

MARCOS DE SOUZA FERREIRA

COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO DE PREDIÇÃO BASEADO NA TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE 3D E A BIOIMPEDÂNCIA PARA O CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO
CORPORAL

Campo Grande-MS
2024

MARCOS DE SOUZA FERREIRA

COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO DE PREDIÇÃO BASEADO NA TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE 3D E A BIOIMPEDÂNCIA PARA O CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO
CORPORAL

Trabalho apresentado curso de Mestrado em Ciências do
Movimento da Fundação Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul.

Orientador: Thomaz Nogueira Burke

Campo Grande-MS
2024

MARCOS DE SOUZA FERREIRA

COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO DE PREDIÇÃO BASEADO NA TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE 3D E A BIOIMPEDÂNCIA PARA O CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO
CORPORAL

Trabalho apresentado curso de Mestrado em Ciências do
Movimento da Fundação Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul.

Orientador: Thomaz Nogueira Burke

Aprovado em:

Campo Grande-MS
2024

MARCOS DE SOUZA FERREIRA

COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO DE PREDIÇÃO BASEADO NA TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE 3D E A BIOIMPEDÂNCIA PARA O CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO
CORPORAL

Aprovado em ____/____/____

BANCA QUALIFICAÇÃO

Professor Drº Thomaz Nogueira Burke
UFMS

Professor Drº Silvio Assis de Oliveira Júnior
UFMS

Professor Drº André Luis de Oliveira Krug
UCDB

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar ao final esperado sem o precioso apoio de várias pessoas. Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Thomaz Nogueira Burke, por toda a paciência, empenho. Muito obrigada por me corrigir quando necessário sem nunca me desmotivar.

Ao departamento de Educação Física da UFMS pela cedência do laboratório para a coleta dos dados e avaliação. Ao amigo e professor Luiz Carlos de Souza que esteve presente do começo ao fim da intermináveis coletas, sempre apoiando e contribuindo muito.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em Ciencia do Movimento, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos. Agradeço aos funcionários do programa PPGCMOV, que foram sempre prestativos e pacientes no atendimento.

Por último, quero agradecer à minha família pelo apoio incondicional, especialmente minha Esposa e Filha (que nos surpreendeu chegando na reta final desta caminhada) que estiveram sempre presentes e pelas quais realizo esse sonho e pelas revisões incansáveis ao longo da elaboração deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

RESUMO

Introdução: A análise da Composição Corporal (CC) é parte fundamental da avaliação realizada por nutricionistas e outros profissionais de educação física e outras áreas da saúde. Dentre os métodos de avaliação da CC podemos citar o DEXA como padrão-ouro e a Bioimpedância (BIA) como a mais utilizada clinicamente. Entretanto, ambas possuem limitações para o seu uso, sendo o custo e a dificuldade de acesso ao DEXA e a alta sensibilidade da BIA em relação a alterações da hidratação corporal, bem como a variedade de aparelhos utilizados. Avaliações da CC por escaneamento Tridimensional (3D) são promissoras, mas ainda não existem estudos específicos com a população brasileira. **Objetivo:** Comparar um modelo de predição da composição corporal a partir do escaneamento 3D com os resultados obtidos pela BIA em adultos com doenças não declaradas residentes na cidade de Campo Grande / MS. **Metodologia:** Foram avaliados 101 indivíduos entre 19 e 57 anos, de ambos os sexos, por meio da antropometria por fita métrica, escaneamento 3D, BIA e ficha de avaliação. Os dados do escaneamento foram utilizados para a construção de um modelo próprio de regressão com o objetivo de prever a CC advindas da BIA (Regressão 3D) e para alimentar uma fórmula de regressão obtida em uma amostra norte americana (Regressão 3D Ng). **Análise Estatística:** O método de seleção de amostras para a regressão linear foi o Stepwise Backward. O teste *t de Student* para amostras independentes foi utilizado para comparar as circunferências medidas pela fita métrica e Scanner, e para comparar as variáveis da CC obtidas pelo Scanner (Regressão 3D), BIA e Regressão 3D (Ng). Foi adotado nível de significância de 5%. **Resultados:** O escaneamento 3D foi capaz de prever corretamente a porcentagem de gordura, massa gorda e massa livre de gordura para homens e mulheres, quando comparado à BIA. A Regressão de 3D (BK Ng et al, 2019), construída a partir de uma amostra estrangeira, não foi capaz de prever a porcentagem de gordura e massa gorda para homens e porcentagem de gordura para mulheres, na amostra deste estudo. A medida de circunferência 3D foi estatisticamente igual à fita para a coxa, tanto população geral quanto estratificado pelos IMC >25 ($n=62$) e IMC ≤ 25 ($n=39$). A medida da cintura foi estatisticamente igual somente para IMC ≤ 25 ($n=39$). **Conclusão:** A regressão baseada no escaneamento 3D foi capaz de prever corretamente todas as variáveis de CC, quando comparados à BIA. Foi criada uma equação capaz de prever a composição corporal para população brasileira.

