



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Isabel Maria Marques Carvalho

**RELAÇÃO ENTRE OSCILAÇÕES VOLUMÉTRICAS DO MEMBRO RESIDUAL E O ENCAIXE DA
PRÓTESE DE AMPUTADOS TRANSTIBIAIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Florianópolis - SC
2021

Isabel Maria Marques Carvalho

**RELAÇÃO ENTRE OSCILAÇÕES VOLUMÉTRICAS DO MEMBRO RESIDUAL E O ENCAIXE DA
PRÓTESE DE AMPUTADOS TRANSTIBIAIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Mestre em
Design
Orientador: Prof. Milton Luiz Horn Vieira
Dr. Eng.

Florianópolis-SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carvalho, Isabel Maria Marques
RELAÇÃO ENTRE OSCILAÇÕES VOLUMÉTRICAS DO MEMBRO RESIDUAL
E O ENCAIXE DA PRÓTESE DE AMPUTADOS TRANSTIBIAIS: UMA
REVISÃO INTEGRATIVA / Isabel Maria Marques Carvalho ;
orientador, Milton Luiz Horn Vieira, 2021.
93 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós
Graduação em Design, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Design. 2. Design. 3. Prótese. 4. Revisão
Integrativa. 5. Volume do Membro residual. I. Vieira,
Milton Luiz Horn. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Isabel Maria Marques Carvalho

**RELAÇÃO ENTRE OSCILAÇÕES VOLUMÉTRICAS DO MEMBRO RESIDUAL E O ENCAIXE DA
PRÓTESE DE AMPUTADOS TRANSTIBIAIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Giselle Schmidt Alves Díaz Merino, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr.

Universidade do Estado de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Design.

Prof. Ricardo Triska, Dr. Eng.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Design

Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr. Eng.

Orientador

Florianópolis, 09 de Abril de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao laboratório DesignLab por abrir as portas para o desenvolvimento deste trabalho.
Agradeço aos que participaram desta pesquisa e às horas roubadas daqueles que colaboraram à execução deste trabalho.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais

RESUMO

A fabricação de próteses para membros amputados é uma atividade antiga na humanidade, uma atividade que passou por evoluções significativas a partir do século XX graças aos avanços tecnológicos como a digitalização e a impressão 3D. O processo de medição e avaliação de mudanças volumétricas do membro residual são partes integrais que antecedem a fabricação destas próteses e são fundamentais para garantir o bom funcionamento da prótese. Foi realizada uma revisão integrativa visando reunir dados produzidos nos últimos anos e analisá-los criticamente para evidenciar o avanço e o desenvolvimento de novas técnicas e sistemas que possam ser usados para quantificar as mudanças de volumetria do coto protetizado. Por este motivo foi analisada a experiência da digitalização de membros residuais na prestação de serviços aos amputados, para investigar as mudanças de volumetria do coto em relação ao uso da prótese que podem vir a comprometer o conforto e a inserção social do indivíduo amputado. Para tal fim foi empregado o uso de métodos e ferramentas de revisão sistemática integrativa da literatura que serve para poder consolidar e avaliar um conjunto de métodos de visualizar, mensurar e quantificar as mudanças que podem vir a ocorrer durante o uso da prótese, apontando melhorias no processo de concepção e adaptação às próteses utilizadas até então e futuramente usar os dados revelados por esta investigação para consolidar e propor soluções mais ergonômicas e mais direcionadas ao usuário final do encaixe das próteses.

Palavras Chaves: Design. Próteses. Revisão integrativa. Volume do membro residual.

ABSTRACT

The manufacture of prostheses for amputated limbs is an ancient activity in humanity, an activity that has undergone significant developments since the 20th century thanks to technological advances such as digitalization and 3D printing. The process of measuring and evaluating the volumetric changes of the residual limb are integral parts that precede the manufacture of these prostheses and are essential to ensure the proper functioning of the prosthesis. An integrative review was carried out aiming to gather data produced in recent years and analyze them critically to evidence the advancement and development of new techniques and systems that can be used to quantify changes in the volume of the residual limb. For this reason, the experience of digitizing residual limbs in providing services to amputees was analyzed, to investigate changes in the volume of the stump in relation to the prosthesis that may compromise the comfort and social insertion of the amputee. For this purpose, the use of methods and tools of integrative systematic review of the literature was used, which serves to consolidate and evaluate a set of methods to visualize, measure and quantify the changes that may occur during the use of the prosthesis, pointing to improvements in the process of conception and adaptation to the prostheses used until then and to use the data revealed by this investigation to consolidate and propose more ergonomic solutions that are more directed to the end user of the prostheses that can be implemented in the future.

Keywords: Design. Prostheses. Sistematic Review. Residual limb volume.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 NÍVEIS DE AMPUTAÇÃO: REFERÊNCIA AOS NÍVEIS DE SECÇÃO DA PARTE DO CORPO. FONTE: GUIA DO AMPUTADO.	23
FIGURA 2 TIPOS DE REVISÃO DA LITERATURA FONTE: AUTORA, ADAPTADO DE BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011.....	33
FIGURA 3 ETAPAS DA REVISÃO INTEGRATIVA, FONTE: BOTELHO ET. AL. 2011.....	37
FIGURA 4 - (A) ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CONFIGURAÇÃO DA FERRAMENTA, (B) DIMENSÕES DA CONFIGURAÇÃO ESTÉREO FOTOGRAMÉTRICAS. FONTE: SOLAV ET. AL., 2019.	54
FIGURA 5 - FLUXO DE TRABALHO DE RECONSTRUÇÃO DA SUPERFÍCIE DO MEMBRO RESIDUAL USANDO 3D-DIC. FONTE: SOLAV ET. AL., 2019.....	55
FIGURA 6 - (DA ESQUERDA PARA A DIREITA) MARCAÇÃO DE INTERVALOS DE 1CM PARA A MEDIÇÃO CONVENCIONAL, UTILIZAÇÃO DO BIOSCANNER E O MODELO FINAL USANDO O SOFTWARE BIOSHAPE. FONTE: MEHMOOD ET. AL., 2019.....	56
FIGURA 7 - (A) MOLDE DO MEMBRO RESIDUAL COM MARCADORES TRIDIMENSIONAIS, (B) ALINHAMENTO NO SOFTWARE NETFABB BASIC. FONTE: ARMITAGE ET. AL., 2019	57
FIGURA 8 - MÉTODO DE DIGITALIZAÇÃO USANDO O BIOSCULPTER. FONTE: KOFMAN ET. AL., 2018.....	58
FIGURA 9 - (A) MOLDE DO MEMBRO RESIDUAL COM MARCADORES TRIDIMENSIONAIS 1, 2 E 3. FONTE: SEMINATI ET. AL., 2017.....	59
FIGURA 10 - (B) CONFIGURAÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO COM ROMER (C) CONFIGURAÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO COM ARTEC EVA. FONTE: SEMINATI ET. AL., 2017	60
FIGURA 11 - (D) MODELOS 3D DO ROMER (ROSA) E ARTEC EVA (AZUL), (E) ALINHAMENTO DO PLANO COM OS PONTOS DE REFERÊNCIA NO SOFTWARE, (F) ÁREAS DE SECÇÃO TRANSVERSAL AO LONGO DO MEMBRO. FONTE: SEMINATI ET. AL., 2017.....	60
FIGURA 12 COMPARAÇÃO DO MESMO MODELO COLETADO COM OS 2 SCANNERS DIFERENTES PELO MESMO EXAMINADOR PARA UM MODELO TRANSFEMORAL (A) E UM MODELO TRANSTIBIAL (B). FONTE: SEMINATI ET. AL., 2017.....	61
FIGURA 13 - PROCESSO DE ANÁLISE DO FORMATO DO MEMBRO RESIDUAL. FONTE: DICKINSON ET. AL., 2016	62
FIGURA 14 - PROCESSO DA VERIFICAÇÃO DA PRECISÃO DO SCANNER. FONTE: DICKINSON ET. AL., 2016	62
FIGURA 15 - BIOSCULPTER BIOSCANNER. FONTE: WW.BIOSCULPTER.COM.....	64
FIGURA 16 - RODIN4D O&P SCANNER. FONTE: WW.RODIN4D.COM.....	64
FIGURA 17 - OMEGA SCANNER. FONTE: WW.WILLOWWOOD.COM.....	65
FIGURA 18 - PROVEL D2 DIGITIZER. FONTE: WW.PROVEL.US.....	66
FIGURA 19 - ARTEC EVA SCANNER. FONTE: WW.ARTEC3D.COM.....	67

FIGURA 20 - GO!SCAN 3D. FONTE: WW.CREAFORM3D.COM	67
FIGURA 21 - ROMER SCANNER. FONTE: HEXAGON PRODUCT BROCHURE	68
FIGURA 22 - VIUSCAN. FONTE: WW.CREAFORM3D.COM.....	69
FIGURA 23 - ISENSE SCANNER. FONTE: WW.3DSYSTEMS.COM	69
FIGURA 24 - SENSE 3D. FONTE: WWW.3DSYSTEMS.COM.....	70
FIGURA 25 - MÓDULO DE CÂMERA RASPBERRY PI V2 COM RASPBERRY PI ZERO W BOARD E ENCAIXE IMPRESSO EM 3D. FONTE: WWW.3DSYSTEMS.COM	70
FIGURA 26 - MEDIÇÃO COM MÉTODO DE DESLOCAMENTO DE ÁGUA. FONTE: MEHMOOD ET. AL. (2019)	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TIPOS DE REVISÃO DE LITERATURA.....	35
TABELA 2 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES SELECIONADAS POR BASE DE DADOS.....	45
TABELA 3 – RESULTADOS DA REVISÃO INTEGRATIVA.....	46
TABELA 4 – IDENTIFICAÇÃO DAS PESQUISAS	50
TABELA 5 – ÁREA DO CONHECIMENTO DO PRIMEIRO AUTOR, INSTITUIÇÃO E PAÍS SEDE DOS ESTUDOS	51
TABELA 6 – OBJETIVOS DOS ESTUDOS (P: DADOS PRIMÁRIOS; S: DADOS SECUNDÁRIOS; QUALI: ABORDAGEM QUALITATIVA; QUANTI: ABORDAGEM QUANTITATIVA; D: ANÁLISE DESCRITIVA; E: ANÁLISE ESTATÍSTICA) ..	52
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA DE COLETA DE DADOS (ND = NÃO DESCRITO).....	75
TABELA 8 – AFIRMAÇÕES TRAZIDAS PELOS AUTORES E SEU GRAU DE CERTEZA DE ACORDO COM QUANTIDADE DE AUTORES CORROBORANTES	86

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PROPORÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA, NA POPULAÇÃO TOTAL, SEGUNDO O SEXO, OS GRUPOS DE IDADE, A COR OU RAÇA E O NÍVEL DE INSTRUÇÃO.....	25
GRÁFICO 2 – POPULAÇÃO BRASILEIRA COM DEFICIÊNCIA FÍSICA ADQUIRIDA SEGUNDO SEXO, IDADE, COR E NÍVEL DE INSTRUÇÃO.....	26
GRÁFICO 3 – POPULAÇÃO RESIDENTE NAS REGIÕES BRASILEIRAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA DE NASCENÇA OU ADQUIRIDA.....	26

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	20
1.4	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	20
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1	AMPUTAÇÃO E PRÓTESES	22
2.1.1	Etiologia das Amputações	22
2.1.2	Níveis de Amputação.....	23
2.1.3	Termos técnicos utilizados na descrição do membro amputado	24
2.1.4	Censo demográfico.....	25
2.1.5	Próteses.....	27
2.1.6	Mudanças volumétricas do membro residual.....	28
2.2	ANTROPOMETRIA NA ERGONOMIA.....	28
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	32
3.1.1	Breve Histórico	32
3.1.2	Prática Baseada em Evidências	34
3.1.3	Tipos de Revisão Bibliográfica	34
3.1.4	Revisão Integrativa	36
3.2	REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	40
3.2.1	Primeira Etapa: construção da questão de pesquisa e determinação da estratégia de busca	41
3.2.2	Segunda Etapa: Estabelecimento de Critérios de inclusão e exclusão	43
3.2.3	Terceira Etapa: Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados	45
3.2.4	Quarta Etapa: Categorização dos estudos	47
3.2.5	Quinta Etapa: Análise e Interpretação dos resultados.....	48
3.2.6	Sexta Etapa: Apresentação dos Resultados	48
4.	Resultados	49
4.1	METADADOS DAS PUBLICAÇÕES.....	49
4.2	MÉTODO PARA MEDIR A VOLUMETRIA DO MEMBRO RESIDUAL.....	53
4.2.1	Testes com pessoas.....	53
4.2.2	Testes com moldes/modelos de membros residuais.....	57

4.3	CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS	63
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE DIGITALIZAÇÕES.....	73
4.5	FONTES DE ERRO DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO.....	76
4.5.1	Distorção do formato do membro residual	76
4.5.2	Alteração de volume diários do membro residual.....	76
4.5.3	Treinamento dos avaliadores.....	77
4.5.4	Tempo Dedicado à Medição.....	78
4.5.5	Tamanho da amostra	79
4.5.6	Testes em modelos.....	79
4.6	DADOS EXTRAÍDOS DO ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA CONFIABILIDADE E VALIDADE DAS FERRAMENTAS DE MEDIÇÃO	80
5.	DISCUSSÕES.....	83
6.	CONCLUSÕES.....	88
	REFERÊNCIAS.....	90

1. INTRODUÇÃO

Dentro do processo de protetização vários profissionais contribuem, cada um com sua expertise, para que a pessoa amputada possa vir a utilizar a prótese mais indicada para ela e para que esta pessoa se adapte com sucesso ao seu dispositivo de tecnologia assistiva. Estudos apontam que o processo de protetização é mais efetivo quando há uma abordagem interdisciplinar na fabricação e seleção do dispositivo de tecnologia assistiva, porém, são raros os casos em que o profissional do design é incluído nesta listagem de profissionais contribuintes.

Tendo ressaltado isto, este trabalho traz exemplos documentados de como avaliar a utilização de próteses transtibiais por indivíduos amputados, especificamente, como quantificar as oscilações no volume do membro residual afim de investigar a ergonomia do encaixe da prótese sendo usada.

Verificou-se na literatura que diabetes pode vir a causar a perda parcial ou total de membros, e que uma grande porcentagem de amputações não traumáticas são provocadas por complicações chamadas de pé diabético como indicado por Ragnarson & Apelqvist (2004), conforme citado por Lourenço (2017):

“Entre as muitas complicações sérias que podem afetar os pacientes diabéticos, os pés diabéticos são as mais comuns(...) De 15 a 20% de todos os diabéticos terão úlceras nos pés ao longo da vida, e estes antecedem a amputação em até 85% dos casos. Todos os anos, mais de um milhão de pessoas em todo o mundo sofrem amputação dos membros inferiores como consequência do diabetes”. (Lourenço, 2017 p. 16)

O mesmo autor relata que, no Brasil, em 2011, aproximadamente 80% das amputações de membros inferiores foram realizadas em pacientes com doença vascular periférica e/ou diabetes. Este elevado percentual relatado condiz com as estatísticas que afirmam que as amputações de membro inferior são as mais comuns de todas as amputações e são principalmente causadas por doença vascular com ou sem diabetes, tanto no Brasil como mundialmente. No Canadá as amputações das extremidades inferiores estão entre as complicações mais graves e onerosas da diabetes. Na verdade, as doenças vasculares como diabetes, estão bem estabelecidas como as principais causas de amputações não traumáticas, sendo responsável por 50% a 70% de todos os casos. Os canadenses com diabetes são 20 vezes mais propensos a serem hospitalizados por amputações das extremidades inferiores do que os não diabéticos” (LOURENÇO, 2017 p. 16). A pessoa diabética enfrenta dificuldades em vários aspectos da vida e não só na alimentação, aqueles que já sofreram uma amputação, por exemplo,

necessita de atenção especial com relação ao membro residual, pois que a pele já estará mais comprometida e sensível após a cirurgia.

Pesquisas da área de próteses nos informam também que comorbidades presentes em pacientes diabéticos incluem ganho de peso, que, por sua vez significa aumento da circunferência do membro residual. Mudança muito significativa na circunferência do membro residual, especialmente aquelas diretamente relacionadas à ganho de peso, pode causar desconforto, lesões ou impossibilitar o uso da prótese, o que compromete ainda mais a qualidade de vida da pessoa.

Diversos artigos abordam o abandono ou mau uso de dispositivos de tecnologia assistiva (DTAs) e que as causas tendem a variar de pessoa para pessoa, mas que “muitos fatores de abandono descritos estão interligados. Insatisfação, inadequação e dificuldade de uso são termos amplos, que podem estar associados ao peso elevado do DTA, à dor e ao desconforto” (COSTA *et al.* 2015). Outro estudo afirma que

“muitos pacientes relataram ser mais independentes com o uso de cadeira de rodas do que com a prótese, especialmente devido ao peso e a dificuldade em colocá-la, sempre necessitando da ajuda de terceiros, além do que se sentem mais seguros e menos temerosos de quedas.” (CHAMLIAN, 2014 p.445)

Costa et al. (2015) afirma que um dos fatores que levam ao abandono de DTAs

“citado com frequência foi a dor, uma sensação desagradável que pode ser sinal de lesão corporal.(...) Esse resultado indica a necessidade de o DTA ser ajustado para não propiciar dor, para evitar as lesões, seja diminuindo o peso do dispositivo ou criando um design mais confortável, e em alguns casos, métodos para diminuir a dor podem ser utilizados antes de começar a utilização dos DTAs (LAFERRIER et al., 2010)”.

A falta de funcionalidade de dispositivos de tecnologia assistiva foi um item bastante citado, segundo Costa et al.(2015), como fator de abandono. “Os DTAs têm objetivo de manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência; então, se estes estão causando limitações funcionais, não estão cumprindo seu papel. Isso justifica a preferência pelo uso de suas capacidades remanescentes ou de outros DTAs que realmente atendem a suas necessidades”. Embora a inadequação/inapropriação tenha sido apontada como um fator de abandono ainda por Costa et al. (2015), “acredita-se, porém, que juntamente com o fator de abandono ‘insatisfação’, apontado por Laferrier et al. (2010), Gailey et al. (2010), Kittel et al. (2002), estejam os fatores

relacionados às características dos dispositivos, como peso elevado, design não confortável, limitações na função, mobilidade e acesso, desconforto físico e dificuldades de transporte.”

Outras causas de abandono de dispositivos como próteses foram relatados por Chamlian (2014) em seu estudo como sendo, em ordem decrescente de relatos, devido à (47,5%) pacientes declarando que achavam a prótese pesada, (20%) tinham medo de cair, (16,25%) pacientes tinham dificuldade para vestir, (6,25%) foram novamente amputados, (2,5%) referiam cansaço, (1,25%) referiram descompensação da pressão arterial e (1,25%) apenas diz não ter se adaptado à prótese.

Para evitar o mau uso ou abandono do uso da prótese a equipe interdisciplinar deve acompanhar de perto as necessidades individuais do paciente para verificar a boa funcionalidade do dispositivo. Segundo Verza et al. (2006), uma abordagem interdisciplinar para avaliação e prescrição de tecnologia assistiva é capaz de diminuir a taxa de abandono de dispositivos de tecnologia assistiva. O autor relata que, “durante o período de intervenção (com a abordagem interdisciplinar), nenhum dispositivo foi abandonado devido à inadequação ou devido à falta de informação e treinamento” (Verza, 2006). Esses resultados reforçam, portanto, a importância da abordagem interdisciplinar para avaliação e acompanhamento de pacientes que requerem tecnologias assistivas para evitar o abandono do dispositivo.

Existem poucos estudos que correlacionem o ganho de peso em pessoas amputadas e o abandono ou mau funcionamento da prótese, existem, porém, algumas pesquisas que enfatizam a necessidade de estudos que abordem este assunto. Lourenço (2017, p. 14) afirma que:

“há uma escassez na literatura de estudos que descrevam o perfil epidemiológico, nível da atividade física, qualidade de vida e, principalmente, o excesso de peso na população de amputados. Assim, estudos que correlacionem tais características podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para essa população, de forma a contribuir para um melhor atendimento às necessidades destes indivíduos, reduzir morbimortalidade e reduzir custos com a saúde”.

Os estudos encontrados que abordam questões relacionadas com oscilações de volumetria do membro residual apontam que estas representam um desafio clínico importante para membros inferiores protetizados. A redução de volume ao longo do tempo faz com que o encaixe fique frouxo, e se permanecer desta forma, pode resultar em tensões concentradas nos tecidos moles, causando lesões nas proeminências ósseas. Já a expansão de volume pode

umentar as pressões teciduais no membro residual e causar oclusão do fluxo sanguíneo, restringir o retorno venoso e causar o acúmulo de resíduos celulares no membro. Ambas as condições podem levar a lesões nos tecidos moles, o que pode ser muito danoso para pessoas diabéticas (SANDERS et al. 2009, tradução própria). Essas mudanças de volumetria ocorrem ao longo do dia e dependem de vários fatores como: tempo contínuo de uso da prótese, se a pessoa passou muito tempo em pé ou sentada, exercício físico realizado recentemente, alimentação e tabagismo.

Muitas próteses tornam-se desconfortáveis ou deixam de funcionar devidamente, decorrente de mudanças volumétricas no coto, mudanças que podem vir a ocorrer por motivos de ganho ou perda de peso, inchaço ou até a própria conformação do coto. Em muitos casos, devido à natureza rígida dos materiais empregados nos encaixes mais comuns de hoje, há uma falta de aproveitamento de encaixes, pois esses deixam de serem utilizáveis em casos de ganho ou perda de volume no coto. De acordo com Costa et al. (2015 p. 612) o abandono de dispositivos de tecnologia assistiva (DTAs) vem sendo um grande problema, não só para o usuário que não usufrui de seus benefícios, mas também se torna custoso em termos socioeconômicos, onde se desperdiça investimentos financeiros e se pressupõe que as necessidades do usuário para este ter qualidade de vida não foram supridas. “Estudos mostram que cerca de 30% de todos os dispositivos adquiridos são abandonados pelo usuário entre o primeiro e o quinto ano de uso, e alguns nem mesmo chegam a ser utilizados” (PHILLIPS; ZHAO, 1993; RIEMER-REISS; WACHER, 2000 apud Costa et al. 2015 p. 612). O autor então reforça que é importante estudar, identificar e discutir fatores que levam ao abandono de DTAs.

Assim sendo, com o escopo de responder a problemática posta acima e atendo aos critérios e requisitos realçados pela literatura, propõe-se fazer um levantamento de técnicas e equipamentos empregados na mensuração das oscilações na volumetria do membro residual em pessoas com amputação a nível transtibial, para viabilizar uma melhor visualização das formas em que a medição com o uso de tecnologias digitalizadoras do coto de amputados, a fim de avaliar se o encaixe está respondendo corretamente às exigências diárias do usuário.

Espera-se que com esta dissertação de mestrado possam ser compiladas as evidências disponíveis na literatura sobre sistemas de medição de mudanças que ocorrem no volume do membro residual com tecnologias digitalizadoras e então realizar uma análise crítica das características destes sistemas por meio de uma revisão integrativa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Levantar por meio de uma pesquisa bibliográfica integrativa a conjugação e confrontação em um único compêndio de variadas questões apresentadas em pesquisas anteriores, em ambiente físico ou virtual, sobre medição assistida por tecnologias digitais da volumetria de membros amputados para a criação de próteses de maneira a reforçar e aprimorar referidos estudos na área de design.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento das técnicas utilizadas para a medição antropométrica de pessoas amputadas em membros inferiores;
- Realizar um levantamento de pesquisas realizadas na área de design voltado para soluções de problemas envolvendo próteses;
- Criar parâmetros de comparação para avaliar as diferentes formas em que este assunto vem sendo tratado e por quem;
- Trazer resultados obtidos por estas pesquisas, bem como as dificuldades e limitações das soluções propostas;
- Evidenciar os avanços nesta área nos últimos anos e as lacunas que ainda poderiam ser exploradas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo pesquisas realizadas no Brasil (SPICHLER et al., 2001) “o número estimado de amputações no município do Rio de Janeiro entre 1992 e 1994 foi de 3.954, o que representa uma incidência média anual de 13,9 por 100.000 habitantes. Em pacientes diabéticos, (...) um risco 13 vezes maior do que em indivíduos sem diabetes (de incidência anual de amputações de membro inferior).” Evidencia-se também que “a insuficiência vascular periférica é responsável por 80% de todas amputações de membros inferiores em indivíduos adultos. Dentre essas, segundo HELM et al., (1986), a diabetes é a principal causa” (CARVALHO et al. 2005 p. 24).

