua durabilidade é inferior aos materiais mais rígidos, o que exige atenção em usos prolongados.

Materiais de impressão 3D como PLA, ABS, PETG, TPU e Nylon vêm ganhando espaço por permitirem personalização, produção descentralizada e integração com tecnologias digitais. Embora PLA e TPU sejam mais indicados para protótipos ou componentes flexíveis, materiais como Nylon e ABS oferecem resistência comparável a métodos tradicionais, abrindo espaço para aplicação clínica definitiva, especialmente em locais com menor infraestrutura técnica. Tecidos, espumas e velcros, embora não cumpram funções estruturais, são indispensáveis para garantir conforto, fixação e adaptação, e devem ser escolhidos com atenção à biocompatibilidade e durabilidade.

Por fim, o custo e a disponibilidade ainda são fatores determinantes. Embora materiais de alto desempenho possam oferecer vantagens em durabilidade e conforto, sua adoção deve considerar a realidade econômica da instituição e do paciente, visando sempre o equilíbrio entre eficácia clínica e viabilidade prática.

A análise evidencia que a combinação de materiais é, na maioria das vezes, a melhor abordagem, permitindo aproveitar o que cada tipo oferece de melhor. Em um cenário ideal, o planejamento da órtese deve envolver uma avaliação criteriosa e individualizada, considerando as demandas biomecânicas do caso, o perfil do paciente (idade, sensibilidade, nível de atividade), a durabilidade e manutenção esperada, a possibilidade de ajustes futuros e a viabilidade econômica do material e do processo de fabricação.

O avanço da tecnologia, especialmente com a disseminação da impressão 3D e o desenvolvimento de novos polímeros, amplia significativamente as possibilidades de customização e acessibilidade de órteses. No entanto, isso exige dos profissionais da área biomédica e da reabilitação uma compreensão técnica sólida dos materiais disponíveis, bem como constante atualização sobre novas soluções.

Assim, a decisão sobre o material a ser utilizado em uma órtese deve ser multidisciplinar, integrando conhecimentos de biomecânica, engenharia de materiais, ergonomia e clínica, com foco na funcionalidade, conforto e segurança do paciente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, Luciana B.; TOYODA, Cristina Y. Estudo de materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 11, n. 2, 2010.

ALTMAN, D. G.; SCHULZ, K. F.; MOHER, D., et al. CONSORT GROUP (Consolidated Standards of Reporting Trials). The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: Explanation and elaboration. *Annals of Internal Medicine*, 2001.

AMIRALIAN, Maria L. T. et al. Conceituando deficiência. *Revista de Saúde Pública* [online], 2000, v. 34, n. 1, p. 97-103. ISSN 0034-8910.

BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: CEDI (Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil), 2013.

BOIANI, A.; DE MARCHIS, C., et al. Preterm infants with severe extrauterine growth retardation (EUGR) are at high risk of growth impairment during childhood. *European Journal of Pediatrics*, 2015.

CABRAL, Brunna Matias Ribeiro et al. Entraves na utilização de órteses de membros superiores por terapeutas ocupacionais do Recife/Obstacles in the use of bracing for upper limbs by Occupational Therapist of Recife. *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional - REVISBRATO*, v. 3, n. 3, p. 397-408, 2019.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. *Ciência dos Polímeros: um texto básico para Tecnólogos e Engenheiros*. São Paulo: Editora Artiliber, 2002.

DIAS, Camila Ap et al. Reflexões da terapia ocupacional sobre a utilização da impressora 3D para manufatura de órteses para membros superiores. p. 1-388-416.

FARIAS, N.; BUCHALLA, C. M. A classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde da organização mundial da saúde: Conceitos, usos e perspectivas. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 8, p. 187-193, 2005.

GALVÃO FILHO, T. Tecnologia Assistiva: favorecendo o desenvolvimento e a aprendizagem em contextos educacionais inclusivos. In: GIROTO, C. R. M.; POKER, R. B.; OMOTE, S. (Org.). *As tecnologias nas práticas pedagógicas inclusivas*. Marília/SP: Cultura Acadêmica, 2012. p. 65-92.

IBGE. *Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JUNIOR, Laelson. Resumo sobre Órtese: o que é, funções e mais! MedEstratégia, 2024. Disponível em: <https://med.estrategia.com/portal/conteudos-gratis/ciclo-basico/resumo-sobre-ortese-o-que-e-funcoes-e-mais>. Acesso em: jun. 2025.

KABUCHI, Thais Aparecida Fernandes; RIBEIRO, Rosinei Batista. Análise de propriedades mecânicas de polímeros para aplicação em órteses, 2024. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/967/d493d6b779a3995567b0a509db1ac467.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2025.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2005.

MORENO SERRALHERIA. Tipos de metais e suas aplicações: entenda cada detalhe. Disponível em: <https://serralheriamoreno.com.br/tipos-de-metais-e-suas-aplicacoes-entenda-cada-detalhe>. Acesso em: 11 jul. 2025.

MATERIAL PROPERTIES. Termoplástico de Poliuretano. Disponível em: <https://material-properties.org/pt-br/termoplastico-de-poliuretano-2/>. Acesso em: 11 jul. 2025.

NEUMANN, D. A.; ATKINS, D. J. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*. 4. ed. Elsevier, 2020.

NUNES GIRACCA, César; MERINO, Eugenio. *Construção de órteses em fibra de carbono de baixo custo*, 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *A saúde mental pelo prisma da saúde pública. Relatório sobre a saúde no mundo 2001: Saúde mental: nova concepção, nova esperança*. Genebra: OPAS/OMS, 2001. p. 1-16.

PIRENÓPOLIS INDÚSTRIA. *Termoplásticos: O que são e como são utilizados na indústria?* Disponível em: <https://pirenopolis.ind.br/termoplasticos-o-que-sao-e-como-sao-utilizados-na-industria/>. Acesso em: 11 jul. 2025.

PROTETICS. *Fibra de Carbono: o futuro dos materiais em próteses ortopédicas*. Disponível em: <https://www.protetics.com.br/fibra-de-carbono-o-futuro-dos-materiais-em-proteses-ortopedicas>. Acesso em: 11 jul. 2025.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. C. Reflexões sobre recursos. *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, v. 16, n. 3, p. 97-104, set./dez. 2005.

SANTIS, Eduarda Carlos de; ALVES, Nilton Monteiro. *Estudo, projeto e construção de órtese de membros inferiores*, 2024. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/67212/67212.PDF>. Acesso em: jun. 2025.

SANTOS JUNIOR, H. C. F. et al. *A aplicação da tecnologia de impressão 3D na saúde: possibilidades para confecção de órteses e próteses*, 2020. p. 1-11.

SCHIRMER, C. R. et al. *Atendimento educacional especializado: deficiência física*. São Paulo: MEC/SEESP, 2007.

SILVER THORN, B. M.; STEEGE, J. W.; CHILDRESS, D. S. A review of prosthetic interface stress investigations. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Washington, v. 33, n. 3, p. 253–266, jul. 1996.