Palavras Chave: Antropometria, Análise da Composição Corporal, Escaneamento Tridimensional (3D), Modelo de predição.

ABSTRACT

Introduction: Body composition (BC) analysis is a fundamental part of the assessment carried out by nutritionists and other health professionals. Alterations in body composition have been associated with various diseases, such as heart disease and diabetes, and allow for the diagnosis and monitoring of conditions such as visceral obesity and sarcopenia. Among the methods for assessing WC, we can mention DEXA as the gold standard and Bioimpedance (BIA) as the most widely used clinically. However, both have limitations, such as the cost and difficulty of access to DEXA and the high sensitivity of BIA in relation to changes in body hydration, as well as the variety of devices used. Assessments of WC using three-dimensional (3D) scanning are promising, but there are still no specific studies on the Brazilian population. **Objective:** To compare a body composition prediction model based on 3D scanning with the results obtained by BIA in healthy adults living in the city of Campo Grande / MS. **Methodology:** 101 individuals aged between 19 and 57, of both sexes, were assessed using tape-measure anthropometry, 3D scanning, BIA and an evaluation form. The scan data was used to build a regression model to predict WC from BIA (3D Regression) and to feed a regression formula obtained from a North American sample (3D Ng Regression). **Statistical analysis:** The sample selection method for the linear regression was Stepwise Backward. Student's t-test for independent samples was used to compare circumferences measured by tape measure and scanner, and to compare WC variables obtained by scanner (3D regression), BIA and 3D regression (Ng). A significance level of 5% was adopted. Results: 3D scanning was able to correctly predict fat percentage, fat mass and fat-free mass for men and women when compared to BIA. The 3D Regression (BK Ng et al, 2019), constructed from a foreign sample, was not able to predict the percentage of fat and fat mass for men and percentage of fat for women, in the sample of this study. The 3D circumference measurement was statistically the same as the thigh tape, both for the general population and stratified by BMI >25 (n=62) and BMI ≤ 25 (n=39). Waist measurement was statistically equal only for BMI ≤ 25 (n=39). **Conclusion:** Regression based on 3D scanning was able to correctly predict all WC variables when compared to BIA. The differences found between the regression used in the North American population and the BIA results in our sample reinforce the need to use studies that reflect the characteristics of the Brazilian population and raise awareness of the use of studies with other populations.