Outro estudo aponta a relevância de pesquisas sobre a amputação de membros inferiores, que o autor considera ser um importante problema de saúde pública:

“As amputações de membros inferiores correspondem a 85% do total e causam um grande impacto socioeconômico, com perda da capacidade laboral, da socialização e da qualidade de vida, além de complicações (médicas)(...) Apesar do aumento do número de intervenções de revascularização, alguns trabalhos indicam que a prevalência de amputações se manteve inalterada devido ao aumento dos casos de aterosclerose e diabetes melito e ao envelhecimento da população (Ploeg AJ et al. 2005).” (Jesus-Silva et al. 2017 p. 17)

Fatores associados à reinserção social incluem a adaptação bem-sucedida do amputado com sua prótese, cujo ponto crucial é o encaixe que é o ponto de contato direto com o usuário. O encaixe nos dias de hoje é, na maioria dos casos, fabricado empiricamente, de forma que altamente dependente das habilidades do técnico protesista. A digitalização é, portanto, uma nova possibilidade tecnológica que pode vir a auxiliar o processo de medição de membros. O design possui várias ferramentas e abordagens que podem contribuir para o melhoramento do processo de medição de membros amputados, podendo torná-los mais eficazes e centrados no ser humano. Portanto, este trabalho justifica-se por sua relevância social e sua não trivialidade.

Segundo os autores Costa et. al. (2015), muitos dos fatores de abandono estão interligados como, por exemplo, insatisfação, inadequação e dificuldade de uso são termos trazidos pelos autores que podem estar correlacionados à dor e desconforto do uso do dispositivo de tecnologia assistiva (DTA). Os autores sugerem, portanto, que para a promoção de resultados efetivos e diminuir o índice de abandono dos dispositivos, deve haver uma abordagem interdisciplinar na prescrição e na seleção de DTAs, atenção ao confeccionar os dispositivos e reavaliações e reajustes para evitar dor, desconforto e insatisfação (COSTA et. al., 2015).

A presente pesquisa torna-se relevante para a sociedade a partir do momento em que a bibliografia pesquisada possa gerar uma indicação do que pode melhorar na medição e subsequente fabricação de próteses, promovendo então uma melhora na qualidade de vida dos usuários de prótese. No caso de pessoas amputadas a nível transtibial, o uso da prótese pode significar mais do que a reabilitação funcional, ela promove a reabilitação social, a autonomia e a independência destes indivíduos.

O presente trabalho também se justifica uma vez que o levantamento bibliográfico proposto por esta pesquisa poderá ser capaz de oferecer informações e dados com maior precisão e facilidade de manipulação por já estarem organizados. Dados que poderiam se perder no meio de tantos outros, nas mais variadas áreas do conhecimento, os quais normalmente

estariam dispersos no ambiente físico ou virtual, de maneira a reforçar, aprimorar ou refutar referidos estudos, mantendo mutável e progressiva a ciência.

“A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem torna-se particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço.” (Gil, 2002)

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Há uma grande diversidade de métodos sendo empregados na medição antropométrica de pessoas amputadas, bem como vários níveis de amputação possíveis e, como consequência, um grande número de tipos de próteses. Médicos ortopedistas do Centro Catarinense de Reabilitação informaram que a grande maioria das amputações são dos níveis transtibial e transfemural (PRIM, 2016). Prevendo a inviabilidade de realizar pesquisas ao vivo em circunstâncias de controle laboratorial, o recorte foi então feito tendo em mente a ampla gama de pesquisas científicas abordando o assunto e o nível de amputação prevalente.

Como ressalta Prim (2016), “médicos ortopedistas alertaram para a existência de diversos tipos de joelhos protéticos para os amputados transfemorais, e por conta disso seria necessário um número significativo de voluntários de cada tipo de joelho protético para uma validação científica”. Considerando esta dificuldade, como muitos outros pesquisadores acabam por notar, em conseguir voluntários considerando o prazo, optou-se neste estudo pelos indivíduos amputados em nível transtibial, visto que a maioria da bibliografia poderia estar concentrada neste demográfico.

Pelos motivos citados acima, o foco deste estudo é a medição volumétrica de pessoas amputadas a nível transtibial para fins de propor encaixes mais confortáveis.

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

- Capítulo 1 – Introdução
- Capítulo 2 – o capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura, a fim de ter um embasamento inicial e conhecer o que a comunidade científica tem pesquisado nos últimos anos a respeito deste assunto, refletindo sobre sua relevância para o meio

científico, e uma fundamentação teórica, na qual serão apresentados conceitos que permeiam o contexto da amputação e medição antropométrica de pessoas amputadas, vitais para a compreensão dos objetivos e funcionamento das próteses. No mesmo capítulo 2, será abordado a metodologia de revisão integrativa que será utilizada no decorrer do presente trabalho, informando a forma em que será usada, quais as etapas que farão parte da revisão e os critérios de avaliação.

- Capítulo 3 – o capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, com base nos conceitos levantados na fundamentação teórica.
- Capítulo 4 – a coleta de dados é apresentada no Capítulo 4 e os dados coletados estão tabelados nos Anexos.
- Capítulo 5 – Discussão
- Capítulo 6 – Conclusão

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a compreensão dos fundamentos que envolvem o contexto da amputação e da protetização, que são o cerne do objeto de pesquisa, bem como uma breve visão de pesquisas recentes que relacionam o trabalho do técnico protético.

2.1 AMPUTAÇÃO E PRÓTESES

Amputação significa a retirada, usualmente por meios cirúrgicos, total ou parcial de um membro. A parte que não for amputada é denominada membro residual ou coto e é considerada a partir de então como um novo membro (CARVALHO, 2003). A seguir serão trazidos conceitos básicos para aprofundar o conhecimento a respeito do processo de amputação e protetização.

2.1.1 Etiologia das Amputações

Estima-se que as amputações do membro inferior correspondam a 85% de todas as amputações, embora não haja informações precisas a respeito dessas informações no Brasil, sabe-se que cerca de 94% das amputações realizadas pelo SUS em 2011 foram no membro inferior (Ministério da Saúde, 2013). As indicações mais frequentes destes, segundo o órgão governamental, são decorrentes de complicações crônico-degenerativas como a doença vascular periférica e/ou diabetes, com prevalência na população idosa.

Outras causas para a amputação de um membro inteiro ou parcial, segundo Carvalho (2003) incluem:

- Traumática: Acidentes de trabalho, de trânsito ou envolvendo ferimentos por armas de fogo.
- Infecciosa: que culminam na necessidade de amputar.
- Tumoral: com o intuito de impedir que tumores se espalhem da região afetada para outras partes do corpo.
- Congênitas: má formação na gestação e advinda de procedimentos cirúrgicos pós-natal.

Independentemente do motivo por trás da amputação, o membro residual sofre mudanças substanciais em termos de formato e volume durante o período de recuperação pós-cirúrgica (SANDERS e FATONE, 2011). A mudança de volumetria do membro amputado pode ser decorrente de uma série de fatores diferentes, porém, o problema resultante desta oscilação é

sempre o mesmo: prejudica o correto funcionamento do encaixe da prótese (Golbranson et. al., 1988). O edema e a atrofia muscular que ocorrem no momento pós-operatório são comuns para todos os casos de amputações, porém, é mais grave e recorrente nos casos de doença vascular periférica pois o inchaço pode dificultar a circulação naquela região e isto retarda o processo de cicatrização (Wong et. al., 2000).

2.1.2 Níveis de Amputação

Existem nomenclaturas específicas quando se refere ao nível da amputação, cujo propósito é de categorizar as amputações de acordo com os diferentes locais nos quais a amputação pode ocorrer no corpo humano. Existem, portanto, seis nomenclaturas referentes aos diferentes níveis de amputação em membros superiores e oito para os níveis de amputação em membros inferiores. Sendo o interesse da presente pesquisa a forma em que são protetizados os membros inferiores a nível transtibial, o foco então será dado àquelas pesquisas que são destinadas ao estudo de membros residuais inferiores. A Figura 1 guia do amputado ilustra os diferentes níveis de amputação, ilustrando o local onde elas ocorrem no corpo humano.

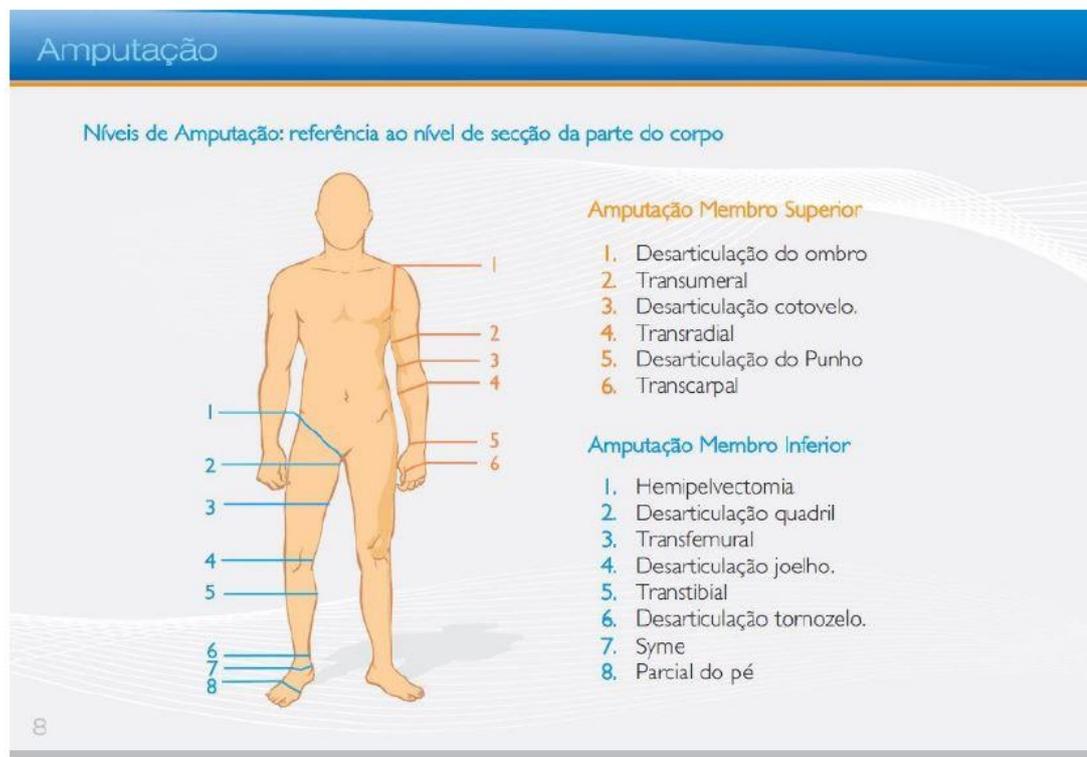


Figura 1 Níveis de Amputação: referência aos níveis de secção da parte do corpo. Fonte: Guia do Amputado.

2.1.3 Termos técnicos utilizados na descrição do membro amputado

Existem termos empregados na descrição de regiões importantes do membro amputado e para descrever o posicionamento de elementos anatômicos da pessoa amputada. Alguns destes foram evidenciados pelo manual de confecção e manutenção de órteses e próteses (Ministério da Saúde, 2013) e estão listados abaixo:

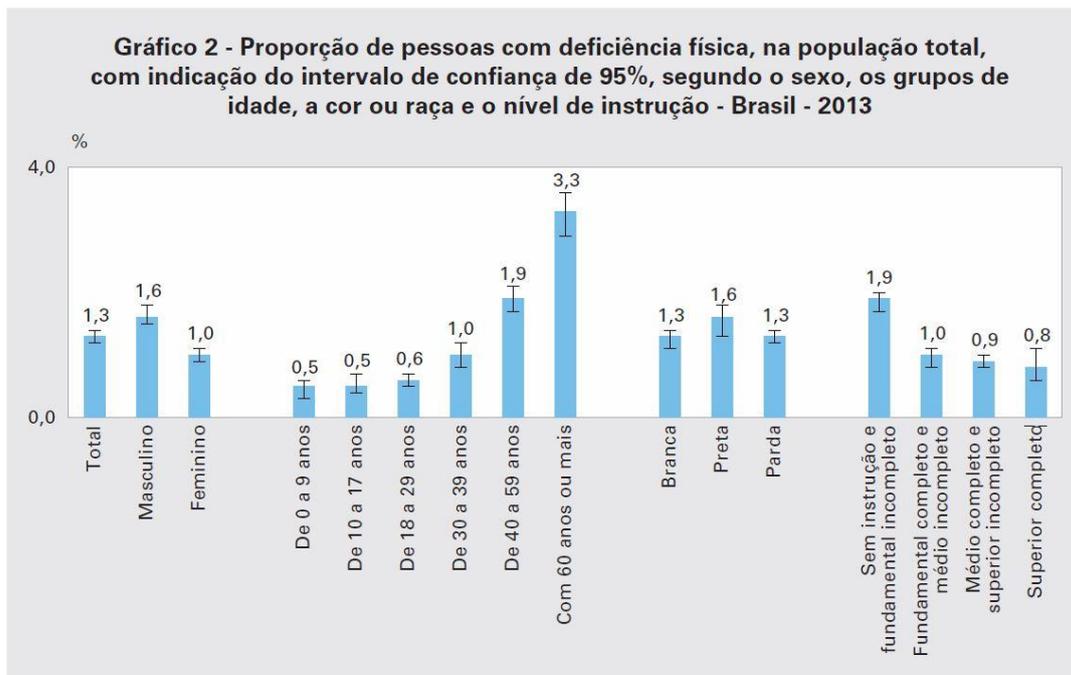
- Compreendidas entre a amputação completa da perna (desarticulação do joelho) e a amputação completa do tarso (desarticulação do pé), as amputações transtibiais podem ser subdivididas em três zonas de amputações distintas: terço proximal, terço médio e terço distal da perna.
- Proximal: como o nome indica, mais próximo à raiz do membro, voltado para o tronco.
- Distal: distante da raiz do membro ou do tronco.
- Medial: região localizada próxima ao plano sagital mediano.
- Lateral: região localizada mais afastada do plano sagital mediano.
- Anterior: também podendo ser chamado de dorsal, diz respeito a uma região na frente do corpo.
- Posterior: região localizada nas costas do corpo.
- Patela: ou rótula é um osso tipo sesamoide, grosso, que se liga ao músculo quadríceps e ao osso da tíbia, cobrindo e protegendo a superfície articular anterior da articulação do joelho.
- Tuberosidade isquiática: saliência espessa e rugosa presente na extremidade distal do osso pélvico ísquio. Local de origem dos músculos bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso e importante ponto de descarga de peso quando adotamos a postura sentada.
- Tendão patelar: estrutura tendinosa, larga, espessa, de aproximadamente 4cm de comprimento no adulto, de fixação proximal no ápice da patela e fixação distal na tuberosidade anterior da tíbia, que tem o objetivo de transmitir à tíbia a força de tração extensora gerada pela contração do grupo muscular quadríceps.
- Medial-lateral: termo que se refere à direção de um eixo, movimento ou plano que tem um sentido de medial para lateral.
- Côndilos femorais: medial e lateral: estruturas arredondadas que formam a superfície articular distal do osso fêmur.

- Suspensão supracondiliana: método de suspensão dos encaixes tipo KBM para amputação transtibial. Nessa forma de suspensão, as bordas superiores do encaixe fazem pressão na região supracondilar do fêmur e utilizam essa saliência óssea e os tecidos moles circundantes como ponto de apoio.

A importância de evidenciar estes termos está na melhor compreensão dos artigos que compõe a presente revisão integrativa, bem como evidenciar os pontos anatômicos de interesse do profissional protesista. A seguir estão dispostos os gráficos do censo demográfico do IBGE de 2013.

2.1.4 Censo demográfico

O Gráfico 1, referente à Pesquisa Nacional de Saúde de 2013 do IBGE, apresenta a população residente no Brasil com deficiências físicas, separada por grupos de idade e sexo. Observando os números, percebe-se que 1,3% da população brasileira declarou possuir alguma deficiência física, podendo estar vinculadas ou não com amputações, sendo o percentual dos homens (1,6%) maior do que o observado para as mulheres (1,0%).

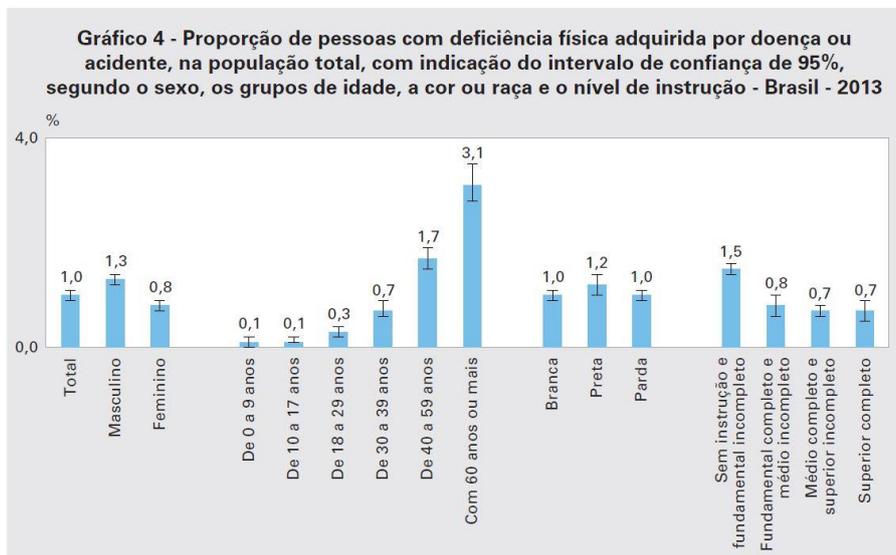


I Intervalo de confiança

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde 2013.

Gráfico 1 Proporção de pessoas com deficiência física, na população total, segundo o sexo, os grupos de idade, a cor ou raça e o nível de instrução. Fonte: Pesquisa Nacional de Saúde IBGE 2013.

No país, foi estimado que 0,3% da população nasceu com deficiência física, enquanto 1,0% a adquiriu em decorrência de doença ou acidente. O gráfico 2, abaixo, apresenta os percentuais de nascidos com deficiência e aqueles com deficiência adquirida separados por região.

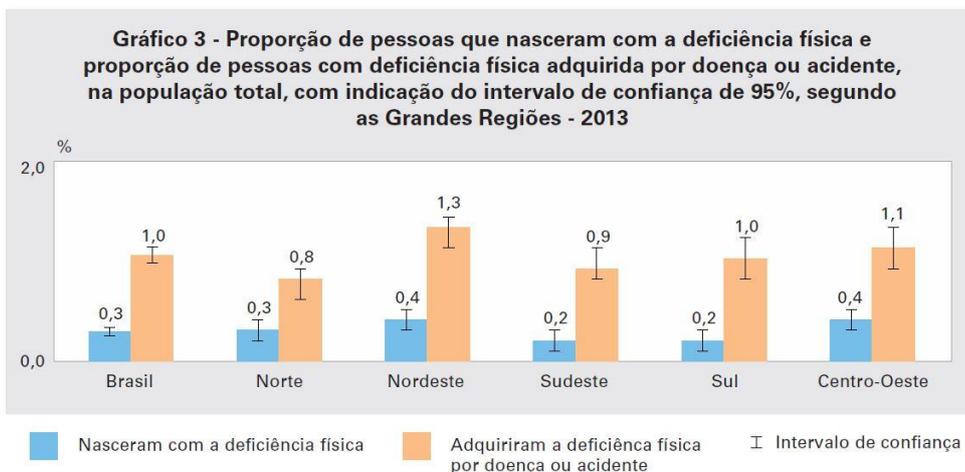


I Intervalo de confiança

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde 2013.

Gráfico 2 População brasileira com deficiência física adquirida segundo sexo, idade, cor e nível de instrução.

A mesma pesquisa indica que, da população com deficiência física, 46,8% possuíam grau intenso ou muito intenso de limitações, ou ainda, não conseguia realizar as atividades habituais. Foi estimado na pesquisa que 18,4% da população com deficiência física frequentava algum serviço de reabilitação.



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional de Saúde 2013.

Gráfico 3 População residente nas regiões brasileiras com deficiência física de nascença ou adquirida.

Em relação às pessoas que adquiriram alguma forma de deficiência física por doença ou acidente, os homens foram relatados como sendo o maior percentual (1,3%), a faixa etária mais prevalente foram as pessoas de mais de 60 anos (3,1%) e pessoas sem instrução ou com fundamental incompleto também registraram maior percentual (1,5%), como indicado acima no Gráfico 3.

2.1.5 Próteses

Prótese, ou dispositivos protésicos, segundo a ISO 9999:2007, são dispositivos aplicados externamente para substituir total ou parcialmente uma parte do corpo ausente ou com alteração da estrutura (Ministério da Saúde, 2013). As próteses são dispositivos empregados para substituir, inteira ou parcialmente, alguma região perdida ou malformada do nosso organismo. Neste e

“O relato mais antigo de uma prótese data de 2.300 a.C., quando arqueólogos encontraram um esqueleto de uma mulher com um pé artificial, composto por uma pata de cabra adaptada com a pele do próprio animal. Na Idade Média, as próteses eram construídas por técnicos de forma completamente artesanal, utilizando couro, madeira, aço, entre outros. Com os avanços da tecnologia, e com o aumento da demanda derivada da Primeira e Segunda Guerra Mundial, os componentes das próteses passaram a ser industrializados, permitindo os técnicos focarem esforços nos encaixes, montagem e alinhamento das próteses.” (CARVALHO, 2003)

Assim passam a ser utilizados dispositivos médicos, que correspondem aos artigos, instrumentos, máquinas ou aparatos utilizados na prevenção, diagnóstico ou tratamento de doenças, ou para a detecção, mensuração, reabilitação, correção ou modificação da estrutura ou função do corpo para algum propósito de saúde. Normalmente, o objetivo de algum dispositivo médico não é obtido por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos (WHO, 2011).

Dentre os diversos recursos assistivos, podemos citar as próteses, sobre as quais já foram explicados, que são dispositivos aplicados externamente ao segmento corpóreo e utilizado para modificar as características estruturais ou funcionais do sistema esquelético e neuromuscular (CARVALHO, 2003). Ainda segundo Carvalho (2003), as órteses devem ser utilizadas como um complemento de tratamento, tendo como objetivo auxiliar uma reabilitação segura, rápida e eficaz.

2.1.6 Mudanças volumétricas do membro residual

Nas semanas após uma operação de remoção total ou parcial de um membro, é indicado que o paciente use faixas elásticas para realizar um enfaixamento compressivo cujos principais objetivos são de reduzir o edema, evitando que este aumente de tamanho, estimular o metabolismo do coto e modelar o coto para prepará-lo para a utilização de uma futura prótese (Ministério da Saúde, 2013).

Uma vez conformado e cicatrizado, o membro residual pode ser protetizado. As etapas deste processo incluem a medição do membro para a fabricação de um encaixe temporário que e posteriormente um com caráter mais definitivo, ambos necessitam de uma constância maior no volume do membro, podendo, porém, utilizar alguns métodos para o ajuste do volume do membro ao longo do uso contínuo como *liners* (malhas elásticas confeccionadas com uma variedade de matérias como silicone, gel e elastômero feito para a compressão do membro e usada na parte interna do encaixe) e meias. (STREET et. al., 2006).

O controle e manutenção do volume do membro residual é importante pois afeta uma série de questões como o tempo entre a operação e a primeira protetização, quanto tempo de uso uma prótese terá em seu estado definitivo, o formato do encaixe e a prescrição de métodos para lidar com o edema. (SANDERS et.al., 2011)

2.2 ANTROPOMETRIA NA ERGONOMIA

A ergonomia pode ser definida, segundo *International Ergonomics Association – IEA* (IIDA, 2005), como uma ciência multidisciplinar que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema, que aplica teorias, princípios, dados e métodos a projetos que visem otimizar o bem-estar humano e o desempenho global de sistemas.

“Ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visam otimizar o bem-estar humano e a performance global dos sistemas.”
(IEA, 2000)

Esta ciência abrange informações provenientes da psicologia, fisiologia, antropometria e sociologia, podendo contribuir para a sociedade na medida que se propõe a solucionar problemas sociais ligados à saúde, segurança, conforto e eficiência, dinamizando a interação homem-máquina ou homem e seu cotidiano (Santos et. al., 2011). O papel da Ergonomia abrange

considerações de ordem física, cognitiva, social, organizacional, ambiental, entre outros aspectos para que haja uma abordagem holística do trabalho. (IEA, 2000)

Um dos pilares da ergonomia é a antropometria, uma vez que esta proporciona um conhecimento das dimensões físicas do ser humano, de onde provém a base fundamental para aplicações ergonômicas quando o objetivo é projetar produtos (Santos et. al., 2011). Define-se a antropometria como um termo de origem grega, onde “anthropo” significa “homem” e “metry”, “medida” (Leite et. al. 2015).