Keywords: Anthropometry, 3D Model, Evaluation, Regression, Circumference, Measurements.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	09
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
1.INTRODUÇÃO.....	12
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4.METOLOGIA.....	20
5.RESULTADOS.....	27
6. DISCUSSÃO.....	33
7. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
8.REFERÊNCIAS.....	39
ANEXO 1.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIA	Bioimpedância Elétrica
TC	Tomografia Computadorizada
DEXA	Dual-Energy X-ray Absorptiometry
ADP	Pletismografia de Deslocamento de Ar
PH	Pesagem Hidrostática
RM	Ressonância Magnética
IMC	Índice de Massa Corporal

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Tabela 1: Características antropométricas e de composição corporal dos participantes.....	27
Tabela 2: Características étnicas e frequência de atividade física.....	28
Tabela 3: Equações de predição, para faixa de IMC ≤ 25	29
Tabela 4: Equações de predição, para faixa de IMC ≥ 25	30
Tabela 5: Comparação entre os resultados de porcentagem de gordura, massa gorda, massa livre de gordura e porcentagem de gordura, obtidos pelas equações de Ng et al. (2019) e as equações do nosso estudo.....	31
Tabela 6: Comparação entre Medidas de circunferências fita e Scanner 3D para braço direito, quadril, cintura e coxa direita.....	32
Gráfico 1: Gráfico de comparação entre os métodos de avaliação.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Coleta de medidas antropométricas e colocação marcadores corporais.....	23
Figura 2- Coleta de imagem Scanner 3D.....	24
Figura 3- Realização da bioimpedância	25
Figura 4- Imagem do programa Blender com modelo.....	26
Figura 5- Imagem com plano inserido no local para aferir a medida.....	26
Figura 6- Colocação do plano para tomada da medida de circunferência da cintura...	26

1. INTRODUÇÃO

A análise da Composição Corporal (CC) é parte fundamental da avaliação realizada por nutricionistas e outros profissionais da saúde. Segundo Nahas (2010), a composição corporal pode ser entendida como um conjunto de componentes presentes no corpo humano, tais como as proporções corporais de água, proteína, minerais, ossos, músculos e gordura, bem como uma estimativa da massa magra (livre de gordura) e da massa gorda. Alterações de composição corporal tem sido associada a várias doenças, como as doenças cardiovasculares, diabetes, câncer, osteoporose e osteoartrite (Borga M. *et al.*, 2018), e permitem o diagnóstico e acompanhamento de condições como obesidade visceral e sarcopenia (Chaves *et al.*, 2022).

Muitas técnicas estão disponíveis para avaliação da composição corporal, que vão desde medidas indiretas simples, até medidas volumétricas indiretas mais sofisticadas. Técnicas de avaliação como o Absorciometria de Raios X de Dupla Energia (DEXA) (Black, 2018), Tomografia Computadorizada (TC) (Shen *et al.*, 2004), Ressonância Magnética (MRI) (Lopes *et al.*, 2015), tornaram-se ferramentas importantes devido à sua capacidade de visualizar e quantificar tecidos, órgãos ou constituintes, como músculo e tecido adiposo. No entanto, esses métodos são de alto custo para a média da população brasileira – conforme os dados da Pnad Contínua - Rendimento de todas as fontes 2019, do IBGE 90% dos brasileiros têm renda inferior a R\$ 3,5 mil por mês (R\$ 3.422,00) e 70% ganham até dois salários mínimos (R\$ 1.871,00, para um salário mínimo de R\$ 998,00 em 2019 (IBGE, 2020) – ou de manejo complexo, o que inviabiliza o seu uso clínico.

Os métodos de avaliação da composição corporal encontrados com maior frequência na prática clínica são as dobras cutâneas, medidas antropométricas por fita e a bioimpedância. A dobra cutânea talvez seja uma das maneiras mais utilizadas na clínica para avaliar a composição corporal. As técnicas mais prevalentes para estimar a gordura subcutânea (%G) incluem a avaliação dos componentes da composição corporal através das dobras cutâneas (DC) e o uso de índices que relacionam a massa corporal à estatura, como o índice de massa corporal (IMC) (Buscariolo *et al.*, 2008).