Segundo Santos et. al. (2011), a antropometria é o ramo das ciências biológicas que lida com as medidas corporais relacionadas ao tamanho, conformação e constituição física. Para os autores Santos et. al. (2011), os dados antropométricos são os principais parâmetros projetuais para a obtenção de produtos ergonomicamente corretos, porém, foi apenas no século passado que os pontos anatômicos para a realização de medidas antropométricas foram definidos, estudados, discutidos e padronizados.

“Toda medida antropométrica deve ser feita seguindo um protocolo definido, a fim de se evitar erros. Portanto, alguns fatores, como horários, vestimenta, instrumentos, posição anatômica, devem ser rigorosamente levados em consideração ao se coletar as medidas antropométricas, garantindo precisão e fidedignidade ao trabalho” (Santos et. al., 2011, p. 311).

As medidas antropométricas devem ser realizadas diretamente dos usuários ou consumidores do objeto a ser projetado e, além do mais, para se padronizar as medidas corporais, devem ser definidos os pontos anatômicos do corpo entre os quais serão tomadas as medidas, os instrumentos e os métodos a serem utilizados, a seleção da amostra e a análise estatística (Santos et. al., 2011).

A medição antropométrica utilizada para a confecção de próteses exige precisão, pois cada membro residual não é apenas único para cada indivíduo, o membro residual também é dinâmico em suas oscilações volumétricas e mudanças de formato, que podem ser diários bem como sujeito a mudanças climáticas ao longo do ano (Geil, 2005). O autor sugere que mesmo os tradicionais dispositivos de medição manual variam em termos de precisão e facilidade de uso e que para que haja uma comparação entre formato e ergonomia do encaixe, as ferramentas (como fitas métricas, tesoura para gesso, paquímetro) usadas para a medição antropométrica devem ser avaliadas.

Técnicas inadequadas de medição ou pouca familiaridade com os instrumentos são fontes de erro clinicamente significativos segundo o estudo de Geil (2005). Os autores Leite et. al. (2015) relatam que a margem do erro na antropometria pode ser medida por meio do índice de imprecisão determinado pelo desvio padrão entre medidas repetidas, utilizada para cálculos intra-avaliador e inter-avaliador, chamado de erro técnico de medição (ETM) que expressa o grau de precisão de um avaliador (ou grupo de avaliadores) ao realizar repetidamente as medidas antropométricas. Os autores defendem ainda que “o ETM deveria ser utilizado em todos os projetos de pesquisa que utilizam a avaliação antropométrica como ferramenta, sendo recomendado pelo *International Society for the Advancement of Kineanthropometry* (ISAK)” (Leite et. al., 2015). O ETM intra-avaliador permite ao antropometrista verificar o grau de precisão de suas medições e o inter-avaliador permite que dois ou mais avaliadores comparem o grau de precisão de suas medições (Silva et. al., 2011). Portanto, os métodos apresentados no presente trabalho devem estar em concordância com os parâmetros aqui apresentados para que haja confiabilidade nos resultados.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho se classifica como uma pesquisa bibliográfica integrativa de cunho exploratório segundo a caracterização de Gil (1999), cuja proposta é levantar e analisar diversas abordagens acerca do problema da medição da volumetria de membros residuais usando tecnologias digitalizadoras para a posterior criação de uma prótese ergonômica, e que tem por objetivo principal o aprimoramento de ideias trazidas pelos diversos autores de pesquisas que abordam o tema. A presente pesquisa utiliza uma metodologia de pesquisa qualitativa e quantitativa, pois visa qualificar os dados coletados e tem como finalidade quantificar os dados coletados para fundamentar as hipóteses levantadas. O método qualitativo justifica-se pelo fato que a percepção do pesquisador em relação ao processo e o conforto da prótese é o foco do produto final. O uso do método quantitativo servirá para estabelecer os parâmetros para a comparação entre a medição de cotos praticada atualmente e a medição com auxílio de tecnologias de digitalização. O trabalho de pesquisa deve ser planejado e executado de acordo com normas promovidas por cada método de investigação, de acordo com Richardson et al (1999). O método qualitativo deve ser caracterizado como uma tentativa de compreensão minuciosa dos significados e características situacionais.

Para alcançar o objetivo deste estudo, optou-se por realizar uma revisão integrativa da literatura com o propósito de reunir e sintetizar o conhecimento pré-existente sobre a temática de medição volumétrica assistida por tecnologias digitais de membros amputados a nível transtibial. Os procedimentos técnicos do presente trabalho foram realizados em duas etapas: a primeira sendo a fundamentação teórica realizada por meio de uma pesquisa bibliográfica acerca dos principais temas; a segunda etapa deu-se por meio de uma revisão integrativa cujo propósito foi realizar um levantamento de todos os artigos publicados nos últimos cinco anos que abordassem exclusivamente medições antropométricas da volumetria de membros residuais transtibiais utilizando tecnologias digitalizadoras.

Acerca do tema de medição antropométrica de membros inferiores amputados a nível transtibial para a fabricação de próteses, o tema fora previamente selecionado e explorado de forma a ter-se um conhecimento básico antes do início da busca sistemática na literatura, em concordância com a referida fundamentação teórica.

Para que o presente trabalho cumpra os critérios de rigor científico, foi adotado a metodologia trazida por Mendes et. al. (2008), pois esta se propôs a trazer uma abordagem que contemplasse diferentes formas encontradas na literatura de subdivisão do trabalho da revisão integrativa. Esta metodologia descreve seis etapas: Identificação do tema e seleção da questão de

pesquisa; Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; Categorização dos estudos selecionados; Análise e interpretação dos resultados; e Apresentação da revisão/ síntese do conhecimento.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura é um primeiro passo para a construção do conhecimento científico de qualquer área do conhecimento, pois é por meio desse processo que novas teorias surgem, bem como são reconhecidas lacunas e oportunidades para o surgimento de pesquisas num assunto específico. O processo de revisão da literatura requer a elaboração de uma síntese pautada em diferentes tópicos, capazes de criar uma ampla compreensão sobre o conhecimento, que também envolve a organização e a discussão de um assunto de pesquisa.

Com a crescente quantidade e complexidade de informações sendo geradas, especialmente nas áreas da saúde e inovação tecnológica, é imprescindível implementar técnicas e métodos, no contexto da pesquisa científica, capazes de organizar, delimitar e elucidar informações pertinentes dentre inúmeros estudos publicados anualmente.

Existem diferentes formas de se realizar uma revisão da literatura. Elas baseiam-se desde em técnicas como a revisão bibliográfica tradicional, também conhecida como revisão narrativa, alicerçada no uso de métodos específicos que visam a busca de um assunto específico em acervos da literatura, até no uso de mecanismos e metodologias utilizados por acadêmicos e pesquisadores nos campos da saúde e educação para descrever a atual teoria acerca de um tema. Embora haja pontos comuns aos métodos, cada um tem um propósito distinto.

Whitemore e Knafl (2005) consideram que a proliferação de várias formas de pesquisa tem contribuído para o uso de métodos mais sistemáticos e rigorosos. Nesse cenário, a revisão integrativa emerge como uma metodologia capaz de sintetizar o conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos. A argumentação dos autores Botelho et. al. (2011) está pautada na ideia de que o rigor metodológico continuará a evoluir por causa da complexidade da realização das revisões da literatura.

3.1.1 Breve Histórico

A revisão da literatura é notoriamente a base para a identificação do atual conhecimento científico, e é dela que se parte para identificar lacunas a serem exploradas em determinados assuntos. Existem diferentes formas de se realizar uma revisão da literatura. Trabalhos

classificados como artigos ou pesquisas de revisão de literatura utilizam “fontes de informações bibliográficas ou eletrônicas para obtenção de resultados de pesquisa de outros autores, com o



objetivo de fundamentar teoricamente um determinado tema” (BOTHELHO et. al., 2011). As duas maiores categorias de pesquisas de revisão da literatura, a revisão narrativa e a revisão bibliográfica sistemática, se distinguem entre si por possuírem características e objetivos distintos, como se pode ver na Figura 2 abaixo:

A revisão narrativa é a mais utilizada tradicionalmente de forma exploratória, onde não há a definição de critérios explícitos e a seleção dos artigos é feita de forma arbitrária sem seguir uma operação sistemática, na qual o autor pode incluir documentos de acordo como seu viés, sendo assim, não há preocupação em esgotar as fontes de informação (CORDEIRO et al., 2007).

A maneira com que se coleta os documentos é comumente denominada de busca exploratória, podendo ser utilizada para complementar buscas sistemáticas. Já a revisão sistemática é um método de investigação científica com um processo rigoroso e explícito para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever as contribuições relevantes a pesquisa. É uma revisão feita com planejamento e reunião de estudos originais, sintetizando os resultados de múltiplas investigações primárias por meio de estratégias que limitam vieses e erros aleatórios. (COOK, MULROW e HAYNES, 1997 apud. CORDEIRO et al., 2007).

Ao contrário da revisão narrativa (ou tradicional), que apresenta uma temática mais aberta, a revisão sistemática parte de uma questão de pesquisa bem definida e exige um protocolo rígido para sua confecção.

A revisão sistemática ou metodológica é um modelo de revisão que emprega métodos rigorosos e explícitos para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever as contribuições relevantes à cada pesquisa. Quando há uma análise estatística destes resultados, a revisão chama-se Meta-análise. (Cordeiro, 2007).

3.1.2 Prática Baseada em Evidências

Nas ciências humanas é comumente utilizado o método da Prática Baseada em Evidências (PBE), também conhecida como Medicina Baseada em Evidências (BOTELHO et. al., 2011). Essa prática advém da área da saúde e teve sua origem na Inglaterra, com o epidemiologista Archie Cochrane, mas pode ser incorporada como ferramenta de pesquisa nas ciências sociais aplicadas. Isto ocorre em razão deste método possuir recursos que proporcionam a incorporação das evidências na prática organizacional. (BOTELHO et. al., 2011)

“Isso pode ser feito com o uso de métodos que permitam a coleta, categorização, avaliação e síntese dos resultados de pesquisa do tema investigado, facilitando a utilização destes na prática.” (BOTELHO et. al., 2011, p. 124)

A PBE motivou o desenvolvimento de métodos de revisão de literatura, os quais possam buscar, avaliar criticamente e sintetizar as evidências disponíveis do tema investigado, onde se destacam os métodos de meta-análise, a revisão sistemática e a revisão integrativa (POMPEO et. al., 2009)

3.1.3 Tipos de Revisão Bibliográfica

Apesar das semelhanças, é importante notar que, enquanto a revisão denominada narrativa adequa-se em instâncias onde o objetivo é revelar, teórico ou contextualmente, a teoria consolidada acerca de um assunto específico, esta categoria de revisão não se adequa a cenários onde se busca referências para a avaliação e seleção de forma criteriosa, se rendendo à interpretação e análise crítica pessoal do pesquisador e inviabilizando a reprodução dos dados gerados com ela (BOTELHO et. al., 2011). Suas vantagens são aquisição e atualização de conhecimento em curtos prazos.

Busca sistemática é um método de investigação científica o qual visa eliminar vieses por meio do planejamento e sistematização de busca (s) em base de dados científicas por estudos originais, sintetizando os resultados em um portfólio bibliográfico. Podendo ser realizada tanto na revisão sistemática, quanto na revisão integrativa. Para isso, faz-se necessário seguir as regras e procedimentos de cada tipo de revisão. Além disto, se estabelece estratégias que definem critérios de inclusão e exclusão dos dados de forma prévia, clara e objetiva. Quando utilizada para revisão integrativa, pode ser feita por apenas um pesquisador, quando da existência de mais de um, os documentos encontrados podem ser divididos entre eles, para leitura e análise, desde que esteja descrito claramente na estratégia (FERENHOF E FERNANDES, 2016).

A revisão sistemática possui metodologia explícita e sistemática para responder a perguntas específicas de forma criteriosa e replicável. A metodologia de revisão bibliográfica sistemática usada amplamente na área da saúde foi produzida pelo *NHS Center for Review and Dissemination* e a colaboração *Cochrane* e pode ser encontrada nas publicações *Cochrane Handbook*. Nela, se recomenda que a revisão bibliográfica sistemática, independentemente da especialidade, seja efetuada em sete passos: formulação da pergunta, localização dos estudos, avaliação crítica dos estudos, coleta de dados, análise e apresentação dos dados, interpretação dos dados e, por fim, aprimoramento e atualização da revisão (ROTHER, 2007).

“Destaca-se que a revisão sistemática parte de busca (s) sistemática (s), mas a análise dos artigos tem suas peculiaridades, sendo estas: há necessidade de dois ou mais pesquisadores; todos devem ler todos os artigos e discutir quais artigos entram ou não no portfólio bibliográfico, seguindo, portanto, um protocolo de pesquisa (HIGGINS e SALLY, 2011). Em suma, é uma síntese rigorosa de todas as pesquisas relacionadas à uma questão/pergunta específica (ERCOLE, MELO, ALCOFORDA, 2014).” (Ferenhof et. al., 2016, p. 551)

Abaixo na Tabela 1 estão exemplificando a categorização de tipos de revisões bibliográficas e suas diferenças em termos de definição, definidos por quem, propósito de cada revisão, escopo da revisão, tipo de amostra e tipo de análise tipicamente empregadas:

Tipo de Revisão e Exemplar	Definição	Propósito	Escopo	Amostra	Análise
Revisão Integrativa (REDEKER, 2000)	Um sumário da literatura, num conceito específico ou numa área de conteúdo, em que a pesquisa é sumariada (resumida), analisada, e as conclusões totais são extraídas	Revisar métodos, teorias, e/ou estudos empíricos sobre um tópico particular	Limitada ou ampla	Pesquisa quantitativa ou qualitativa; literatura teórica; literatura	Narrativa

				metodológica	
Meta-Análise (CLEMMENS, 2001)	Um sumário de pesquisas passadas, que usa técnicas de estatísticas para transformar descobertas de estudos com hipóteses idênticas ou relativas em uma medida comum e que calcula o efeito total, a magnitude do efeito, e efeitos de subamostras	Estimar o efeito de intervenções ou de relacionamentos	Limitada	Pesquisa quantitativa de metodologia similar	Estatística
Revisão Sistemática (FORBES, 1998)	Um sumário de pesquisas passadas, que usa um objetivo e uma abordagem rigorosa de estudos com hipóteses idênticas ou relativas	Sumariar (resumir) evidência concernente a um problema clínico específico	Limitada	Pesquisa quantitativa de metodologia similar	Narrativa ou estatística
Meta-Sumário e Meta-Síntese Teoria Constituída formalmente Meta-Estudo (BECK, 2002)	Um sumário de pesquisas passadas, que combina as descobertas de múltiplos estudos qualitativos	Informar pesquisas ou práticas pela Sumarização (resumo) de processos ou experiências	Limitada ou ampla	Pesquisa qualitativa	Narrativa

Tabela 1 Tipos de revisão de literatura. Fonte – BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011, adaptado de Whitemore (2005)

3.1.4 Revisão Integrativa

A revisão Integrativa é um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática. “Uma revisão integrativa é um método específico, que resume o passado da literatura empírica ou teórica, para fornecer uma compreensão mais abrangente de um fenômeno particular.” (BOTELHO et. al. 2011). Para os mesmos autores, o método objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema pois esta possibilita a síntese de vários estudos e permite a geração de novos conhecimentos através dos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores.

Este método surgiu na área da saúde derivado da Prática Baseada em Evidências (PBE) que, por sua vez, possui uma origem atrelada ao trabalho do epidemiologista Archie Cochrane. (Souza et. al., 2010). Segundo Whitemore e Knafl (2005), o termo origina-se na integração de opiniões, conceitos ou ideias pois permite a inclusão de estudos que adotam diversas metodologias (experimental ou não experimental, por exemplo). Os autores reforçam também que, sendo assim, a revisão integrativa tem o potencial para construir ciência à medida que pode

apresentar o estado da arte sobre um tema, contribuindo desta forma para o desenvolvimento de novas teorias.

A revisão integrativa é um método de revisão mais amplo, por permitir a inclusão da literatura teórica e empírica bem como estudos com diferentes abordagens metodológicas (quantitativas e qualitativas). Os estudos incluídos na revisão são analisados de forma sistemática e deve seguir padrões de rigor metodológico para que seja possível identificar as características dos estudos analisados e oferecer subsídios para o avanço da ciência (POMPEO, 2009). Os autores Botelho et. al. (2011) enfatizam que “o método da revisão integrativa pode ser incorporado às pesquisas realizadas em outras áreas do saber, além das áreas da saúde e da educação”. As etapas da revisão integrativa são seis, segundo os autores Mendes, Silveira, Galvão (2008) e estão sintetizados na Figura 3 a seguir:

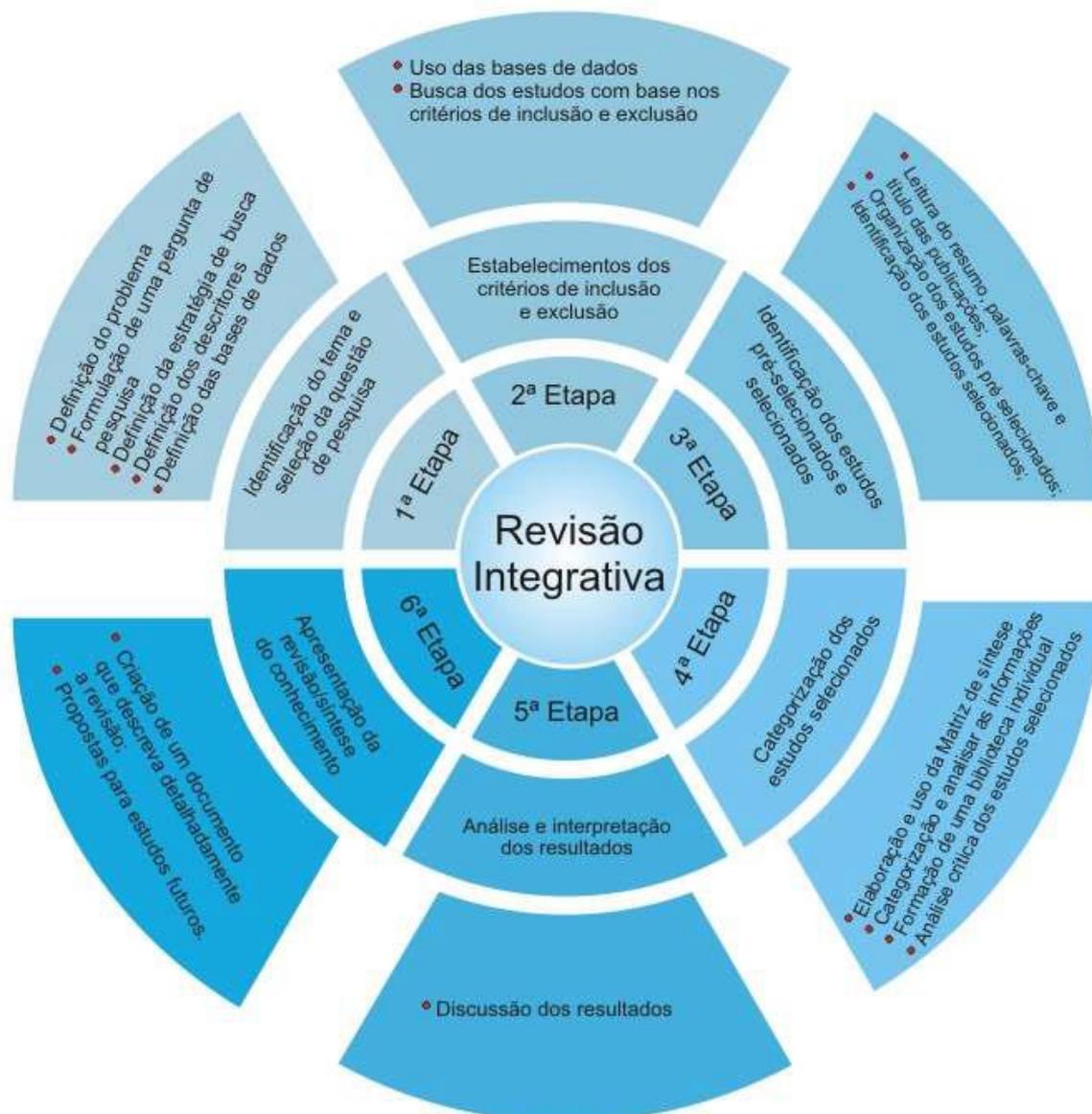


Figura 3 Etapas da revisão integrativa, Fonte: Botelho et. al. 2011

1ª. Etapa: identificação do tema e seleção da questão de pesquisa

A primeira etapa da revisão integrativa, como em muitos outros tipos de trabalhos acadêmicos, têm uma função norteadora para a pesquisa como um todo e inicia-se com a definição de um problema e a formulação da pergunta de pesquisa. “A construção deve estar relacionada a um raciocínio teórico e deve incluir definições já aprendidas pelo pesquisador.” (MENDES et. al., 2008). O mesmo autor ressalta que a definição deve ser clara e específica, pois somente assim a pesquisa terá uma análise direcionada e completa com conclusões de fácil identificação e aplicabilidade.

Uma vez definida a pergunta, deve-se definir os descritores ou palavras-chave, da estratégia de busca, bem como os bancos de dados a serem utilizados de forma que estejam todos relacionados à pergunta de pesquisa e tudo de forma sistemática (Botelho et. al., 2011). Segue a lógica portanto que, com a pergunta define-se os descritores e com estes é possível construir a estratégia de busca. Os autores Botelho et. al. (2011) informam que a “estratégia de busca é uma técnica ou um conjunto de regras para tornar possível o encontro entre uma pergunta formulada e a informação armazenada em uma base de dados”.

Lopes (2002) coloca que, para a obtenção de informações mais relevantes para a busca sendo realizada, é fundamental um planejamento acurado da estratégia de busca, onde devem ser levados em consideração a identificação apropriada dos elementos descritivos de um item e/ou registro de informação contido em uma base de dados. Portanto a codificação definida pelo banco de dados deve primeiramente ser identificada para que se possa eleger uma estratégia de busca que se adeque aos bancos de dados a serem consultados.

2ª Etapa: Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão

Após escolhidos o tema, a formulação da pergunta e os critérios de codificação das bases de dados, a busca em si pode ser iniciada. Esta etapa depende muito daquilo que fora encontrado ou definido na etapa anterior em termos de critério de análise subsequentemente exigido para atender ao escopo do problema delineado. Geralmente a seleção tem seu começo de forma mais ampla e afunila-se à medida que estas seleções são confrontadas com a questão norteadora. Os critérios de inclusão e exclusão objetivos e claramente identificados no início do estudo podem sofrer ajustes ao longo da busca para refinar a seleção (BOTELHO, 2011; LOPES 2002).

3ª. Etapa: Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados

Para a identificação dos estudos, realiza-se a leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave de todas as publicações completas localizadas pela estratégia de busca, para posteriormente verificar sua adequação aos critérios de inclusão do estudo. (BOTELHO et. al., 2011) A partir da conclusão desse ponto, elabora-se uma tabela com os estudos pré-selecionados para a revisão integrativa.

4ª. Etapa: Categorização dos estudos selecionados

Esta etapa é equivalente à análise dos dados em uma pesquisa convencional, tem por objetivo sumarizar de forma crítica e documentar as informações extraídas dos artigos científicos encontrados nas fases anteriores. As informações coletadas dos artigos podem incluir a aplicação de análises estatísticas, a listagem de fatores que mostram um efeito na variável, tamanho da amostra e quantidade dos sujeitos, metodologia, mensuração de variáveis, métodos de análise, a teoria ou conceitos utilizados (MENDES et. al., 2008). Existem várias formas de categorizar estas informações coletadas, pode-se usar a listagem de variáveis selecionando estudos que se aproximem do tema de pesquisa, desde que esteja claro a maneira como os dados extraídos serão analisados (BOTELHO et. al., 2011)

Um instrumento utilizado para extrair as informações dos artigos selecionados é a matriz de síntese (KLOPPER; LUBBE; RUGBEER, 2007). A matriz de síntese, ou matriz de análise, é trazida pelos autores de forma a ressaltar a sua interdisciplinaridade na forma em que vem sendo utilizada como ferramenta de extração e organização de dados de revisão da literatura, devido à sua capacidade para resumir aspectos complexos do conhecimento. Essa ferramenta foi popularizada nas ciências da saúde por Garrard, em 1999 (BOTELHO, 2011).

A matriz de síntese pode ser usada como estudo do objeto de pesquisa por si só, objetivando coletar informações sobre o assunto, aumentando o grau de familiaridade do pesquisador com o objeto de pesquisa, estabelecendo a credibilidade do projeto. Além disso, pode considerar pesquisas anteriores vinculando estas com o estudo atual podendo inclusive colocar o objeto de estudo em um contexto histórico. Por fim, pode revisar a literatura dos métodos e técnicas mais adequados para realizar um estudo contrapondo diversas abordagens encontradas na busca literária. (KLOPPER; LUBBE; RUGBEER, 2007)

Para Klopper, Lubbe e Rugbeer (2007), o processo de construção da matriz depende da criatividade pessoal do pesquisador. Dessa forma, a construção da matriz depende da interpretação do pesquisador e da maneira como ele organiza seus dados. A matriz de síntese objetiva proteger o pesquisador de erros durante a análise. Ela se constitui como marco inicial

para auxiliar os investigadores no foco de suas pesquisas. A matriz pode conter informações verbais, conotações, resumos de texto, extratos de notas, memorandos, respostas padronizadas, e, em geral, dispor de dados integrados em torno de um ponto ou temas de pesquisa. Em suma, a matriz deve conter informações sobre aspectos da investigação e permitir que o pesquisador tenha uma visão geral de dados relacionados a um desempenho de certos pontos. A matriz serve de ferramenta de interpretação e construção da redação da revisão integrativa para os pesquisadores (KLOPPER; LUBBE; RUGBEER, 2007).

5ª. Etapa: Análise e interpretação dos resultados

Nesta etapa, Mendes et. al. (2007) define que devem ser discutidos os principais resultados da análise dos textos selecionados. Fundamentando-se nos achados, deve ser realizada uma comparação da interpretação dos dados com o conhecimento teórico e as implicações resultantes da revisão integrativa. Com este tipo de abordagem é possível identificar lacunas de conhecimento existentes e sugerir pautas para futuras pesquisas, portanto devem ser explicitadas as lacunas encontradas e recomendar quais os caminhos futuros futuras pesquisas podem adotar (MENDES et. al., 2008; BOTEHO et. al., 2011).

6ª. Etapa: Apresentação da revisão/ síntese do conhecimento

A revisão integrativa deve incluir informações suficientes para que seja primeiramente um estudo passível de ser replicável (BOTELHO et. al. 2011). Portanto a revisão deve informar aos leitores dados necessários para que possam avaliar a pertinência dos procedimentos empregados na elaboração da revisão, os aspectos relativos ao tópico abordado e o detalhamento dos estudos incluídos (MENDES et. al., 2008). Sendo assim, a última etapa consiste na elaboração de um documento que deve contemplar a descrição criteriosa de todas as etapas percorridas e devem ser apresentados os principais resultados evidenciados da análise. Esta etapa é “de extrema importância, já que produz impacto devido ao acúmulo do conhecimento existente sobre a temática pesquisada” (MENDES et. al., 2008, p.763).

3.2 REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Trata-se de uma revisão integrativa de literatura (RIL) de caráter amplo e exploratório que visa levantar as pesquisas realizadas para a medição da volumetria de membros amputados na produção de próteses com uso de técnicas de digitalização com vistas a apoiar o processo de protetização. O propósito deste trabalho é de revisar, junto à literatura qualificada, pesquisas

realizadas na utilização de diferentes métodos e tecnologias para a digitalização de membros amputados no contexto do processo do desenvolvimento de próteses e órteses.

Com base na literatura trazida na fundamentação teórica, a elaboração da revisão integrativa sobre o tema e o registro de concentração foi realizada seguindo os seguintes passos: Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa; Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; Categorização dos estudos selecionados; Análise e interpretação dos resultados; e Apresentação da revisão/ síntese do conhecimento.

3.2.1 Primeira Etapa: construção da questão de pesquisa e determinação da estratégia de busca

Conforme a fundamentação teórica trazida no capítulo 2 acerca do método de revisão integrativa, os procedimentos metodológicos da presente pesquisa estão focados na sistematização da busca e análise da bibliografia acerca do tema de medição antropométrica de membros inferiores amputados a nível transtibial para a fabricação de próteses. O tema fora previamente selecionado e explorado de forma a ter-se um conhecimento básico antes do início da busca sistemática na literatura, em concordância com a referida fundamentação teórica.

A construção da pergunta de pesquisa, seguindo o tema de medição volumétrica de membros residuais a nível transtibial, resultou em “Quais são as evidências na literatura sobre as tecnologias e métodos empregados na medição digital da volumetria de membros residuais transtibiais para a produção de próteses?”

Os descritores (*string* de busca) e palavras-chave da estratégia de busca, escrito no idioma inglês, necessariamente devem abordar próteses, fotogrametria ou outros processos relacionados com a digitalização e/ou análise do volume ou medição do membro, pois estas avaliações podem ser relacionadas com outros equipamentos para a captação de dados relevantes.

Palavras-Chave:

- Digitalization; Digitization; Scanning
- Lower Limb; amput*; Socket; prosth*
- Photogrammet*
- Evaluation; Anthropometrics; Validation; Measurement; Shape
- Virtual Prototyping

- Body Scanning
- Human body measurement/visualization
- Imaging data
- Stereophotogrammetry
- Artificial limb
- Volume
- Prosthesis fitting
- CAD

O *string* criado foi: (phtogrammet* OR Digit* OR Scan*) AND (Amput* OR prosth* OR limb) AND (Anthropomet* OR measur* OR fit*) AND Volum* AND transtibial

Esta *string*, ampla, foi gerado com as seguintes (sub)*strings*, com a lógica de fazer referência a certos tópicos do tema de forma geral:

- Photogrammet* OR Digit* OR Scan, referente ao processo de digitalização;
- Amput*OR limb, referente ao público-alvo;
- Prosth*, referente ao Usuário de Prótese/ Órtese;
- Anthropomet* OR measur* OR fit*, referente à medição
- Volum* referente à volume e volumetria

As bases de dados foram escolhidas após observar-se que estas bases possuem abrangência suficiente para reunir pesquisas relacionadas com tecnologia de ponta (como a digitalização de membros) e pesquisas relacionadas com medicina (amputação e fabricação de próteses). As escolhas recaíram nas grandes bases multidisciplinares que possam ser acessadas através do sistema CAPES, são elas *Scopus*, *ISI Web of Science* e *Science Direct*. O *string* foi adaptado para cada base de dados conforme resultados mais amplos foram observados sem que fossem perdidos os principais critérios de busca. Foram eles:

- *Scopus*: (phtogrammet* OR Digit* OR Scan*) AND (Amput* OR prosth* OR limb) AND (Anthropomet* OR measur* OR fit*) AND Volum* AND transtibial
- *ISI Web of Science*: (phtogrammet* OR Digit* OR Scan*) AND ((Amput*) OR (prosth* OR ortho* OR bracing)) AND Anthropomet*
- *Science Direct*: (phtogrammetry OR Digitization OR Scan) AND (transtibial OR prosthetic) AND Anthropometry AND Volume

3.2.2 Segunda Etapa: Estabelecimento de Critérios de inclusão e exclusão

Nesta etapa foram definidos os critérios de inclusão/exclusão dos estudos investigados, estratégias e bases de dados utilizados na busca. Os critérios de amostragem devem garantir a representatividade da amostra, sob pena de interferir na validade do estudo.

Para o processo de seleção, as referências encontradas na Scopus e na Web of Science serão exportadas – com todas as suas informações, incluindo as referências citadas – no formato bibtex para, em seguida, serem importadas no gerenciador de referências StArt. Esta ferramenta permitirá a verificação da existência de referências duplicadas entre as buscas, entre outras facilidades de verificação de dados e metadados da pesquisa. Serão então aplicadas duas filtrações consecutivas:

- FILTRO 1: leitura de Título, Resumo e Palavras-chave;
- FILTRO 2: obtenção e leitura completa dos artigos;
- FILTRO 3: leitura detalhada dos dados dos artigos.

A primeira filtração irá garantir que os critérios iniciais de inclusão sejam respeitados nos campos de Título, Abstract e Palavras-chave. Para a segunda filtração, serão buscados documentos das referências selecionadas na primeira filtração no formato que foi desenvolvido pela Adobe Systems no ano de 1993 chamado, em inglês, de *Portable Document Format* (Formato Portátil de Documento) cuja sigla é pdf. As referências para as quais não for possível a obtenção dos arquivos pdf pelos meios descritos nos Critério de Seleção serão, por fim, excluídos do portfólio de referências a serem analisadas. Por fim, a terceira filtração irá garantir exclusivamente a inclusão de artigos que possam contribuir com dados referentes à medição de volumetria do membro amputado a nível transtibial. A melhor abordagem seria a inclusão de todos os estudos encontrados, ou a seleção randomizada dos mesmos; caso as duas possibilidades não sejam possíveis, os critérios de inclusão/exclusão devem ser claramente expostos (GANONG, 1987).

Assim, similarmente ao que fora feito na revisão sistemática, os resultados foram filtrados para apenas artigos publicados entre 2014 e 2021 que disponham seus resumos gratuitamente na internet. O recorte dos anos de publicação incluídos foi escolhido por motivos de que, dada a velocidade dos avanços tecnológicos, artigos publicados mais de 5 anos antes do início da presente pesquisa ter iniciado (em 2019) poderiam estar fazendo uso de tecnologias que se tornaram obsoletas na atualidade, bem como por motivos de outros tipos de revisões da

literatura já potencialmente haverem sido feitas abordando o mesmo assunto. Os artigos restantes tiveram seus resumos lidos, realizando novo filtro para manter apenas artigos relacionados com próteses, métodos digitalizadores e volumetria de membros residuais transtibiais. Os critérios de inclusão adotados para orientar a busca e seleção dos artigos deste estudo foram os seguintes:

- INCLUSÃO (requisitos simultâneos):
 - (ESCOPO) Pesquisas que abordem o desenvolvimento e/ou a avaliação de métodos de digitalização usados para medição antropométrica da volumetria de membros residuais.
 - (TIPO DE REFERÊNCIA) Artigos de periódicos publicados ou aceitos para publicação, bem como capítulos de livro.
 - (ACESSO) Artigos acessíveis através do: (1) Portal de Periódicos da CAPES nas instituições envolvidas, ou seja, UFSC, UDESC ou UNIVALI; (2) Google Acadêmico; (3) portal das editoras, de forma gratuita; (4) através do sistema COMUT nas instituições envolvidas.
 - (IDIOMA) Escritos nos idiomas Inglês, Português, Espanhol e Italiano.
- EXCLUSÃO (requisitos alternativos):
 - (ESCOPO) Pesquisas que abordem a utilização da digitalização no processo de medição ou digitalização de outros sujeitos que não sejam membros residuais transtibiais.
 - (ESCOPO) Pesquisas que utilizam a digitalização para pessoas sem amputações ou que não necessitem de próteses.
 - (ESCOPO) Pesquisas que utilizam a digitalização sem descrever a medição volumétrica.
 - (ACESSO) Artigos, cuja obtenção envolva o pagamento direto por parte dos participantes da pesquisa.
 - (ACESSO) Artigos obtidos de forma cuja legalidade possa ser questionada.

A seleção da estratégia de busca deve tentar minimizar a perda de estudos e objetivar a eficiência, ou seja, não exigir tempo excessivo, usar primeiramente as fontes que sejam mais propensas a trazer resultados (HIGGINS; GREEN, 2005). Esta etapa efetiva-se melhor se forem utilizadas bases de dados eletrônicas.

Os artigos foram adquiridos por meio do portal de periódicos CAPES, que é uma importante fonte de informações para pesquisadores, pois construção de qualquer trabalho científico depende do acesso às informações necessárias para a sua fundamentação teórica. Porém existem ainda estudos que dependem de permissão dos autores ou das publicações para ter-se acesso às informações, estes não foram incluídos nesta revisão, apenas artigos que puderam ser acessados de forma gratuita por meio dos recursos da universidade pública.

3.2.3 Terceira Etapa: Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados

Na presente RI localizou-se inicialmente 311 artigos, dos quais 265 foram excluídos por não contemplarem os fatores contidos nos requisitos de inclusão do primeiro filtro e outros 30 foram excluídos durante a segunda filtragem por abrangerem outros fatores que não fossem a volumetria do coto transtibial medido digitalmente. O terceiro filtro eliminou mais 6 artigos, uma vez que lidos integralmente e encontrados falta de adequação ao tema sendo pesquisado.

Na tabela 2 apresentam-se os dados dos 10 estudos que atenderam aos critérios de seleção previamente estabelecidos e que compuseram o corpus desta pesquisa.

Base	Scopus	ISI WoS	Science Direct	Total (ñ dup.)
Antes	142	148	21	311
Filtro 1	24	18	4	46
Filtro 2	12	4	0	16
Filtro 3	8	2	0	10

Tabela 2 Número de Publicações selecionadas por Base de Dados. Fonte: a Autora

A amostra foi composta por 10 artigos, sendo 8 provenientes da base de dados *Scopus*, 2 da base de dados *Web of Science* e nenhuma da base de dados *Science Direct*. Quanto às bases de dados, a amostra encontrada reforça os relatos de que as bases de dados utilizadas, especialmente a *Scopus* e *Web of Science*, são bases de dados abrangentes que incluem a cobertura de artigos nos campos científico, técnico e de ciências médicas e sociais. Este aspecto multidisciplinar permite que pesquisadores consigam buscar artigos pertinentes de outras áreas, entre outras facilidades trazidas pelas próprias bases para visualizar metadados das buscas.

Por fim, foi obtido o Portfólio Final de referências para a RI sobre formas de digitalizar e de medição volumétrica de membros amputados a nível transtibial, organizado por nome, autor(es), ano e revista na Tabela 3.

Na tabela 3, os dados estão disposto de forma que se possa observar que, quanto ao ano de publicação dos estudos, enfatiza-se a maior quantidade de artigos recentes, com predomínio do ano de 2019. Já em relação à origem dos estudos, houve um predomínio daqueles provenientes dos Estados Unidos (país de origem de 3 dos estudos selecionados) e de países da Europa, principalmente da Inglaterra e Holanda (país de origem de 2 dos estudos), bem como Austrália de onde vieram dois estudos similares onde um se trata de uma revisão sistemática.

Título	Autor(es)	Revista	Ano
Three-dimensional printing in prosthetics: Method for managing rapid limb volume change	Nickel, E.; Barrons, K.; Hand, B.; Cataldo, A. e Hansen, A.	Prosthetics and Orthotics International	2020
Comparative study of the circumferential and volumetric analysis between conventional casting and three-dimensional scanning methods for transtibial socket: A preliminary study	Mehmood, W.; Abd Razak, N.A.; Lau, M.S.; Chung, T.Y.; Gholizadeh, H. e Abu Osman, N.A.	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine	2019
Reliability and validity of the iSense optical scanner for measuring volume of transtibial residual limb models	Armitage, L.; Kwah, L.K. e Kark, L.	Prosthetics and Orthotics International	2019
Reliability and validity of Measurement Tools for Residual Limb Volume in People with Limb Amputations: A Systematic Review	Armitage, L.; Kwah, L.K. e Kark, L.	Physical Therapy	2019
A Framework for Measuring the Time-Varying Shape and Full-Field Deformation of Residual Limbs Using 3-D Digital Image Correlation	Solav, Dana, Moerman, Kevin M.; Jaeger, Aaron M. e Herr, Hugh M.	IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING	2019
Measurement properties and usability of non-contact scanners for measuring transtibial residual limb volume	Kofman, R.; Beekman, A.M.; Emmelot, C.H.; Geertzen, J.H.B. e Dijkstra, P.U.	Prosthetics and Orthotics International	2018
The Relationship of Prosthetic Sock Ply Thickness to Percentage of Transtibial Limb Volume Outside of the Socket	Jasken, J. e Hall, M.	Journal of Prosthetics and Orthotics	2018
Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models	Seminati, Elena, Talamas, David Canepa, Young, Matthew, Twiste, Martin, Dhokia, Vimal e Bilzon, James L. J.	PLOS ONE	2017
Registering a methodology for imaging and analysis of residual-limb shape after transtibial amputation	Dickinson, A.S. and Steer, J.W. and Woods, C.J. e Worsley, P.R.	Journal of Rehabilitation Research and Development	2016
Reduction of residual limb volume in people with transtibial amputation	Tantua, A.T.; Geertzen, J.H.B.; van den Dungen, J.J.A.M.; Breek, J.-K.C. e Dijkstra, P.U.	Journal of Rehabilitation Research and Development	2014

Tabela 3 Resultados da Revisão Integrativa. Fonte: a Autora

3.2.4 Quarta Etapa: Categorização dos estudos

Nesta fase foram determinados os procedimentos empregados nos estudos avaliados que permitiram encontrar evidências relevantes; identificar os dados potencialmente expressivos nos estudos e as diferenças entre as pesquisas.

O propósito prático dessa etapa foi sumarizar e documentar, de forma concisa e fácil, as informações-chave de cada artigo incluído na revisão. Para um melhor direcionamento da pesquisa e facilitar o acesso e a recuperação das informações contidas nos artigos, a coleta de dados deu-se mediante a aplicação de uma ferramenta de registro e síntese que foi criada com base em instrumentos tipicamente utilizados na área da enfermagem (Pompeo 2007; Ursi 2005).

O instrumento utilizado para a identificação e categorização dos artigos contempla os seguintes itens:

- Identificação dos principais dados (título, periódico, autores, país, ano de publicação, tipo de publicação);
- Objetivos, delineamento e relevância do estudo;
- Características metodológicas (técnica para coleta de dados, amostra, descrição do método)
- Materiais e tecnologias empregadas
- Resultados (descrição e análise crítica)
- Conclusões (descrição, limitações e nível de evidência)

O instrumento elaborado foi utilizado para avaliação dos estudos para que fosse verificado se as informações pertinentes foram extraídas com sucesso e se o instrumento foi capaz de abranger uma multiplicidade de fatores trazidos pelos artigos selecionados. Foi encontrado um artigo cujas informações não foram extraídas da mesma forma que os demais artigos pois se tratava de uma revisão sistemática e, portanto, recebeu um tratamento diferenciado para que fossem extraídas as informações relacionadas ao tema de pesquisa e não à forma em que foi realizada a revisão sistemática em si. Nesta revisão, a caracterização dos artigos foi realizada de acordo com as informações descritas pelos autores dos respectivos estudos. A síntese dos dados extraídos e o instrumento elaborado encontram-se no capítulo 4 Resultados.

3.2.5 Quinta Etapa: Análise e Interpretação dos resultados

Nesta etapa, os dados extraídos dos artigos investigados foram discutidos, sintetizados e comparados com o conhecimento teórico, delimitando prioridades para futuras pesquisas.

Neste estudo a comparação dos dados envolveu um processo de análise do quadro de visualização dos dados das fontes (Apêndice 1) para identificar padrões, temas ou relações, assim como os achados de cada artigo que compôs a amostra. Assim, a etapa consiste em identificar, por meio da síntese das fontes selecionadas, as informações e os dados análogos do material, estabelecendo relações entre as informações e os dados obtidos. Foram analisadas as consistências das informações e dados apresentados pelos respectivos autores e a partir disso, no capítulo 4, foram organizados de forma lógica em tópicos para facilitar a interpretação dos achados.

A súmula do conhecimento foi apresentada na forma descritiva, reunindo informações produzidas sobre o tema investigado. Com base nos estudos, o agrupamento temático dos fatores relacionados à medição volumétrica digital de membros residuais transtibiais se deu em quatro categorias: métodos empregados para a medição da volumetria do membro residual, características da tecnologia utilizada, fontes de erro das técnicas de medição e declaração dos achados

3.2.6 Sexta Etapa: Apresentação dos Resultados

Os resultados foram apresentados, inicialmente por meio de tabelas com dados extraídos dos artigos da amostra final da busca e, depois, com a análise temática, a partir de categorias estabelecidas, a priori, considerando-se fatores recorrentes na literatura. A interpretação dos dados surgiu junto à apresentação dos resultados e à luz da bibliografia.

4. Resultados

Após a leitura dos artigos, os dados foram analisados e transcritos para o instrumento descrito anteriormente em forma de tabelas. As tabelas geradas fornecem as informações retiradas das fontes de forma que facilite a rápida compreensão dos dados mais relevantes. Fora os dados tabelados, também foram consideradas e extraídas informações mais extensas que seriam difíceis de trazer de forma restringida como requer a formatação de tabelas. Informações como o procedimento metodológico detalhado, os resultados, a conclusão e discussão foram extraídos de cada um dos artigos e foram discutidos nas sessões a seguir. A síntese do conhecimento foi, portanto, apresentada em duas etapas. A primeira consistiu na análise dos dados de identificação das publicações que compõem a amostra, sendo utilizadas operações estatísticas simples de distribuição de frequência em porcentagem. Na segunda parte, analisou-se o conteúdo das publicações, ou seja, introdução, objetivos, metodologia, resultados, discussão e conclusão.

4.1 METADADOS DAS PUBLICAÇÕES

Os artigos selecionados foram publicados em 8 periódicos diferentes, sendo o mais frequente: *Prosthetics and Orthotics International*, como apresentado na tabela 4, a seguir.

Na Tabela 4, referente à identificação das pesquisas, estão expostos os metadados relativos ao título, autor, país de origem, revista, ano, tipo de publicação, palavras-chave e tipo de revista. A partir da tabela 5 revelou-se que 6 dos artigos foram publicados em revistas da área da saúde (sendo 3 deles na revista *Prosthetics and Orthotics International*), 3 foram publicados em revistas da área das engenharias e uma multidisciplinar. A perspectiva completa dos dados extraídos encontra-se nas tabelas em anexo e são abordados mais detalhadamente no capítulo de análise.

Na tabela 4 também se encontram a relação de todas as palavras-chave utilizadas pelos autores, algumas das quais foram utilizadas na construção do *string* de busca e outras que poderiam ser investigadas futuramente.

Titulo	Autores	Pais de origem	Revista	Ano	Palavras-chave	Tipo de Revista
Three-dimensional printing in prosthetics: Method for managing rapid limb volume change	Nickel, E.; Barrons, K.; Hand, B.; Cataldo, A. e Hansen, A.	Estados Unidos	Prosthetics and Orthotics International	2020	Socket fit, three-dimensional printing, lower limb prosthesis, socket volume	Saúde/órteses e próteses
Comparative study of the circumferential and volumetric analysis between conventional casting and three-dimensional scanning methods for transtibial socket: A preliminary study	Mehmoed, W.; Abd Razak, N.A.; Lau, M.S.; Chung, T.Y.; Gholizadeh, H. e Abu Osman, N.A.	Malasia	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Engineering in Medicine	2019	Socket, biosculptor, Computer Aided Design, Computer Aided Manufacture, prosthetic, volumetric, residual limb	Engenharia
Reliability and validity of the iSense optical scanner for measuring volume of transtibial residual limb models	Armitage, L.; Kwah, L.K. e Kark, L.	Australia	Prosthetics and Orthotics International	2019	Reliability, validity, volume, residual limb	Saúde/órteses e próteses
A Framework for Measuring the Time-Varying Shape and Full-Field Deformation of Residual Limbs Using 3-D Digital Image Correlation	Solav, Dana; Moerman, Kevin M.; Jaeger, Aaron M. e Herr, Hugh M.	Estados Unidos	IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING	2019	Prosthetic socket, residual limb volume, skin strain measurement, 3D digital image correlation, transtibial amputation	Engenharia Biomédica
Measurement properties and usability of non-contact scanners for measuring transtibial residual limb volume	Kofman, R.; Beekman, A.M.; Emmelot, C.H.; Geertzen, J.H.B. e Dijkstra, P.U.	Holanda	Prosthetics and Orthotics International	2018	Amputation, computer-aided design/computer-aided manufacturing system, transtibial, volume measurement	Saúde/órteses e próteses
The Relationship of Prosthetic Sock Ply Thickness to Percentage of Transtibial Limb Volume Outside of the Socket	Jasken, J. e Hall, M.	Estados Unidos	Journal of Prosthetics and Orthotics	2018	residual limb, volume, sock, artificial limb, prosthetic limb, sock ply, prosthesis, limb volume	Saúde/órteses e próteses
Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models	Seminati, E.; Talamas, D. C.; Young, M.; Twiste, M.; Dhokia, V. e Bilzon, J. L. J.	Inglaterra	PLOS ONE	2017	Amputation, 3d imaging, validity, anatomic model, reliability, measurement accuracy	Multidisciplinar
Registering a methodology for imaging and analysis of residual-limb shape after transtibial amputation	Dickinson, A.S. and Steer, J.W. and Woods, C.J. and Worsley, P.R.	Inglaterra	Journal of Rehabilitation Research and Development	2016	amputation, CAD/CAM, evidence-based, prostheses, reliability, residual-limb shape, residuum volume, shape analysis, surface scanning, validity.	Saúde
Reduction of residual limb volume in people with transtibial amputation	Tantua, A.T. and Geertzen, J.H.B. and van den Dungen, J.J.A.M. and Breek, J.-K.C. and Dijkstra, P.U.	Holanda	Journal of Rehabilitation Research and Development	2014	amputation, fluctuation, laser scanner, longitudinal study, lower limb, measurements, rehabilitation, residual limb, residual limb volume, transtibial	Saúde

Tabela 4 – Identificação das pesquisas Fonte: Autora

Em relação à categoria profissional, engenheiros especialmente engenheiros biomédicos se destacaram como os profissionais que mais publicaram artigos sobre essa temática. Os demais artigos foram escritos por profissionais da área da saúde. Em relação à instituição sede dos estudos, foram identificadas instituições multicêntricas e instituições únicas, conforme apresentadas na tabela 5.