As circunferências, também denominadas de perímetros, são muito utilizadas no diagnóstico nutricional. Podem ser interpretadas isoladamente ou em conjunto com outra medida antropométrica. Tais medidas podem ser utilizadas na verificação do tamanho de secções transversais e dimensões do corpo (Lohman *et al.*, 1988). A fita métrica é uma ferramenta simples, mas necessária para medir circunferências corporais. As medidas fornecidas são úteis na avaliação de mudanças na distribuição de gordura corporal, na

monitorização do progresso em programas de atividades físicas e saúde e no cálculo de índices como o Índice de Massa Corporal (IMC) (Guedes, 2013; Pelegrini *et al.*, 2015).

A análise de impedância bioelétrica (BIA) é um método simples, não invasivo, econômico e portátil para avaliar a composição corporal que pode ser aplicado a quase todos os indivíduos. O custo é relativamente baixo para avaliar a massa magra, água corporal total, água extracelular e massa gorda. A impedância bioelétrica, cuja finalidade é a determinação da composição corporal, tem sido apontada como capaz de superar alguns desafios presentes em outros métodos que avaliam o estado nutricional (Eickemberg *et al.*, 2011).

Recentemente, escâneres tridimensionais (3D) têm sido apontados como um método alternativo a estes equipamentos na avaliação da composição corporal (Bennett *et al.*, 2022). A varredura tridimensional de corpo inteiro é uma técnica relativamente nova para coletar dados antropométricos na medicina, embora a tecnologia de varredura em si já esteja disponível há algum tempo (Glock *et al.*, 2017). Estes sistemas escaneiam o corpo por meio da topografia de superfície, gerando um avatar em três dimensões, do qual é possível extrair informações de circunferências e medidas de distâncias em todo o corpo. Equações de regressão são utilizadas para estimar a composição corporal utilizando-se das medidas e circunferências, e são a base para todos os cálculos. Cada escaneamento demora menos de 1 minuto para ser completado e gera centenas de informações antropométricas que, de outra maneira, demorariam para serem coletadas usando técnicas manuais (Wong *et al.*, 2019). Além disso, medidas antropométricas derivadas dos modelos 3D não são influenciadas pelo avaliador, que não tem ingerência sobre os resultados, uma vez que as medidas são automáticas. O método é livre de radiação, portátil e de baixo custo.

Entretanto, as fórmulas de regressão para o cálculo da composição corporal pelo escaneamento foram construídas a partir de diferentes populações em diferentes países, como Estados Unidos (Zheng *et al.*, 2023; Ng *et al.*, 2019; Pleuss *et al.*, 2019; Tian *et al.*, 2023; Wong *et al.*, 2023; Lu *et al.*, 2019; Ng *et al.*, 2016; Tian *et al.*, 2022; Lu *et al.*, 2018; Wong, *et al.*, 2019), Suíça (Guarnieri *et al.*, 2023) e Canadá (Tian *et al.*, 2024; Wong *et al.*, 2021; Sobhiyeh *et al.*, 2020). Não encontramos até o momento estudos que derivaram fórmulas de regressão para cálculo da composição corporal a partir de modelos 3D, na população brasileira.

Portanto, este estudo teve por objetivo construir um modelo de predição da composição corporal 3D para adultos saudáveis residentes na cidade de Campo Grande / MS, e compará-lo com o método da BIA e o método descrito por Ng *et al.*, (2019). Nossa hipótese é que a equação

(modelo de predição) será capaz de gerar variáveis de composição corporal estatisticamente iguais às obtidas pela BIA e diferentes das descritas por Ng *et al.*, (2019).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Existe uma infinidade de métodos e técnicas para avaliação da composição corporal, todos com problemas inerentes, seja na metodologia de medição ou nas suposições em que se baseiam. A escolha de um método específico ou combinação de métodos para um determinado estudo depende de várias considerações, incluindo exatidão, precisão, aceitabilidade do sujeito, conveniência, custo e exposição à radiação.

Segundo Garrow (1992) citado por Torres (1998), o método ideal “deve ser relativamente barato, e que forneça pouco incômodo ao avaliado; ser operado por técnicos capazes e render resultados altamente acurados e reproduzíveis”.