Referência	Área do conhecimento do primeiro autor	Instituição e País sede dos estudos
Nickel et. al.	Engenharia Biomédica	Minneapolis VA Health Care System, Minneapolis, MN, USA Reify LLC, Johns Island, SC, USA University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA
Mehmood et.al.	Engenharia Biomédica	Centre for Applied Biomechanics, Department of Biomedical Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia The Okinawa Rehabilitation Institute, Toronto, Canada University of Malaysia Terengganu, Kuala Terengganu, Malaysia
Armitage et al.	Engenharia Biomédica	UNSW Sydney, Sydney, NSW, Australia University of Technology Sydney, Sydney, NSW, Australia
Solay et. al.	Engenharia	Media Lab, Massachusetts Institute of Technology. EUA
Kofman et. al.	Medicina	Vogellanden–Centre for Rehabilitation, Zwolle, The Netherlands Region Kronoberg–Center for Rehabilitation, Växjö, Sweden Isala Clinics, Zwolle, The Netherlands University of Groningen, University Medical Center Groningen, Department of Rehabilitation Medicine, the Netherlands
Jasken e Hall.	Área da saúde	Gillette Children's Specialty Healthcare, 200 University Ave E, St. Paul, MN, EUA
Seminati et. al	Engenharia Biomédica	Department for Health, University of Bath, Bath, United Kingdom, CAMERA Centre, University of Bath, Bath, United Kingdom, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, Bath, United Kingdom, School of Health Sciences, University of Salford, Salford, United Kingdom, United National Institute for Prosthetics & Orthotics Development (UNIPOD), University of Salford, Salford, United Kingdom
Dickinson et. al.	Engenharia Biomédica	Bioengineering Science Research Group, Faculty of Engineering and the Environment Skin Health and Continence Technologies Research Group, Faculty of Health Sciences, University of Southampton, Southampton, United Kingdom
Tantua et. al.	Medicina	Department of Rehabilitation Medicine, University Medical Center Groningen, Center for Rehabilitation, Groningen, the Netherlands; Department of Vascular Surgery, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groningen, the Netherlands; Department of Surgery, Martini Hospital Groningen, Groningen, the Netherlands; Department of Oral and Maxillofacial Surgery, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groningen, the Netherlands

Tabela 5 Área do conhecimento do primeiro autor e Instituição e País sede dos estudos. Fonte: a Autora

A tabela 6 abaixo mostra a distribuição dos artigos segundo delineamento de pesquisa e objetivo.

Referência	P	S	Quali	Quanti	D	E	Delineamento	Objetivo
Nickel et. Al.	x		x		x		Estudo Piloto	Avaliar a viabilidade do uso de uma inserção impressa tridimensionalmente para estender a vida útil de uma prótese após perda substancial de volume do membro residual.
Mehmood et.al.	x			x		x	Quasi Experimental	Determinar os perfis circunferenciais e realizar a análise volumétrica de um encaixe convencional fabricado com tecnologia de biosculptor.
Armitage et al.	x			x		x	Quasi Experimental	Avaliar a confiabilidade e validade de critério do scanner óptico iSense na medição de volume de modelos de membros residuais transtibiais.
Solav et. Al.	x			x		x	Quasi Experimental	Propor uma nova abordagem para a medição e análise do formato e deformação do membro residual, usando um sistema de alta resolução e baixo custo.
Kofman et. Al.	x			x		x	Quasi Experimental	Analisar as propriedades de medição e usabilidade de quatro scanners (TT Design, Omega Scanner, BioSculptor Bioscanner e Rodin4D Scanner).
Jasken e Hall.	x			x		x	Estudo Preliminar	Medir a relação entre a camada de meia e a porcentagem de mudança de volume.
Seminati et. Al	x			x		x	Quasi Experimental	Avaliar a validade e confiabilidade do scanner Artec Eva contra um scanner 3D a laser de alta precisão para a determinação da forma e volume do modelo de um membro residual.
Dickinson et. Al.	x			x		x	Quasi Experimental	Propor uma metodologia para a digitalização e análise da forma do membro residual por meio de medições automatizadas de alta resolução, avaliando a validade e reprodutibilidade do processo quantificando a precisão de três candidatos a scanners de superfície e influência dos efeitos inter e intraobservador.
Tantua et. Al.	x			x		x	Estudo de Coorte	Analisar a redução do volume do membro residual em pessoas com amputação transtibial e correlacionar o volume do membro residual com a circunferência do membro residual.

Tabela 6 –Objetivos dos estudos (P: Dados Primários; S: Dados Secundários; Quali: Abordagem Qualitativa; Quanti: Abordagem Quantitativa; D: Análise Descritiva; E: Análise Estatística)

Em relação ao delineamento de pesquisa, 6 artigos são classificados como quase experimentais, um artigo se classifica como estudo piloto, outro como estudo preliminar, outro ainda como estudo de coorte e um artigo de revisão sistemática foram encontrados. A totalidade dos estudos que fizeram parte da amostra retratou métodos e tecnologias de digitalização empregados na medição volumétrica de membros residuais de amputados a nível transtibial.

Outro aspecto observado, trazido pela tabela 6, referente a características e objetivos dos estudos, são o predomínio das abordagens quantitativas, de análise estatísticas e com dados primários. A revisão sistemática de Armitage et. al. (2019) seria a única pesquisa com dados secundários, porém, esta não foi incluída nas tabelas 4, 5, 6 e 7 devido à sua natureza que não se enquadra nos mesmos critérios de análise das outras pesquisas, optando-se então pela extração dos dados de forma diferenciada para que possa assim contribuir com os achados das demais pesquisas.

A seguir são apresentados os resultados da análise dos artigos incluídos nesta revisão integrativa da literatura. Os fatores relacionados foram separados por método utilizado, características das tecnologias e fontes de erro das técnicas empregadas. As declarações de resultados em forma de afirmações são apresentadas de acordo com a frequência em que aparecem nos estudos e o nível de confiança da declaração com base na qualidade geral dos estudos pertinentes.

4.2 MÉTODO PARA MEDIR A VOLUMETRIA DO MEMBRO RESIDUAL

Todos os artigos pertencentes à amostra descrevem algum tipo de método para a medição de membros residuais, porém, não foram identificadas muitas semelhanças entre eles. Percebeu-se a possibilidade de separá-los em duas categorias: testes realizados em pessoas e testes realizados em modelos, que descrevem o sujeito a ser medido como sendo medições com pessoas ou com moldes/modelos de membros residuais (excluindo a revisão sistemática que trouxe estudos pertencentes à todas as categorias).

4.2.1 Testes com pessoas

Solav et. al. (2019) propuseram uma nova abordagem para a medição e análise do formato e deformação do membro residual, usando um sistema de alta resolução e baixo custo. O sistema proposto foi um sistema multi-câmera projetado para capturar conjuntos de imagens simultâneas de toda a superfície do membro residual. As imagens foram analisadas usando uma caixa de ferramentas de correlação de imagem digital tridimensional (3D-DIC) de código aberto

especialmente desenvolvida, para obter com precisão as formas variadas no tempo, bem como a deformação de campo completo e mapas de deformação na superfície da pele do membro. As medidas em um coto transtibial foram obtidas durante as flexões do joelho, contrações musculares e edema decorrente da remoção do encaixe.

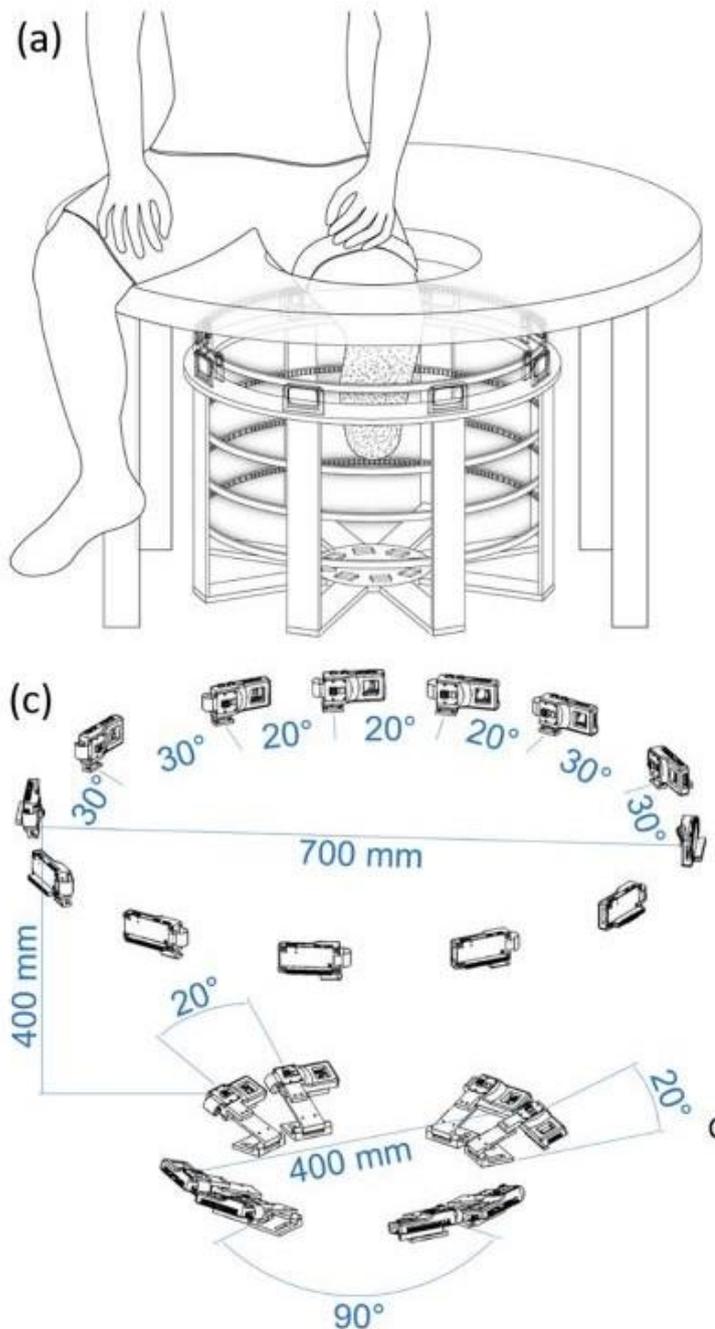


Figura 4 - (a) Ilustração esquemática da configuração da ferramenta, (b) dimensões da configuração estéreo fotogramétrica. Fonte: Solav et. al., 2019.

Na figura 4, são apresentados de forma esquemática o *scanner* circular que apresenta uma plataforma circular com várias câmeras com tiras de LED. O sujeito está sentado em uma mesa com um orifício diretamente acima do centro do instrumento, dentro do qual o membro residual salpicado de tinta é inserido. A imagem (c) retrata as dimensões da configuração estéreo das câmeras. 13 câmeras foram posicionadas no anel superior do equipamento, criando 13 pares estéreo. 10 pares posicionados no ângulo de 30 ° e três os pares no ângulo de 20 ° entre as câmeras. As posições e orientações relativas das câmeras inferiores também são indicadas. Na Figura 5, abaixo, encontra-se imagens do interior do equipamento apresentado durante as medições e as imagens capturadas.

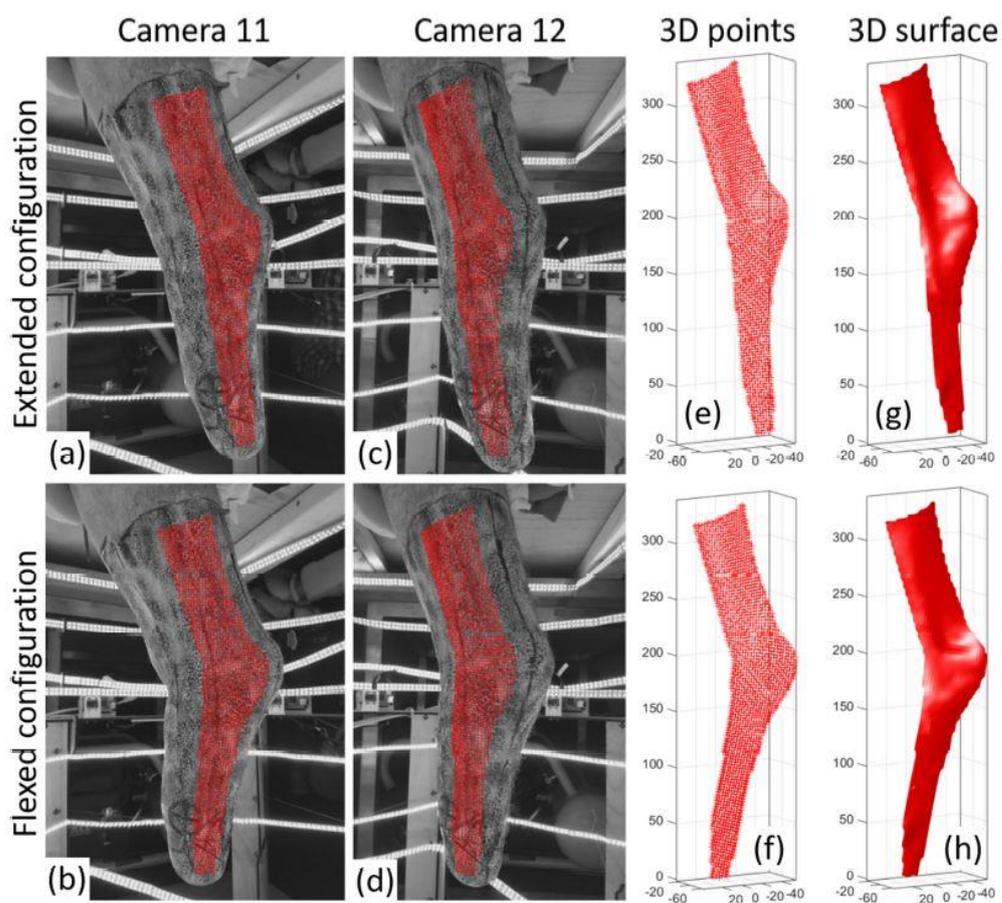


Figura 5 - Fluxo de trabalho de reconstrução da superfície do membro residual usando 3D-DIC.
Fonte: Solav et. al., 2019.

Na Figura 5 vemos porções do membro residual salpicado de tinta sendo fotografado pela câmera 11 [(a) e (b)] e a câmera 12 [(c) e (d)] em duas posições: joelho estendido (linha superior) e joelho flexionado (linha inferior). Os pontos correlacionados entre todas as quatro imagens [(a) - (d)] são plotadas com cruzes vermelhas no topo das imagens. As nuvens de pontos 3D resultantes

[(e) e (f)] e malhas triangulares [(g) e (h)] são plotados para as duas configurações. Todos os eixos nos gráficos [(e) - (h)] estão em milímetros.

No estudo de Mehmood et. al. (2019) objetivou-se determinar os perfis circunferenciais e realizar uma análise volumétrica de um encaixe convencional fabricado com tecnologia digitalizadora. As circunferências foram analisadas antes e após o procedimento de modificação. O procedimento de modificação inclui a modificação manual do modelo em gesso e a modificação da tecnologia do *scanner biosculptor* usando o *software* da *bioshape*. Para a realização da análise volumétrica, foram realizados quatro métodos de cálculo em ambas as tomadas de medidas, nas quais foram feitas comparações com o membro residual. Como visto na figura 6 abaixo:



Figura 6 - (Da esquerda para a direita) Marcação de intervalos de 1cm para a medição convencional, utilização do bioscanner e o modelo final usando o software bioshape. Fonte: Mehmood et. al., 2019

No estudo de Nickel et. al. (2020) usaram um sujeito de pesquisa com um encaixe protético transtibial, feito nas medidas corretas, como base para produzir um encaixe superdimensionado fabricado para simular uma perda substancial de volume do membro. Os modelos digitais do encaixe superdimensionado e do atual foram usadas para criar uma inserção impressa em 3D para ajustar o encaixe maior ao membro residual. A validação foi dada por meio de testes de distância percorrida em um período de 2 min e o volume foi verificado pela quantidade de *liners* usados a mais ou a menos que a quantidade usual. Os autores não apresentaram imagens do método ou do processo de coleta de dados.

Tantua et. al. (2014) se propuseram a analisar a redução do volume do membro residual em pessoas com amputação transtibial e correlacionar o volume do membro residual com a

circunferência do membro residual. Em um estudo de coorte longitudinal de 21 pessoas que tiveram uma amputação transtibial. O volume do membro residual foi medido usando um *scanner* a laser e a circunferência foi medida usando uma fita métrica, começando no período de 1 semana após a amputação e repetido a cada 3 semanas depois disso até 24 semanas após a amputação. Uma análise de modelo linear misto foi realizada com semanas pós-amputação transformada de acordo com o logaritmo natural como preditor. Os autores não apresentaram imagens do método ou do processo de coleta de dados.

4.2.2 Testes com moldes/modelos de membros residuais

O estudo de Armitage et. al. (2019) procurou avaliar a confiabilidade e validade de critério do *scanner* óptico *iSense* na medição de volume de modelos de membros residuais transtibiais. Três avaliadores realizaram duas medições cada em 13 modelos de membros residuais com um *scanner* óptico *iSense*. A confiabilidade intra e interexaminador foi calculada usando coeficientes de correlação intraclassa (ICC). O critério de validade foi avaliado usando uma barra de aço de dimensões conhecidas. Dez medições repetidas foram realizadas por um dos avaliadores. Um teste “t” foi usado para determinar as diferenças entre o volume medido e o volume verdadeiro da barra. Na figura 7, abaixo, os autores demonstram a malha criada a partir do molde sinalizado com marcadores tridimensionais.

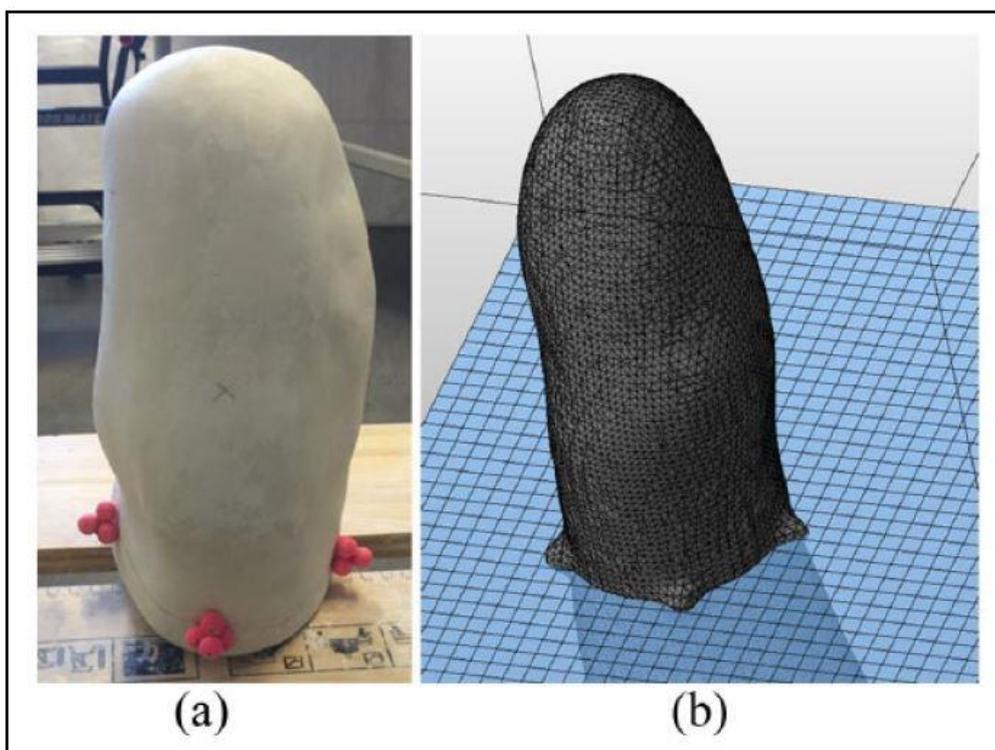


Figura 7 - (a) Molde do membro residual com marcadores tridimensionais, (b) alinhamento no software Netfabb Basic. Fonte: Armitage et. al., 2019

O objetivo da pesquisa de Kofman et. al. (2018) foi analisar as propriedades de medição e usabilidade de quatro *scanners* (*TT Design*, *Omega Scanner*, *BioSculptor Bioscanner* e *Rodin4D Scanner*). Nove modelos de membro residual foram medidos em duas ocasiões, cada uma consistindo em duas sessões, totalizando 4 sessões. Em cada sessão, quatro observadores usaram os quatro sistemas de medição de volume. A média para cada modelo, os coeficientes de repetibilidade para cada sistema, os componentes de variância e suas interações bidirecionais das condições de medição foram calculados. A satisfação do usuário foi avaliada com o Questionário de Usabilidade do Sistema Pós-estudo. A seguir, na figura 8, os autores apresentam a configuração do método de medição utilizada.



Figura 8 - Método de digitalização usando o Biosculpter. Fonte: Kofman et. al., 2018

A proposta do estudo de Jasken et. al. (2018) foi medir a relação entre a camada de meia e a porcentagem de mudança de volume. O *scanner* Rodin4D foi usado para digitalizar três modelos de espuma de membro amputado a nível transtibial. Cada modelo tinha um *liner* de tamanho apropriado, que foi escaneado como uma medida de linha de base. Cada combinação de meia (um, dois, três, cinco, um + um, um + dois, dois + três, dois + um e três + dois) foi digitalizada seis vezes por modelo. A ordem de digitalização foi atribuída aleatoriamente para cada modelo. Os autores não apresentaram imagens do método ou do processo de coleta de dados.

No estudo de Seminati et. al. (2017) o objetivo foi avaliar a validade e confiabilidade do *scanner Artec Eva* contra um *scanner* 3D a laser de alta precisão para a determinação da forma e volume do modelo de um membro residual. Três observadores completaram três avaliações repetidas de dez modelos de membros residuais, usando ambos os *scanners*. Nas figuras 9 e 10, abaixo, os autores apresentam um dos modelos utilizados para demonstrar como foram demarcados os pontos de interesse com marcadores tridimensionais, bem como a forma em que realizaram as medições com ambos os *scanners* (*Romer e Artec Eva*)

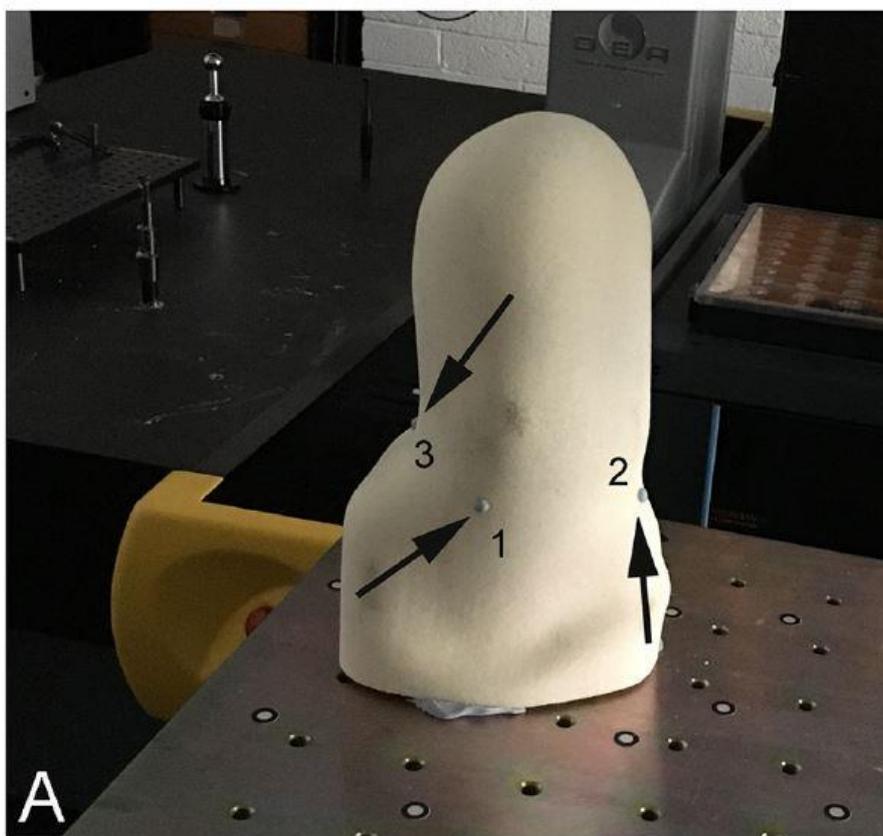


Figura 9 - (A) Molde do membro residual com marcadores tridimensionais 1, 2 e 3. Fonte: Seminati et. al., 2017

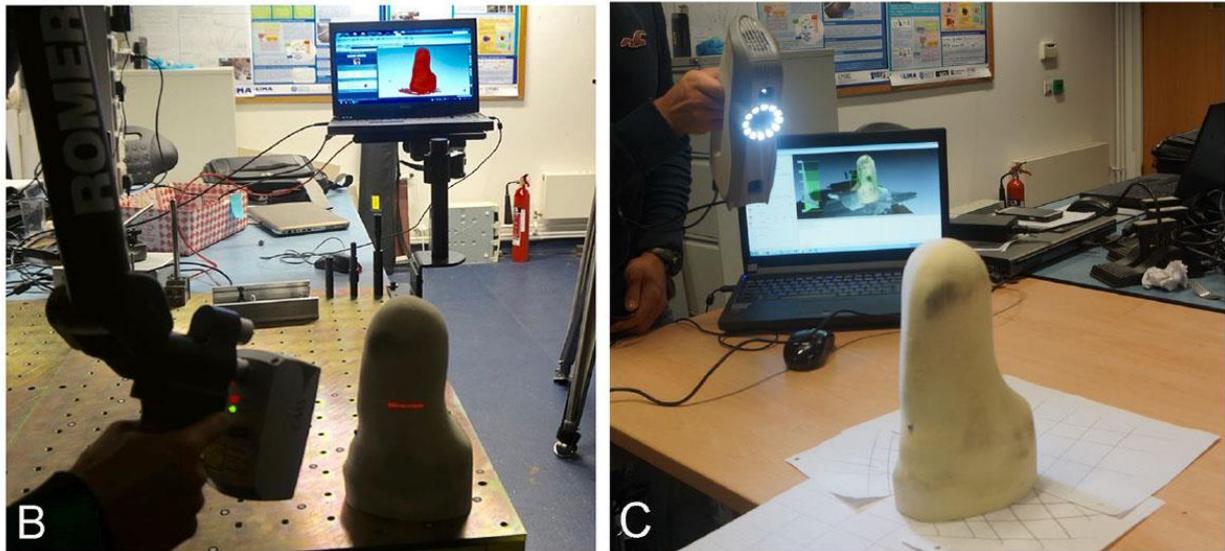


Figura 10 - (B) Configuração do método de medição com Romer (C) Configuração do método de medição com Artec Eva. Fonte: Seminati et. al., 2017

A validade do *scanner Artec Eva* foi avaliada (erro percentual médio <2%) usando o *scanner* de alta precisão (*Romer*) como padrão de comparação. A confiabilidade intra e inter-examinador (coeficiente de repetibilidade <5%) do *scanner Artec Eva* foi calculada para medir os índices de volume e forma do modelo de membro residual (isto é, áreas seccionais transversais e perímetros de membro residual). Nas imagens 11 e 12, a seguir, os autores demonstram como foi realizado o alinhamento dos modelos 3D no *software*, como foram organizadas as áreas seccionais transversais e a comparação entre os modelos 3D realizados por um só examinador de dois modelos (A e B). Para avaliar a diferença geométrica entre os modelos dos dois *scanners*, o erro de raiz quadrada média (Root Mean Square Error, RMSE) foi calculada.

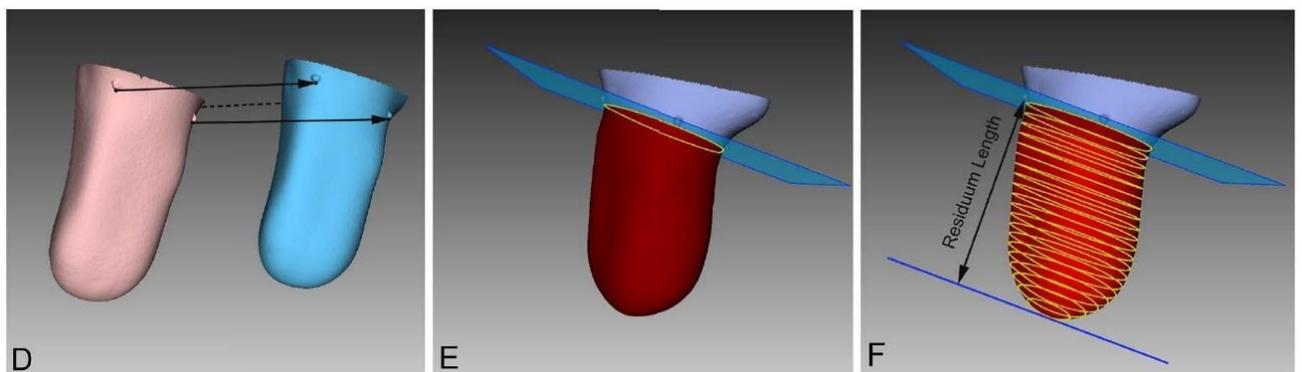


Figura 11 - (D) Modelos 3D do Romer (rosa) e Artec Eva (azul), (E) alinhamento do plano com os pontos de referência no *software*, (F) áreas de seção transversal ao longo do membro. Fonte: Seminati et. al., 2017

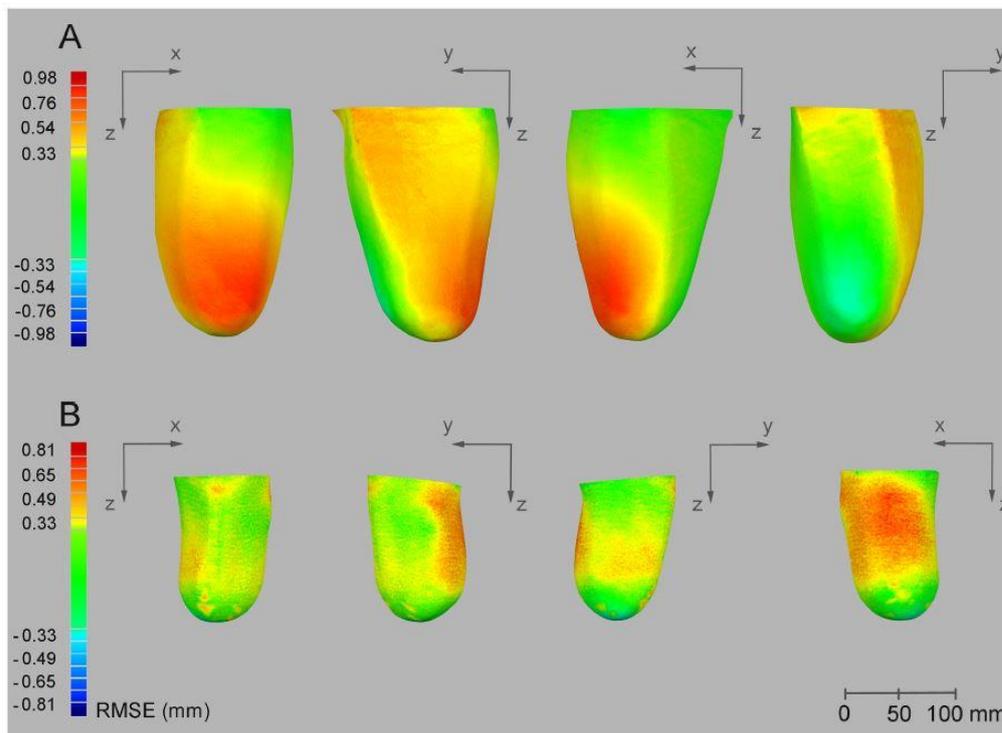


Figura 12 Comparação do mesmo modelo coletado com os 2 scanners diferentes pelo mesmo examinador para um modelo transfemoral (A) e um modelo transtibial (B). Fonte: Seminati et. al., 2017

As diferenças RMSE, na figura 12, são indicadas pela escala colorida à esquerda (valores vermelhos médios indicam que o *scanner Artec Eva* mediu um volume maior). Da esquerda para a direita: vista anterior, vista lateral, vista medial e vista posterior do modelo do membro residual.

Dickinson et. al. (2016) propuseram uma metodologia para a digitalização e análise da forma do membro residual por meio de medições automatizadas de alta resolução, avaliando a validade e reprodutibilidade do processo quantificando a precisão de três *scanners* de superfície e a influência dos efeitos inter e intra-observador. Neste estudo um membro residual impresso em 3D foi escaneado com três digitalizadores de superfície em 10 ocasiões. A precisão foi medida comparando o erro de altura da digitalização entre repetições e a geometria do projeto auxiliado por computador (CAD), e depois, o volume de CAD em comparação com a digitalização. Posteriormente, 20 modelos de masculinos de indivíduos com amputação transtibial foram digitalizados por dois observadores, e 10 foram digitalizados repetidamente por um dos observadores. Os arquivos de formas foram alinhados espacialmente e as medidas geométricas foram extraídas. O método todo foi demonstrado na figura 13, a seguir.

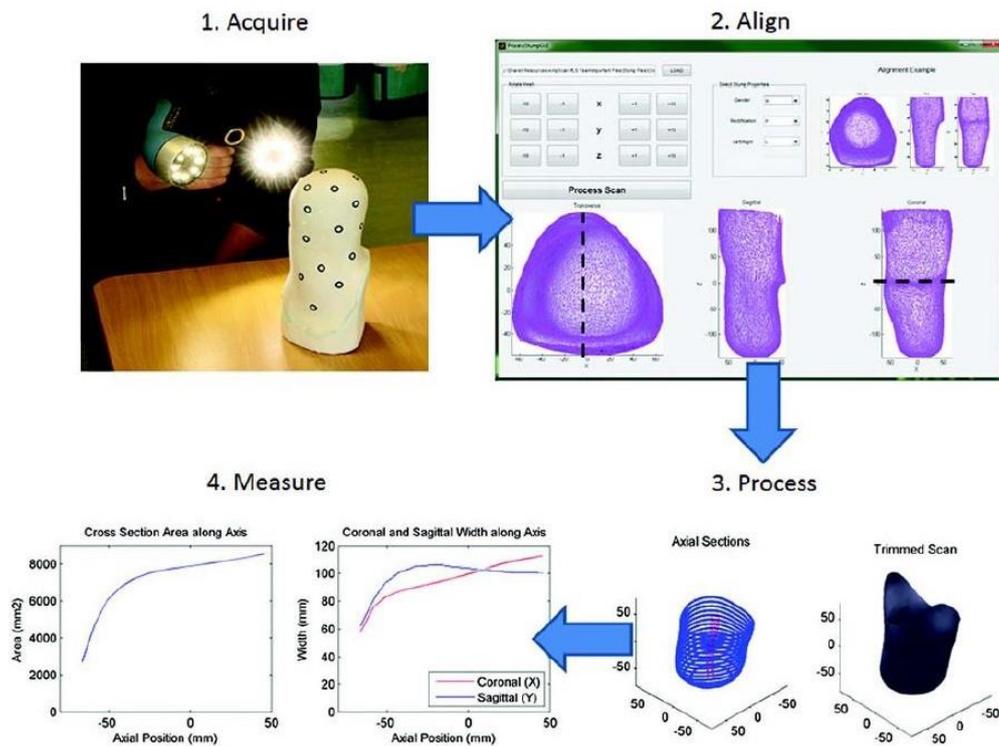


Figura 13 - Processo de análise do formato do membro residual. Fonte: Dickinson et. al., 2016

Na figura 14, os autores demonstram, utilizando o mesmo modelo de membro residual como exemplo, a forma em que realizaram a comparação entre a malha digitalizada e a malha CAD (usada para imprimir o modelo). A malha da digitalização foi manualmente posicionada para aproximar-se da posição da malha CAD e, usando algoritmo iterativo de correspondência de ponto mais próximo (*iterative closest point, ICP*), foi posicionado com precisão para então poderem ser comparados mapeando a malha usando registro de superfície.

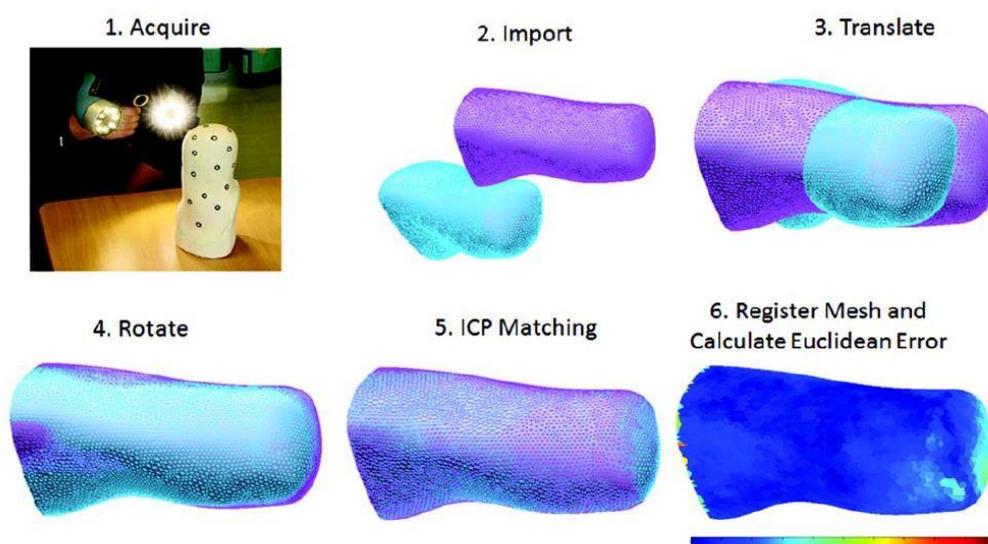


Figura 14 - Processo da verificação da precisão do scanner. Fonte: Dickinson et. al., 2016

Na revisão sistemática de Armitage et. al. (2019), os autores buscaram investigar a confiabilidade e a validade de ferramentas de medição de membros amputados. Uma busca abrangente foi realizada em 2016 nos bancos de dados *MEDLINE*, *EMBASE*, *CINAHL*, *Scopus* e *Web of Science*. Os autores afirmaram ter localizado 11 artigos de confiabilidade e 4 de validação onde assuntos como características dos estudos, estimativas volumétricas e estimativas de confiabilidade e validade foram abordados. Estes resultados de busca foram adquiridos seguindo o protocolo definido pelos autores. Apenas estudos realizados em humanos foram aceitos. Para que um estudo fosse considerado um estudo de confiabilidade este deve examinar a concordância entre medidas repetidas de volume do membro residual dentro ou entre avaliadores bem como dentro ou entre sessões. Os estudos foram considerados estudos de validade se comparassem as medidas de volume com as obtidas usando a volumetria de deslocamento de água, que tem sido considerada o padrão para medir o volume do membro residual. A qualidade dos estudos foi avaliada usando uma escala de avaliação de qualidade adaptada das avaliações da qualidade de estudos de confiabilidade diagnóstica e avaliação de qualidade de estudos de precisão diagnóstica (QUADAS – 2).

Para os propósitos desta pesquisa, apenas os resultados encontrados referentes às medições de membros amputados à nível transtibial foram extraídos com o intuito de reforçar as informações extraídas dos estudos aqui apresentados. Nenhum dos artigos apresentados estão presentes em ambas as revisões.

4.3 CARACTERÍSTICAS DAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Todos os artigos encontrados descrevem algum equipamento e/ou *software* utilizados durante o estudo. Um dos estudos se trata de uma comparação entre quatro *scanners* e um dos estudos refere-se a uma revisão sistemática de várias técnicas diferentes, com e sem o uso de tecnologias digitalizadoras. Para os fins desta pesquisa, apenas as tecnologias digitalizadoras e suas características serão listadas aqui.

BioSculptor Bioscanner (Fig 15) usa uma linha de laser e câmera dupla para digitalizar. O modelo é digitalizado por meio de uma varinha portátil, que usa um dispositivo de rastreamento de movimento embutido no *scanner*. Os dados são importados para o *BioSculptor Shape Software* para criar uma vista 3D do modelo. Este *scanner* foi avaliado em dois estudos (Kofman et. al. 2018 e Mehmood et. al. 2019). Em termos de Usabilidade, Kofman et. al. aplicou o teste PSUQ (Post-System Usability Questionnaire) que deu ao *Bioscanner* uma pontuação média total de 2.76, que

foi considerada a segunda mais alta dos quatro sistemas avaliados. Em termos de repetibilidade, confiabilidade e validade do equipamento, os autores consideraram o *Biosculper* como sendo capaz de determinar o volume de membros residuais adequadamente.



Figura 15 - BioSculpter Bioscanner. Fonte: [ww.biosculpter.com](http://www.biosculpter.com)



Rodin4D O&P Scanner (Figura 16) é semelhante ao *BioSculptor Bioscanner*, mas consiste em uma câmera em vez de duas. Os dados são importados para o *software Rodin4D* para criar uma visualização 3D do modelo (Kofman et. al., 2018). Este equipamento também foi utilizado no estudo de Jasken et. al. (2018) para medir modelos cobertos por *liners*. Os autores trazem que a precisão absoluta deste sistema é 0,75 mm e a precisão prática é 0,13 mm.

Figura 16 - Rodin4D O&P Scanner. Fonte: [ww.rodin4d.com](http://www.rodin4d.com)

TT Design usa duas fotografias digitais do modelo: lado anterior e lado lateral, ambos contra um fundo preto. Distâncias e volumes são calculados usando um dispositivo de calibração, que é colocado no modelo, diretamente sob um ponto marcado indicando o tendão patelar médio. As fotos são carregadas no programa de *software* para criar uma vista 3D do modelo (Kofman et. al., 2018).

Omega Scanner (Figura 17) é um *scanner* portátil com luz estruturada 3D. O *scanner* capta distorção no padrão da luz projetada para determinar a forma do modelo. As imagens capturadas são importadas para *software Omega Tracer* para criar uma vista 3D do modelo (Kofman et. al., 2018). Este equipamento também fora testado pelos autores Tantua et. al. (2014) em pessoas com amputações a nível transtibial. Os autores relatam que o coeficiente de repetibilidade do *Omega Tracer* em determinar o volume de membros residuais é considerado pelos autores como preciso e confiável.



Figura 17 - Omega Scanner. Fonte: www.willowood.com

Provel D2 Digitizer (Figura 18) foi utilizado por Nickel et. al. (2020) porém os autores não ofereceram informações sobre o equipamento, apenas afirmaram utiliza-lo para digitalizar a parte interna de dois encaixes (o encaixe usual do participante e um encaixe maior feito com base nas medidas do encaixe usual).



Figura 18 - Provel D2 Digitizer. Fonte: www.provel.us



Artec Eva Scanner (Figura 19) é uma tecnologia para digitalização de superfícies 3D e usa tecnologia de luz estruturada livre de laser. É rápido de usar, pode acomodar algum alvo movimento do sujeito e é capaz de capturar informações de geometria, textura e cor, facilitando detecção de características anatômicas, o que elimina a necessidade de alvos ou marcadores de referência para ser colocado no membro (Seminati et. al., 2017). Os autores apontam o Artec Eva como sendo uma tecnologia de lâmpada de flash normal que ilumina o objeto com padrões de listras de luz visível para reconstruir dados 3D da superfície com uma precisão relatada de 0,5 milímetros.

Figura 19 - Artec Eva Scanner. Fonte: ww.artec3d.com



Go!SCAN 3D (Figura 20) é um *scanner* de luz branca estruturado que foi utilizado na comparação entre equipamentos de digitalização por Dickinson et. al. (2016). O mesmo método relatado acima fora usado neste instrumento e os resultados revelam que há um gasto de tempo pré-aquisição de dados para preparar a área ao redor do objeto. A magnitude de erro de altura de superfície foi calculada como sendo em até 0,33 mm em 95 por cento da superfície e os maiores erros foram de 3,3 mm. As medidas repetidas do molde que havia alta consistência de precisão para o *Go!SCAN 3D*.

Figura 20 - Go!SCAN 3D. Fonte: ww.creaform3d.com

Romer Scanner (Figura 21) foi utilizado por Seminati et. al. (2017) para avaliar a precisão do scanner *Artec Eva*. Segundo os autores um scanner de alta precisão e resolução como o Romer é capaz de avaliar outros sistemas, pois é uma ferramenta poderosa integrado com um braço de medição de coordenadas Romer que compreende diferentes eixos de rotação para permitir a liberdade de movimento. Ele usa uma linha de laser para reconstruir o modelo 3D com uma precisão de cerca de 0,04 mm (Seminati et. al., 2017).



Figura 21 - Romer Scanner. Fonte: Hexagon product brochure

Creafom VIUScan (Figura 22) é um scanner a laser assistido por marcadores que foi verificado por Dickinson et. al. (2016) em termos de validade de precisão e repetibilidade juntamente com dois outros sistemas (o *Go! SCAN 3D* e o *Sense 3D*). Os autores testaram o equipamento 10 vezes em um modelo com medidas conhecidas e cada malha adquirida foi importada para o ambiente MATLAB junto com a malha CAD ".stl" usada para imprimir o modelo. Para avaliar a confiabilidade da imagem e medição, uma análise cega de caracterização inter e intra-examinador foi conduzida onde o *VIUScan* apresentou tempo elevado de medição devido à necessidade de posicionar os marcadores. A magnitude de erro de altura de superfície foi calculada como sendo em até 0,20 mm em 95 por cento da superfície e os maiores erros foram de 2,5 mm. As medidas repetidas do molde que havia alta consistência de precisão para o *VIUScan*.



Figura 22 - VIUScan. Fonte: ww.creaform3d.com

iSense Scanner (Figura 23) é um *scanner* óptico comercial que se conecta à câmera de um iPad ou iPhone. Armitage et. al. (2019) reportam sua simplicidade para operar. O avaliador segura o *scanner iSense* aproximadamente 60 cm do sujeito e permite registrar a geometria. Uma vez que a geometria é registrada, o avaliador caminha lentamente em torno do sujeito para capturar todos os seus recursos. O *scanner* então usa essas imagens capturadas para criar um modelo tridimensional. Esses modelos tridimensionais são em seguida, importados para o *software* de malha, onde podem ser visualizados, e seus volumes podem ser quantificados. (Armitage et. al. 2019)



Figura 23 - iSense Scanner. Fonte: ww.3dsystems.com



Figura 24 - Sense 3D. Fonte: www.3dsystems.com

Sense 3D (Figura 24) é um *scanner* a laser que foi usado no estudo comparativo de Dickinson et. al. (2016) e em relação aos outros sistemas observou-se a vantagem de não necessitar de marcadores ou preparo da área à volta do objeto. Porém, nos testes de precisão, este sistema foi relatado como sendo inferior aos outros dois pois apresentou os maiores erros de volumetria e de superfície digitalizada. A magnitude de erro de altura de superfície foi calculada como sendo em até 1,40 mm em 95 por cento da superfície e os maiores erros foram de 4,0 mm. O *Sense 3D* também apresentou resultados mais variáveis e um aumento sistemático do erro ao longo do comprimento.

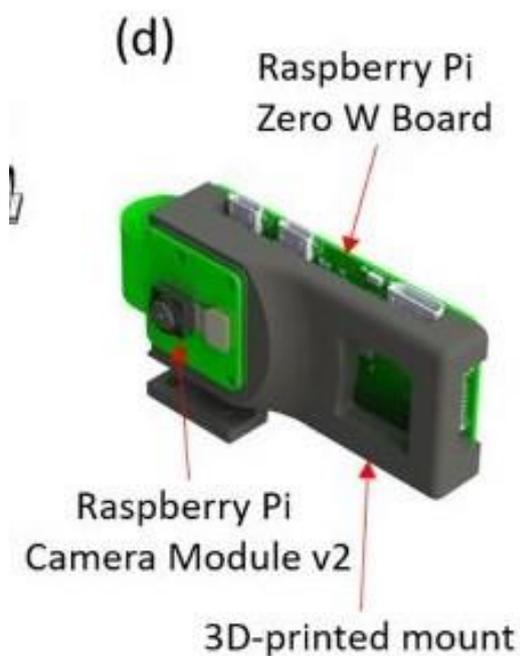


Figura 25 - Módulo de Câmera Raspberry Pi V2 com Raspberry Pi Zero W Board e encaixe impresso em 3d. Fonte: www.3dsystems.com

Stereo Fotogrametria foi utilizado por Solav et. al. (2019) onde um equipamento de câmera estéreo foi projetado e fabricado para conter até 40 unidades de câmera modelo Raspberry Pi Módulo de câmera V2 (Figura 26), com um Sony IMX219 de 8 megapixels Sensor CMOS de $3,674 \times 2,760$ mm², conectado a um Raspberry Pi Zero-w (Figura 25).

Todas as câmeras foram conectadas e de forma síncrona controlado por meio de um hub Ethernet conectado a um PC e acoplado à estrutura dor meio de um suporte impresso em 3D. Cada conjunto de imagens simultâneas de todas as câmeras é referido como uma área de digitalização, e cada estado instantâneo do resíduo é referido como uma configuração. Para os experimentos descritos por Solav et. al. (2019), um total de 21 câmeras foram utilizadas, dispostas em 17 estereopares, da seguinte forma: 13 câmeras foram colocadas radialmente em um círculo de diâmetro 700 mm, resultando em 10 pares estéreo com 30° entre eles, e 3 pares estéreo tendo 20° entre eles. Além disso, 8 câmeras, organizadas em 4 pares estéreo, foram colocados na parte inferior da plataforma voltados para cima, para a imagem a extremidade distal do membro. Antes de teste em seres humanos, a configuração da câmera foi verificada com a realização de testes preliminares em réplicas de membros residuais de gesso, a fim de garantir cobertura e reconstrução com precisão suficiente. O membro medido foi iluminado usando tiras de LED flexível para fornecer condições de iluminação brilhantes e uniformes. A estrutura cilíndrica foi colocada sob uma mesa acolchoada com um buraco através do qual um membro residual poderia ser inserido enquanto um sujeito estava sentado confortavelmente.

Medição Antropométrica convencional onde marcos anatômicos são demarcados (geralmente com caneta) e medidas são tiradas com fita métrica e compasso de calibre e por fim, um molde de gesso é tirado. Os autores Mehmood et. al. (2018) descrevem uma medição circunferencial cuidadosamente localizada em Intervalo de 1 cm, seguido por um intervalo específico que foi traçado a partir de marcos ósseos para serem definidos com precisão durante o procedimento de fundição de gesso. Além disso, uma medição de comprimento foi precisamente medida tanto a partir da extremidade da ponta distal do coto até tanto no platô tibial medial, quanto na borda inferior da patela até o nível da cunha supracondilar (SC).

Para a conversão das medidas tiradas da circunferência em volumetria, o membro residual do sujeito foi considerado composto por discos de 1 cm de altura. Com base nisso, os valores medidos das circunferências foram inseridos na fórmula apresentada por Mehmood et. al. (2018) onde são levados em consideração a circunferência de cada nível, a altura de cada disco e a soma dos discos a cada nível para se obter o valor do volume.

Os autores Armitage et. al. apresentaram a técnica de medir moldes de membros residuais com fitas métricas como sendo medidas de controle contra as quais a medição digital seria comparada. Marcações foram feitas nas seguintes áreas: linha medial da articulação do joelho, ápice da patela, linha lateral da articulação do joelho, pontos 10 cm proximal à linha medial da articulação do joelho, ápice da patela e linha lateral da articulação do joelho (Armitage

et. al., 2019). No estudo de Tantua et. al. (2014) uma fita métrica convencional também é empregada para avaliar o tamanho do membro residual.

Método de Deslocamento de Água o resíduo foi colocado em um balde de água lentamente até o nível da cunha SC; a água flui para fora do balde até que pare. Em seguida, a água deslocada foi medida usando um copo medidor para obter o volume em centímetros cúbicos (cm³). Este procedimento foi repetido 10 vezes para obter a média valor (Mehmood et. al., 2018).

Este método também foi adaptado para medir o volume interno de ambos os encaixes enchendo-se de água até o nível da cunha SC. A quantidade de água deslocada foi então transferida para um copo medidor para se obter o volume em centímetros cúbicos (cm³). Novamente, este procedimento foi repetido 10 vezes para obter o valor médio (Mehmood et. al., 2018). Na figura 26 os autores demonstram a forma em que foi realizada a medição volumétrica.



Figura 26 - Medição com método de deslocamento de água. Fonte: Mehmood et. al. (2019)

Os instrumentos prontamente disponíveis para o pesquisador e protesista para medição do volume do membro residual incluem as seguintes modalidades: fitas métricas padrão e com mola e calibradores; sondas de contato; deslocamento de água (usando uma escala para medir a mudança de massa da água); vazamento + deslocamento de água; varredura óptica; e digitalização a laser. A ressonância magnética está disponível em algumas clínicas e hospitais, mas não existe um sistema disponível comercialmente projetado especificamente para uso em próteses.

Embora essas inúmeras técnicas tenham sido desenvolvidas para medir a alteração do volume do membro residual, apenas algumas foram usadas em estudos clínicos em pessoas com amputação de membros inferiores. Os resultados desses estudos são descritos na tabela 9 para facilitar a comparação (Anexo). Ao ler relatórios de pesquisas, o leitor precisa considerar os resultados à luz do método utilizado. É necessário verificar se o erro da técnica de medição foi maior do que as alterações de volume do membro residual relatadas para a variável de interesse no estudo. Os investigadores devem realizar avaliações de seus instrumentos e relatar erros do instrumento para ajudar o leitor a interpretar os resultados.

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE DIGITALIZAÇÕES

Kofman et. al. (2019) aponta um desafio para os pesquisadores que investigam os efeitos de diferentes designs de encaixes, tratamentos de reabilitação ou outras variáveis clínicas na alteração do volume do membro residual: os volumes dos membros residuais de diferentes digitalizações precisam ser comparados. Esse esforço requer o alinhamento dos diferentes formatos dos membros residuais, o que não é uma questão trivial. A comparação das formas do encaixe, um desafio relacionado que foi abordado no *software* de design de encaixes disponível comercialmente, é tido como mais simples porque normalmente existem características distintas anatomicamente ligadas (por exemplo, barra do tendão patelar; alívio para o tubérculo tibial ou cabeça da fíbula) que facilitam o alinhamento adequado. As formas dos membros, no entanto, muitas vezes carecem desses contornos distintos nesses locais.

No estudo de Dickinson et. al. (2016), é apresentada uma forma de comparar digitalizações de diferentes equipamentos usando um arquivo CAD do volume real do modelo utilizado. Os autores automatizaram o processamento das duas malhas (A malha digitalizada e a malha do volume real do modelo) onde elas são alinhadas, suas bordas recortadas e suas medidas de volume e superfície são calculadas pelo computador. Este método exige, porém, um volume conhecido para que haja um parâmetro para a comparação.

Seminati et. al. (2017) utilizaram um *scanner* de alta precisão (*Romer scanner*) para testar a precisão e resolução do *scanner Artec Eva*. Os autores usaram as medições dos modelos realizadas pelo *Romer* como padrão e compararam com estes as medições tiradas pelo *Artec Eva*. Para avaliar as diferenças geométricas entre as malhas dos dois equipamentos os autores calcularam o RMSE (*Root Mean Square Error*) de cada par de digitalizações alinhadas. Além disso, os autores consideraram o membro residual como estando dentro de uma caixa e calcularam

desta a largura, profundidade e comprimento ao longo dos eixos x, y e z desta caixa delimitadora, conseguindo assim as medidas do membro. Para calcular o volume foram usadas as coordenadas do centro de massa do corpo (Body Centre of Mass, BCOM) de cada modelo. Com isso, os autores defendem que para testar novos sistemas de digitalização, *scanners* de alta precisão e alta resolução podem ser usados seguindo o método apresentado.

Na Tabela 7, abaixo, estão apresentadas algumas das características mais relevantes dos métodos utilizados nos estudos, dispostas de tal forma que facilite a comparação entre os métodos empregados. As características apresentadas são: Técnica (tipo de ferramenta ou método), objeto ou sujeito medido, técnicas de alinhamento, profissão dos avaliadores, controle, quantidade de sujeitos medidos, tempo de medição e número de repetições. Com estas informações apresentadas desta forma se torna mais fácil de identificar quais as semelhanças e quais foram as diferenças mais marcantes entre os métodos. Os detalhes destas informações serão discutidos nos capítulos seguintes.

Referência	Técnica	Objeto/ sujeito medido	Técnicas de alinhamento	Profissão do(s) avaliador(es)	Controle	Quantidade de sujeitos medidos	Tempo de medição	Número de repetições
Nickel et. Al.	Scan 3D	Pessoa e encaixe	ND	ND	Prótese atual do paciente	1	ND	3
Mehmooid et.al.	3D scan e deslocamento de água	Pessoa	Caneta transferida para o gesso	ND	Medidas tiradas à mão com fita métrica	1	ND	10
Armitage et al.	Scan 3D	Modelo	Marcadores com caneta 3 Marcadores tridimensionais	Fisioterapeuta e Engenheiros	Medidas tiradas à mão com fita métrica	13	Variável por assessor	2 vezes por modelo 26 por avaliador (3 avaliadores)
Solav et. Al.	Fotogrametria/ stereo fotogrametria	Pessoa	Salpintado de tinta	ND	Calibragem por pontos de controle redundantes Objeto de calibragem antes e depois de cada teste	1	Instantâneo	7 em cada posição diferente; 30 em um período de 10 min pós exercício; 9 para cada tipo de flexão muscular
Kofman et. Al.	Scan 3D	Modelo	Marcadores com caneta	1 Protetista 2 residentes 1 Fisioterapeuta	ND	9	3.42 - 4.26 min cada	64 por molde (4 sistemas x 4 observadores x 4 sessões)
Jasken e Hall.	Scan 3D	Modelo de espuma	Experiência do profissional protetista	Ortesista	Medida do modelo sem meias	3 modelos e 4 espessuras de meias	ND	6 vezes por combinação de meias; 60 por modelo; 180 total
Seminati et. Al	Scan 3D	Modelo de espuma	Marcadores adesivos de 4 mm de diâmetro feitos de borracha macia nos pontos anatômicos	ND	Romer scanner, CMS108, Hexagon	10	1 - 3 min cada	3 observadores em 3 sessões; 2 scanners; total de 180
Dickinson et. Al.	Scan 3D	Modelo impresso em 3D e modelos de gesso	Marcadores colocados sobre pontos de referência óssea, como os epicôndilos femorais medial e lateral.	ND	Coto representativo foi impresso em 3-D com geometria conhecida dentro da margem de tolerância da impressora de aprox. 0,1 mm.	1 em impressão 3D e 20 de gesso	60 a 240 seg A depender da ferramenta e tempo de preparo	10 vezes por modelo por 3 avaliadores
Tantua et. al.	3D Scan e Fita métrica	Pessoas	Marcadores elevados e Pontos reflexivos colocados aleatoriamente	ND	ND	21	ND	2 vezes por sessão a cada 3 semanas; 9 semanas

Tabela 7 – Características da Técnica de Coleta de Dados (ND = Não descrito) Fonte: Autora

4.5 FONTES DE ERRO DAS TÉCNICAS DE MEDIÇÃO

A literatura traz uma série de desafios que tornam a medição do volume do membro residual difícil, algumas ligadas às tecnologias empregadas outras ligadas ao próprio método. Cada técnica listada acima tem suas vantagens e desvantagens. Abaixo, esses fatores são descritos e a relevância para as diferentes técnicas de medição discutidas:

4.5.1 Distorção do formato do membro residual

As mudanças naturais de volume dos membros residuais não são uniformes, podendo ser maiores em alguns pontos e menores em outros conforme descrito no estudo de Solav et. al. Os autores indicaram que o aumento da área da seção transversal não foi uniforme ao longo do comprimento do coto. O maior aumento percentual foi observado em cortes entre 70 e 120 mm da extremidade distal. A mesma região foi relatada como exibindo a maior alteração de área superficial, principalmente nos aspectos médio-posterior, que corresponde ao músculo gastrocnêmio interno. Portanto, os autores sugerem que lidar com a mudança de volume do membro residual por meio da adição ou remoção de materiais com espessuras uniformes podem não oferecer uma solução adequada para o encaixe.

Tais achados são corroborados pelos autores Nickel et. al. (2020) que trazem estes mesmos fatores como sendo possíveis fontes de erro do estudo, pois que, a inserção apresentada no artigo foi criada a partir de um volume de encaixe globalmente aumentado com o intuito de simular uma redução do volume do coto. Este fato gera inconsistências no método adotado para testar a validade do uso de inserções como forma de aliviar mudanças volumétricas em encaixes transtibiais pois o membro residual provavelmente não teria reduzido de tamanho tão homoganeamente, criando-se assim dúvidas a respeito dos resultados encontrados. Outro agravante apresentado pelos autores se dá pelo fato de que o material utilizado para a inserção exige uma parede que seja no mínimo maior que 2 mm para que haja integridade estrutural.

Dickinson et. al. (2016) apontam que membros residuais com formatos complexos podem alterar a consistência dos resultados dos testes de validade, precisão e repetibilidade.

4.5.2 Alteração de volume diários do membro residual

O tempo desde a retirada do encaixe e o grau de atividade na pré-medição mostram efeitos marcantes no conteúdo de fluido do membro e no volume total. (Dickson et. al.) Mais variação seria esperada entre ocasiões de medição para um determinado paciente pois a

caracterização baseada na digitalização do próprio membro residual estaria sujeita a flutuações de volume que seriam fortemente influenciadas pelo protocolo da sessão de digitalização.

Tantua et. al. (2014) afirmam que uma forma de membro estável pode ser importante ao usar sistemas de imagem e que por motivos logísticos e práticos a medição em horários específicos do dia ou antes de determinadas atividades foram impossibilitadas usando o método proposto, causando uma falta de consistência.

Na revisão sistemática de Armitage et. al. (2019) esta preocupação com a padronização de horários e de tempo após a retirada da prótese são evidenciadas. Os autores defendem que, para evitar erros de medição decorrentes de edema causado pela própria utilização da prótese ao longo do dia, certos cuidados (descritos em mais detalhes na sessão 4.6 dedicada à revisão sistemática) devem ser tomados.

Os estudos que não utilizaram pessoas e optaram por modelos de membros residuais, por motivos de conveniência ou por objetivar a verificação de equipamentos usando formas inanimadas com medidas fixas, devem reconhecer que os valores dos erros apontados serão inevitavelmente maiores quando usados clinicamente em pessoas.

4.5.3 Treinamento dos avaliadores

Ao comparar quatro equipamentos de digitalização com quatro avaliadores diferentes, Kofman et. al. apontam que, mesmo com duas sessões de uma hora de treino com os sistemas de CAD/CAM, várias fontes de erro podem estar associadas ao modo em que os avaliadores realizam as medições. O tempo dedicado à digitalização de cada modelo variou significativamente, por fadiga ou pressa dos avaliadores, o que pode acarretar erros humanos como pular etapas ou anotar as medidas erradas. Ademais, os autores chamam atenção para o fato de que o tempo de digitalização pode afetar a qualidade do objeto digital.

Os avaliadores também podem originar de diferentes áreas do saber e ter diversos níveis de experiência com equipamentos CAD/CAM, potencialmente afetando a forma em que avaliam o alinhamento do modelo virtual nos programas, a escolha de onde será o ponto de corte no modelo e o local de aplicação dos marcadores anatômicos (Kofman et. al.). Os autores apontam o ponto de corte como bastante relevante para a medição da volumetria do modelo pois os programas fazem uso deste ponto para realizarem o cálculo da volumetria.

Os resultados apresentados por Armitage et. al. (2019) sugerem que o procedimento de digitalização usado por um dos avaliadores foi a causa provável da variabilidade nos volumes superestimados (uma margem de 220 ml). Outra questão ressaltada foi o tempo de digitalização para cada medição por avaliador, que não foi padronizado. Diferentes durações para digitalização podem ter resultado em diferentes resoluções da geometria capturada, o que pode afetar as medições de volume.

A tecnologia descrita no estudo de Mehmood et. al. (2018) só funcionará de forma ótima e eficiente com a condição de que o avaliador tenha conhecimento na área de próteses e órteses. O processo de modificação e *software* de manipulação *bioshape*, ainda requer conhecimento teórico e experiência prática para completar as modificações adequadas à imagem digital.

A avaliação da confiabilidade usando os modelos de membros residuais transtibiais revelou altos níveis de repetibilidade inter e intra-examinador, com todos os coeficientes de correlação intraclasse excedendo o limite de 0,90 para confiabilidade clinicamente relevante no estudo de Dickinson et. al. (2016). Os autores verificaram que não houve efeito do volume do membro nas medidas de diferença média entre ou dentro das medidas tiradas pelos observadores. A área de maior variabilidade na geometria foi observada próxima à ponta do modelo do membro.

4.5.4 Tempo Dedicado à Medição

Em todos os casos em que houve sessões de treinamento do(s) avaliador(es) dos equipamentos antes das medições, a maioria durou entre 1 e 2 horas por avaliador.

Uma das limitações apontadas por Solav et. al. (2019) foi que o método proposto requer que o membro residual seja salpicado de tinta antes da medição, um processo que pode ser demorado (~20 minutos neste caso). Outro fator limitante relacionado ao tempo trazido pelos autores foi a contribuição da latência de sincronização entre as câmeras (~30 ms) para o erro de reconstrução 3D não foi avaliada. Os autores destacam que em estudos futuros a configuração experimental pode ser melhorada substituindo a sincronização controlada por *software* por um gatilho de hardware.

4.5.5 Tamanho da amostra

Sabe-se que para obter resultados estatisticamente mais relevantes, a amostra deve ser o maior possível. Os autores Solav et. al. (2019) apontam como fator limitante o fato de que os resultados foram obtidos para apenas um sujeito portanto servem apenas como um teste de princípio para o quadro proposto. Conseqüentemente, mais pesquisas são necessárias para generalizar as conclusões por eles relatadas. Similarmente, o estudo de Nickel et. al. (2019) bem como o de Mehmood et. al. (2018) também utilizaram apenas um sujeito e recomendam testes em uma população maior em estudos futuros.

Tantua et. al. (2014) apontam que em seu estudo o tamanho da amostra foi relativamente pequeno (21 sujeitos, ironicamente a maior amostra dentre os estudos), portanto os efeitos do uso da prótese não puderam ser estabelecidos.

Amostras maiores são mais fáceis de conseguir quando o objeto a ser medido se trata de um modelo de membro residual, por este motivo os estudos que objetivaram medir modelos foram maiores, porém, como dito acima, ainda foram relativamente pequenos. Para tornar o estudo mais estatisticamente relevante, alguns autores como Jasken e Hall (2018) e Seminati et. al. (2017), repetiram múltiplas vezes os testes criando assim um número elevado de digitalizações a serem comparadas.

4.5.6 Testes em modelos

Os erros trazidos pelos estudos em que moldes ou réplicas de membros amputados foram utilizados devem ser considerados como sendo maiores do que aqueles relatados, uma vez que, ao serem testados em humanos, podem não ser tão precisos por motivos de movimento do sujeito ou variação de volume ao longo do dia. As pesquisas aqui relatadas que não foram realizadas em pessoas devem considerar que os valores e margens de erros serão superiores a aqueles apresentados também por motivos de posicionamento como no caso do estudo de Jasken et. al. (2018) que afirmam que algumas posições do objeto a ser digitalizado não seriam possíveis em membros residuais de pessoas ao vivo.

É relevante ressaltar que os métodos apresentados que utilizam modelos de membros residuais seriam inadequados para medir pessoas, tornando-os inviáveis clinicamente. Isto ocorre pois que repetidas medições de diferentes membros em uma única sessão, por exemplo, não comportam fatores humanos. Portanto, mesmo que os autores dos estudos cujo objeto medido foi um (ou mais) molde(s), relatem que a ferramenta investigada utilizando os métodos

delineados foi considerada válida e passível de ser usada em testes clínicos, existe a possibilidade de que ao usar outro método que se adequa ao ser humano, a mesma ferramenta pode se revelar ineficaz.

4.6 DADOS EXTRAÍDOS DO ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA CONFIABILIDADE E VALIDADE DAS FERRAMENTAS DE MEDIÇÃO

No artigo de Armitage et. al. (2019) onde foi realizado uma revisão sistemática da confiabilidade e validade das ferramentas de medição de membros residuais, 11 estudos classificados como estudos de confiabilidade foram incluídos e 4 estudos de validade foram incluídos e comparados. Foram extraídos os dados das medições estatísticas, as estimativas de validade e confiabilidade e a precisão destes, foram então apresentados em tabelas descrevendo estes e outros aspectos dos estudos. De acordo com os autores, as evidências trazidas pela revisão sistemática foram limitadas pois houve poucos (apenas 5) artigos que foram classificados como de média a alta qualidade e a maioria dos estudos foram direcionados para pessoas com amputações transtibiais. Os autores apresentam como sendo os principais motivos para isto:

- A maioria dos estudos revelaram-se como sendo de baixa qualidade pois os testes não eram cegos, não havia estabilidade volumétrica no membro residual ou medidas estatísticas adequadas não foram empregadas;
- Os métodos já consolidados como a medição da circunferência e a técnica de deslocamento de água para a medição da volumetria se mostraram muito mais confiáveis do que métodos como tomografia computadorizada que apresentou muitas inconsistências nos resultados;
- Alguns estudos apresentaram severas limitações metodológicas que reduziram a credibilidade de seus resultados.

Ainda no artigo de Armitage et. al. (2019), devido ao número limitado de dados quantitativos e medidas estatísticas apropriadas, ainda que com um número relativamente grande de estudos encontrados, conclusões definitivas não puderam ser alcançadas. Os autores apresentam apenas 5 artigos que usaram medidas estatísticas em forma de coeficiente de correlação interclasse (*interclass correlation coefficient* ou ICC) ou de coeficiente de variação (*coefficient of variation* ou CV) que são consideradas pelos autores como medidas estatísticas apropriadas, sendo que apenas um destes apresentou estimativas de precisão da medição

estatística. Os demais artigos, apesar de apresentarem métodos que indicam de alguma forma os erros entre medições, não providenciaram representatividade estatística do quão válidos e confiáveis foram as ferramentas de medição.

Para Armitage et. al. (2019), volume do membro residual pode ser considerado estável quando 2 ou mais dos critérios para a tirada de medidas são cumpridos: as medições são realizadas a 14 semanas após a cirurgia, mais de 8 minutos após a retirada da prótese ou 20 minutos se houve algum exercício físico, ou tira-se 2 medidas no mesmo dia. A importância de padronizar os horários das medições e o posicionamento dos membros é ressaltada pelos autores, para garantir a precisão. Os autores confirmam por meio de seus achados que a medição convencional da circunferência (ainda que não houve um consenso entre qual fórmula matemática deve ser usada para calcular o volume e preocupações preexistentes de que o método possa possivelmente deformar o tecido mole durante a medição) foi o método considerado dos mais válidos e confiáveis em estimar o volume do membro residual juntamente com o método de deslocamento de água que são amplamente usados e facilmente disponíveis em qualquer oficina ortopédica.

Quanto aos métodos de digitalização de membros, Armitage et. al. (2019), encontraram que dois estudos com *scanners* óticos apresentaram alta performance em termos de confiabilidade, porém a tomografia computadorizada, em 3 estudos, apresentou resultados mistos em termos de confiabilidade entre sessões.

Dos dados extraídos pelos autores Armitage et. al. (2019), por motivos do recorte do presente trabalho, serão apenas discutidas as informações pertinentes aos métodos de digitalização. Foram 7 os artigos encontrados na revisão sistemática de Armitage et. al. (2019) que utilizaram métodos de digitalização, dois utilizaram *scanners* a laser (*Omega tracer* e *VA Cyberware*), 6 utilizaram *scanners* óticos (*VITUS/Smart* e uma ferramenta construída pelos autores do estudo), dois desses utilizaram a tomografia computadorizada, um utilizou um digitalizador eletromagnético e outro ainda empregou o um método fotográfico (*Design TT*). Destes 7 artigos, dois foram considerados como tendo utilizado medidas estatísticas apropriadas para quantificar a confiabilidade dos achados (tomografia computadorizada com *scanner* ótico), e um destes destacou uma alta confiabilidade dentro das sessões. O *scanner* ótico nestes dois estudos foi considerado como tendo alta confiabilidade entre as sessões, já a tomografia computadorizada apresentou inconsistências.

Os demais estudos apresentados por Armitage et. al. (2019) que utilizaram algum método digitalizador apresentaram seus resultados em forma de média ou diferenças percentuais ou coeficientes de repetibilidade. Apesar de apresentarem métodos que indicam de alguma forma os erros entre medições, não providenciaram representatividade estatística do quão válidos e confiáveis foram as ferramentas de medição. Nos dados extraídos um estudo que avaliou confiabilidade entre sessões dos métodos de deslocamento de água, tomografia computadorizada e *scanner* ótico, apresentou o coeficiente de variação destes métodos como sendo 10%, 10.9% e 9.8%, respectivamente. Em contrapartida, o estudo que avaliou *scanner* ótico e tomografia computadorizada apresentou o coeficiente de variação destes métodos como sendo 7.97% e 9.23%, respectivamente. Segundo Armitage et. al. (2019), estimativas de CV foram consideradas de baixo grau de confiabilidade se >40%, médio se >12% - 40%, e alto grau de confiabilidade se <12%. Portanto, ambos os estudos apresentam resultados que indicam ambas as tecnologias de tomografia computadorizada e *scanner* ótico (ambos *scanners* foram construídos pelos autores dos respectivos estudos) são altamente confiáveis.

5. DISCUSSÕES

A seguir são apresentados a discussão dos resultados obtidos nesta revisão que teve como objetivo responder à pergunta norteadora: Quais são as evidências na literatura sobre as tecnologias e métodos empregados na medição digital da volumetria de membros residuais transtibiais para a produção de próteses? Inicialmente foram abordados os dados referentes à identificação dos artigos por meio da construção do *string* de buscas e especificidades dos bancos de dados selecionados para a obtenção destes estudos.

Após a seleção da amostra, 10 estudos, oito dos quais encontrados na base de dados *Scopus* e dois na base de dados *Web of Science*. Observou-se que enquanto a *Scopus* permaneceu uma importante fonte de informações para a temática abordada neste estudo, houve pouco proveito dos artigos encontrados pela *Science Direct*, uma vez que a maioria dos artigos foram excluídos por critérios iniciais onde as informações mais básicas dos estudos (título e resumo) não eram pertinentes.

Evidencia-se que dos oito periódicos em que as publicações ocorreram, dois são intimamente relacionados ao tema de órteses e próteses, outros três são da área da engenharia e dois dão da área da saúde de forma mais ampla e um é multidisciplinar. Destaca-se o periódico *Prosthetics and Orthotics International* que apresentou o maior número de publicações pertinentes à esta pesquisa e que possuem um alto fator de impacto dentro da categoria de profissões da saúde e reabilitação segundo o banco de dados *Scopus*.

Conforme apresentado nos resultados anteriormente descritos, ao analisar a categoria profissional dos autores dos artigos, destacam-se a participação de engenheiros na maioria dos estudos, fato que pode estar ligado a uma maior preocupação do profissional engenheiro no desenvolvimento de testes de validação com tecnologias de ponta. Observou-se que na busca sistemática houve um artigo publicado na área de design de interação (*International Journal on Interactive Design and Manufacturing*) e mesmo assim foram profissionais da área de engenharia que publicaram. Sumarizando, a temática de medição antropométrica digital afim de aprimorar a fabricação de próteses é um tópico que deve ser abordado por vários membros de uma equipe interdisciplinar.

A maioria dos artigos apresentou uma abordagem quantitativa, uma sendo revisão de literatura, outras cujo delineamento é não experimental. Embora o delineamento experimental seja considerado a melhor ferramenta para testar relações de causa e efeito, apresenta algumas limitações como aquelas apontadas referentes à logística.

A medição volumétrica de membros amputados a nível transtibial foi um fator importante para esta revisão integrativa, por este motivo os artigos selecionados foram filtrados com este enfoque. Apesar do tamanho da amostra, não foi possível aplicar a mesma técnica de análise para todos os artigos, portanto os poucos pontos em comum entre os artigos, os mesmos definidos pelos próprios termos do *string* de busca, foram usados para separar as categorias de avaliação. Além do mais, os critérios aplicados para a classificação da maioria dos artigos não poderiam ser facilmente aplicados ao artigo de revisão sistemática. A solução encontrada foi apresentar os achados da revisão sistemática como parte dos dados sendo avaliados dos outros artigos, comparando assim os métodos em termos de validade e confiabilidade, visto que apenas um dos artigos fez parte de ambas as buscas.

Esta revisão integrativa limitou-se à busca de artigos que abordassem a medição volumétrica de adultos com amputações a nível transtibial usando técnicas de digitalização a partir do ano de 2014. Similarmente, a presente pesquisa se limitou a três bancos de dados internacionais e tão somente termos em inglês foram utilizados para a construção do *string* de busca. Para que seja ampliada a busca com o intuito de expandir a amostra documental, desde que não se perca a temática focal de medição volumétrica por meio de tecnologias digitalizadoras, técnicas como a *citation tracking* (rastreamento de citações), *snowballing* e conhecimento pessoal, que inclui os conhecimentos pré-existentes do pesquisador bem como contatos pessoais por meio de *networking*, podem ser usadas em pesquisas futuras. Estas técnicas, no entanto, comprometem a replicabilidade do estudo.

Ao escolher uma técnica de medição, o avaliador precisa considerar quais qualidades são mais relevantes para sua aplicação. Por exemplo, se alguém estiver interessado em medir as alterações de volume do membro pós-operatório, medições circunferenciais com uma fita métrica com mola usada com um modelo cilíndrico provavelmente seriam suficientes. Se alguém estiver interessado em comparar o volume do membro residual após usar um design de encaixe versus outro design de encaixe em um paciente, os testes no encaixe seriam melhores.

Os fabricantes de *scanners* precisam avaliar seus produtos em pares de modelos de membros físicos com diferenças de volume conhecidas para determinar suas capacidades de avaliar a mudança de volume do membro residual. As técnicas para corrigir o movimento dos membros durante o exame são essenciais se o tempo de exame for superior a aproximadamente 1 segundo. Além disso, para comparar as formas dos membros, algoritmos de alinhamento de formas relatados na literatura ou extensões deles precisam ser incorporados em produtos comerciais e, em seguida, potencialmente aprimorados por meio do uso clínico. Os efeitos do

tempo após retirar a prótese nas medições do *scanner* precisam ser considerados ao interpretar os dados para que possamos saber para quais aplicações clínicas os dados de volume do membro residual após a retirada da prótese são úteis e para quais não são.

Além do mais, mostrou-se interessante refletir acerca da utilização das abordagens quantitativa e qualitativa agregadas. A busca e consequente síntese de mais de um método tem o potencial de oferecer um entendimento mais profundo dos problemas complexos e possivelmente multidisciplinares da saúde. Para que sejam alcançadas soluções com uma abordagem verdadeiramente multidisciplinar, áreas como a do design devem ampliar seu entendimento sobre métodos e suas combinações para que se abram novos caminhos e se tornem preparados para atender as mais diversas necessidades humanas em termos de dispositivos de tecnologia assistiva.

Na tabela 8, na página seguinte, são ressaltados algumas das conclusões e técnicas trazidas pelos estudos em forma de afirmações. O grau de certeza associado a cada uma destas é aferido a partir da quantidade de autores que trouxeram evidências em seus respectivos estudos que apoiam as afirmações. Segundo Armitage et. al. (2019), Mehmood et. al. (2018), Kofman et. al. (2018) e Jasken et. al. (2018), as medições devem ser feitas por um profissional com conhecimento da área de próteses e órteses para que a tecnologia funcione adequadamente. Estes autores apresentaram este fator como sendo determinante para que as medições fossem realizadas corretamente.

Quanto à aplicabilidade clínica das respectivas tecnologias digitalizadoras e a comparabilidade destas ao método convencional de medição de membros residuais, os autores Nickel et. al. (2020), Mehmood et. al. (2018), Seminati et. al. (2017) e Dickinson et. al. (2016) afirmaram que os métodos por eles utilizados aferiam a validade das respectivas tecnologias digitalizadoras testadas. Os demais autores afirmaram que as ferramentas testadas careciam de outros testes para poderem confirmar a aplicabilidade clínica.

Afirmações	Estudos que corroboram com a afirmação	Grau de certeza
Para que a tecnologia funcione adequadamente, as medições devem ser feitas por um profissional com conhecimento da área de próteses e órteses.	Armitage et. al. (2019); Mehmood et. al. (2018); Kofman et. al. (2018); Jasken et. al. (2018)	Médio
A tecnologia digitalizadora é comparável ao método convencional de medição de membros residuais e é aplicável clinicamente	Mehmood et. al. (2018); Nickel et. al. (2020); Seminati et. al. (2017); Dickinson et. al. (2016)	Médio
Oscilações volumétricas do membro residual e sua mensuração caracterizam um importante desafio para a produção de próteses	Nickel et. al. (2020); Armitage et. al. (2019); Solav et. al. (2019); Mehmood et. al. (2018); Jasken et. al. (2018); Kofman et. al. (2018); Seminati et. al. (2017); Dickinson et. al. (2016); Tantua et. al. (2014)	Alto grau
O formato do membro residual é tão importante quanto o volume deste para a produção de próteses	Nickel et. al. (2020); Solav et. al. (2019); Kofman et. al. (2018); Seminati et. al. (2017); Dickinson et. al. (2016);	Médio
Marcadores tridimensionais auxiliam na digitalização do membro residual	Armitage et. al. (2019); Kofman et. al. (2018); Jasken et. al. (2018); Seminati et. al. (2017); Dickinson et. al. (2016); Tantua et. al. (2014)	Alto grau
Métodos de medição consolidados como o deslocamento de água e as técnicas de medição antropométricas analógicas são úteis para a avaliação da validade de novas técnicas	Mehmood et. al. (2018); Armitage et. al. (2019); Tantua et. al. (2014)	Baixo
Usuários das tecnologias apresentadas devem ser treinados por pelo menos 2h a usarem as mesmas para que se possa aferir viabilidade e validade das ferramentas	Armitage et. al. (2019); Kofman et. al. (2018); Seminati et. al. (2017); Dickinson et. al. (2016);	Médio
As tecnologias digitalizadoras tendem a superestimar o volume dos membros	Armitage et. al. (2019); Jasken et. al. (2018)	Baixo
Ao eliminar ou reduzir o uso de gesso no processo de protetização, ambos os custos e a geração de lixo são também reduzidos.	Mehmood et. al. (2018)	Baixo

Tabela 8 – Afirmações trazidas pelos autores e seu grau de certeza de acordo com quantidade de autores corroborantes

Todos os autores concordam que oscilações volumétricas do membro residual e sua mensuração caracterizam um importante desafio para a produção de próteses, pois que estes podem ser a diferença entre uma prótese funcional e uma que será abandonada ou descartada. Porém, apenas os autores Nickel et. al. (2020), Solav et. al. (2019), Kofman et. al. (2018), Seminati et. al. (2017) e Dickinson et. al. (2016) ressaltaram a importância do formato do membro residual que por sua vez é tão importante quanto o volume do membro para a produção de próteses. Em seus estudos, estes autores apresentam formas de digitalizar, medir e avaliar o formato do membro residual, além de calcular o seu volume. Para que a digitalização de um membro residual seja bem-sucedido, os autores Armitage et. al. (2019), Kofman et. al. (2018), Jasken et. al. (2018), Seminati et. al. (2017), Dickinson et. al. (2016) e Tantua et. al. (2014) apresentaram diversas formas de posicionar marcadores tridimensionais em pontos estratégicos dos objetos a serem digitalizados.

Apesar de serem métodos amplamente utilizados clinicamente na atualidade, métodos de medição consolidados como o deslocamento de água e as técnicas de medição antropométricas analógicas não foram representativos para a avaliação da validade de novas técnicas nos estudos. Salvo as pesquisas de Mehmood et. al. (2018), Armitage et. al. (2019) e Tantua et. al. (2014), os outros autores não compararam os dados das digitalizações com técnicas comuns de medição. Os avaliadores das pesquisas que realizaram as medições tiveram que ser treinados por pelo menos 2h antes de começarem a testar os respectivos equipamentos. Esta quantidade de horas é utilizada pelos autores Armitage et. al. (2019), Kofman et. al. (2018), Seminati et. al. (2017) e Dickinson et. al. (2016), porém pouco é discutido a respeito da garantia de que este número seja o mais adequado e quanta influência este fator exerce sobre o desempenho do avaliador nos estudos.

Os autores Armitage et. al. (2019) e Jasken et. al. (2018) apresentaram em seus achados uma superestimativa do volume do membro residual por parte das ferramentas digitalizadoras. Isto pode ter ocorrido por questões de erro na medição ou mesmo no método empregado. Os autores Mehmood et. al. (2018) foram os únicos a indicarem que o uso de tecnologias digitalizadoras pode vir a reduzir ou eliminar a necessidade de utilizar o gesso durante o processo de protetização, reduzindo os custos e impactos ambientais. Para que isto ocorra, contudo, existem ainda muitas etapas a serem percorridas para que haja uma mudança na adoção de novos procedimentos clínicos.

6. CONCLUSÕES

O objetivo desta pesquisa foi o de levantar as evidências disponíveis na literatura sobre os métodos digitalizadores da volumetria de membros amputados a nível transtibial tendo como técnica de levantamento a revisão integrativa, proveniente da prática baseada em evidências.

Os resultados do levantamento são apresentados na Tabela 5 onde estão listados os 10 artigos que compõem a amostragem final cujos dados extraídos foram compilados nas tabelas em anexo. Todos os artigos descrevem métodos que utilizam tecnologias digitalizadoras, um dos artigos se trata de uma revisão sistemática, o restante dos estudos é classificado como fontes primárias. A amostra foi composta por 10 artigos, sendo 8 provenientes da base de dados *Scopus*, 2 da base de dados *Web of Science* e nenhuma da base de dados *Science Direct*. Quanto às bases de dados, a amostra encontrada reforça os relatos de que as bases de dados utilizadas, especialmente a *Scopus* e *Web of Science*, são bases de dados abrangentes que incluem a cobertura de artigos nos campos científico, técnico e de ciências médicas e sociais. Este aspecto multidisciplinar permite que pesquisadores consigam buscar artigos pertinentes de outras áreas, entre outras facilidades trazidas pelas próprias bases para visualizar metadados das buscas.

Os artigos selecionados foram publicados em 8 periódicos diferentes, sendo o mais frequente: *Prosthetics and Orthotics International*, como apresentado na tabela 7 em anexo. Na tabela 7 também encontram-se a relação de todas as palavras-chave utilizadas pelos autores, algumas das quais foram utilizadas na construção do *string* de busca e outras que poderiam ser investigadas futuramente. Em relação à categoria profissional, engenheiros especialmente engenheiros biomédicos se destacaram como os profissionais que mais publicaram artigos sobre essa temática. Os demais artigos foram escritos por profissionais da área da saúde. Em relação à instituição sede dos estudos, foram identificadas instituições multicêntricas e instituições únicas

A medição volumétrica de membros amputados a nível transtibial foi um fator importante para esta revisão integrativa, por este motivo os artigos selecionados foram filtrados com este enfoque. Apesar do tamanho da amostra, não foi possível aplicar a mesma técnica de análise para todos os artigos, portanto os poucos pontos em comum entre os artigos, os mesmos definidos pelos próprios termos do *string* de busca, foram usados para separar as categorias de avaliação. Além do mais, os critérios aplicados para a classificação da maioria dos artigos não poderiam ser facilmente aplicados ao artigo de revisão sistemática. A solução encontrada foi apresentar os achados da revisão sistemática como parte dos dados sendo avaliados dos outros artigos,

comparando assim os métodos em termos de validade e confiabilidade, visto que apenas um dos artigos fez parte de ambas as buscas.

A análise das publicações investigadas nesta revisão integrativa da literatura demonstrou que digitalização é utilizável clinicamente e válida para medições de membros amputados a nível transtibial, reduz tempo de medição porém aumenta tempo de modelagem tridimensional, têm o potencial de reduzir poluição e é capaz de criar bancos de dados que facilitam o acompanhamento dos pacientes.

Conforme apresentado nos resultados anteriormente descritos, ao analisar a categoria profissional dos autores dos artigos, destacam-se a participação de engenheiros na maioria dos estudos, fato que pode estar ligado a uma maior preocupação do profissional engenheiro no desenvolvimento de testes de validação com tecnologias de ponta. Observou-se que na busca sistemática houve um artigo publicado na área de design de interação (*International Journal on Interactive Design and Manufacturing*) e mesmo assim foram profissionais da área de engenharia que publicaram. Contudo, este fato indica que poderia haver mais interesse por parte dos profissionais da área do design em pesquisar esta temática visto que revistas da área do design tiveram interesse em publicar o artigo em questão. Sumarizando, a temática de medição antropométrica digital afim de aprimorar a fabricação de próteses é um tópico que deve ser abordado por vários membros de uma equipe interdisciplinar e há oportunidades para o profissional da área do design.

Esta revisão foi limitada a artigos que mediram a alteração do volume do membro residual ou calcularam a partir de medidas de circunferência em adultos com amputação de membro inferior. Como tal, os artigos que usaram outros métodos que não fossem digitais foram excluídos. Restringir a revisão a publicações escritas em inglês, espanhol, italiano e português também limitou o escopo da revisão. Uma limitação adicional e possivelmente substancial foi a exclusão de revistas comerciais e publicações da indústria, que são uma fonte mais provável de descrições sobre novas tecnologias e avanços em próteses.

Os estudos de revisão integrativa, portanto, poderão trazer contribuições valiosas para o design, fundamentando cientificamente as ações e decisões na prática do processo de inovação em design. Como na enfermagem e na prática baseada em evidências, métodos são incorporados na prática clínica tão somente quando há evidências o bastante para tal, há mérito em testar e criar estudos mais precisos que expressem a real utilidade de equipamentos digitalizadores para a medição de membros amputados.

REFERÊNCIAS

- ABNT—Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14724: Informação e documentação. Trabalhos Acadêmicos – Apresentação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- ARMITAGE, L.; KWAH, L. K.; KARK, L. **Reliability and validity of the iSense optical scanner for measuring volume of transtibial residual limb models.** *Prosthetics and orthotics international.* 2019.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. de A.; MACEDO, M. **O MÉTODO DA REVISÃO INTEGRATIVA NOS ESTUDOS ORGANIZACIONAIS,** *Gestão E Sociedade,* 2011.
- CARVALHO, J. A. **Amputações de membros inferiores em busca da plena reabilitação.** 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2003.
- CARVALHO, F. S.; KUNZ, V. C.; DEPIERI, T. Z.; CERVELINI, R. **Prevalência de amputação em membros inferiores de causa vascular: análise de prontuários.** *Arq. Ciênc. Saúde Unipar,* Umuarama, jan./abr., 2005.
- CHAMLIAN, T. R. **Uso de próteses em amputados de membros inferiores por doença arterial periférica.** Einstein. 2014.
- CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, Rentería G. M.; GUIMARÃES, C. A. **Revisão sistemática: uma revisão narrativa.** *Revista Colégio Brasileiro de Cirurgiões,* Rio de Janeiro, Dec., 2007.
- COSTA, C. R.; FERREIRA, F. M. R.; BORTOLUS, M. V.; CARVALHO, M. G. R. **Dispositivos de tecnologia assistiva: fatores relacionados ao abandono.** Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Abr. 7, 2015.
- DICKINSON, A. S.; STEER, J. W.; WOODS, C. J.; WORSLEY, P. R. **Registering methodology for imaging and analysis of residual-limb shape after transtibial amputation.** *Journal of rehabilitation research and development,* 2016.
- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. **Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método.** *Revista ACB,* dez. 2016.
- Geil, M. D. **Consistency and accuracy of measurement of lower-limb amputee anthropometrics.** *Journal of rehabilitation research and development,* 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLBRANSOS, F. L.; WIRTA, R. W.; KUNCIR, E. J.; LIEDER, R. L.; OISHI, C. **Volume changes occurring in postoperative below-knee residual limbs**. Journal of Rehabilitation Research and Development, San Diego, CA, Vol. 25, 1988.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

JASKEN, J.; HALL, M. **The Relationship of Prosthetic Sock Ply Thickness to Percentage of Transtibial Limb Volume Outside of the Socket**. Journal of Prosthetics and Orthotics. 2018.

JESUS-SILVA, S. G.; OLIVEIRA, J. P.; BRIANEZI, M. H. C.; SILVA, M. A. M.; KRUPA, A. E.; CARDOSO, R. **S. Análise dos fatores de risco relacionados às amputações maiores e menores de membros inferiores em hospital terciário**. J Vasc Bras. Faculdade de Medicina Itajubá (FMIt), Jan./ Mar., 2017.

KOOFMAN, R.; BEEKMAN, A. M.; EMMELLOT, C. H.; GEERTZEN, J.; DIJKSTRA, P. U. **Measurement properties and usability of non-contact scanners for measuring transtibial residual limb volume**. Prosthetics and orthotics international, 2018.

LEITE, S. P.; GOMES, L. P. de S.; LEMOS, C. F. dos S.; LESSA, K. M. R.; PEDRAL, R. de L.; BRANDÃO, P. **Métodos de obtenção de dados antropométricos confiáveis**. Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT - SERGIPE, 2015.

LOURENÇO, R. P. **Nível de Atividade Física, Excesso de Peso e Qualidade de Vida em Amputados de Membro Inferior Atendidos nas Unidades Básicas de Saúde de Aracaju – SE**. Dissertação (mestrado em Educação Física) – Universidade Federal de Sergipe, 2017.

MEHMOOD, W.; ABD RAZAK, NA.; LAU, M.S.; CHUNG, T.Y.; GHOLIZADEH, H.; ABU OSMAN, N.A. **Comparative study of the circumferential and volumetric analysis between conventional casting and three-dimensional scanning methods for transtibial socket: A preliminary study**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Engineering in Medicine. 2019.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem**. Texto contexto - enferm., Florianópolis, 2008.

NICKEL, E.; BARRONS, K.; HAND, B.; CATALDO, A.; HANSEN, A. **Three-dimensional printing in prosthetics: Method for managing rapid limb volume change**. Prosthetics and Orthotics International. 2020.

POMPEO, D. A. **Diagnóstico de enfermagem náusea em pacientes no período pós-operatório imediato: revisão integrativa da literatura.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem Fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

POMPEO, D. A.; ROSSI, L. A.; GALVÃO, C. M. **Revisão integrativa: etapa inicial do processo de validação de diagnóstico de enfermagem.** Acta paul. enferm., São Paulo, 2009.

PRIM, G. **Modelo de análise de equilíbrio utilizando sistema de captura de movimentos.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, Florianópolis, 2016.

ROTHER, E. T. **Revisão sistemática X revisão narrativa.** Acta paul. enferm., São Paulo, 2007.

SANDERS, J. E.; HARRISON, D. S.; ALLYN, K. J.; MYERS, T. R. **Clinical utility of in-socket residual limb volume change measurement: Case study results.** Prosthetics and Orthotics International, Dez. 2009.

SANDERS, J. E.; FATONE, S. **Residual limb volume change: systematic review of measurement and management.** *Journal of rehabilitation research and development*, 2011.

SANTOS, M. I. M. P.; ALVES, H. A.; MELO, F. C. L.; MORAIS, P. R.; RIBEIRO, W. **ANTROPOMETRIA COMO FERRAMENTA NO PROJETO DE BLINDAGEM PESSOAL.** Revista Brasileira Biom., São Paulo, 2011.

SEMINATI, E.; TALAMAS, D. C.; YOUNG, M.; TWISTE, M.; DHOKIA, V.; BLIZON, J. L. J. **Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models.** PLOS ONE. 8, 2017.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 22. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, D. A. S.; PELEGRINI, A.; NETO, C. S. P.; PEROSKI, E. L. **O antropometrista na busca de dados mais confiáveis.** Rev. Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano, 2011.

SOLAV, D.; MOERMAN, K. M.; JAEGER, A. M.; HERR, H. M. **A Framework for Measuring the Time-Varying Shape and Full-Field Deformation of Residual Limbs Using 3-D Digital Image Correlation.** IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Oct. 2019.

Street, G. **Vacuum Suspension and its Effects on the Limb.** Orthopadie Technik. Apr. 2006.

Spichler, E. R.; Spichler, D.; Lessa, I.; Costa e Forti, A.; Franco, L. J.; LaPorte, R. E. **Capture-recapture method to estimate lower extremity amputation rates in Rio de Janeiro, Brazil.** Revista Panamericana de Salud Publica, 2001.

TANTUA, A. T.; GEERTZEN, J. H.; VAN DEN DUNGEN, J. J.; BREEK, J. K.; DIJKSTRA, P. U. **Reduction of residual limb volume in people with transtibial amputation.** Journal of Rehabilitation Research and Development, 2014.

URSI, E. S. **Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem Fundamental) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

VERZA, R. et al. **An interdisciplinary approach to evaluating the need for assistive technology reduces equipment abandonment.** Multiple Sclerosis Journal, Londres, 2006.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. **The integrative review: updated methodology.** Journal of advanced nursing, 2005.

Wong, C. K., & Edelstein, J. E. **Unna and elastic postoperative dressings: comparison of their effects on function of adults with amputation and vascular disease.** Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2000.