Existem várias técnicas para a determinação da composição corporal, chamando-se a estes métodos. Com isso, os métodos de análise da composição corporal são classificados como direto, indireto e duplamente indireto (Drinkwater, 1991; Costa 2001).

Método Direto

É aquele em que há separação e pesagem de cada um dos componentes corporais isoladamente. De acordo com Costa (2001), a dissecação de cadáveres é a única metodologia considerada direta. Neste método apesar de apresentar elevada precisão, tem utilidade limitada, pois a análise é realizada por dissecação física ou físico-química de cadáveres.

Métodos Indiretos

Os métodos Indiretos são precisos, possuem uma aplicação prática limitada e um alto custo financeiro. São utilizados principalmente para validar as técnicas duplamente indiretas. No presente artigo, serão discutidas as seguintes técnicas de análise indireta da composição corporal: Absorciometria Radiológica de dupla energia (DEXA), Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, Pesagem Hidrostática e o método apresentado como uma técnica emergente na análise da composição corporal que são os scanners tridimensionais. Existem outras técnicas indiretas de avaliação da composição corporal, porém não foram contempladas, por não ser interesse do presente estudo.

Métodos Duplamente Indiretos

As técnicas duplamente indiretas são menos rigorosas, porém apresentam melhor aplicação prática e menor custo financeiro, podendo ser empregadas tanto em pesquisas de campo quanto em estudos clínicos. Neste grupo, destacam-se a bioimpedância elétrica e a antropometria, incluindo o IMC, as pregas cutâneas, as medidas de perímetros (circunferência da cintura, relação cintura/quadril), o índice de conicidade e a relação cintura/estatura.

Para análise dos métodos, é necessário discorrer sobre suas particularidades, como se depreende a seguir.

Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA)

De acordo com (Khan K. *et al.*, 2001), “o DEXA é considerado o padrão-ouro para a medição da densidade mineral óssea” e também é amplamente utilizado para avaliação da composição corporal devido à sua precisão e baixa exposição à radiação.

Trata-se de procedimento laboratorial, o qual faz análises transversas do corpo inteiro, em intervalos de 1cm da cabeça aos pés, e a partir dos seus resultados pode-se quantificar a massa magra (muscular), massa óssea, massa gorda, percentual de gordura, percentual de massa muscular e a medida da gordura visceral oferece estimativas muito precisas sobre os componentes de gordura e de massa isenta de gordura.

O DEXA é considerado uma das técnicas mais precisas para a análise de composição corporal, pois pode medir separadamente a massa de gordura, massa magra e mineral ósseo.

No entanto, esse método possui vantagens e desvantagens como qualquer outro método, porém, com vantagens significativas: alta acurácia e precisão. Outra vantagem, é um método rápido e não invasivo, pois é realizado em até 12 minutos e não necessita de preparo. É um método com baixa exposição à radiação. Entretanto, dentre as desvantagens estão a acessibilidade e a utilização de radiação durante para avaliação, equipamento requer local adequado para instalação (não portátil); requer habilidade técnica específica e experiência do avaliador.

Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada (TC) é um método indireto bastante conhecido pela sua acurácia diagnóstica na área clínica. No entanto, este método de imagem tem sido cada vez mais utilizado para avaliar a composição corporal na área da pesquisa. Esta técnica ganhou destaque a partir de dois estudos publicados em 2004 e 2008.

No primeiro estudo, (Shen *et al.*, 2004), demonstraram que era possível prever de uma maneira acurada a massa muscular esquelética total a partir medidas realizadas em um único corte a nível de L3. No segundo estudo, (Mourtzakis *et al.*, 2008), demonstraram que, utilizando um software que identificava os diferentes tecidos a partir das suas faixas de unidades Hounsfield(UH), era possível quantificar não somente a massa muscular esquelética e a gordura corporal, mas também identificar a distribuição da gordura subcutânea, visceral e intramuscular (mioesteatose).

É considerada a técnica mais acurada e reproduzível para aferição da gordura corporal, tida como referência para comparação com outros métodos de avaliação da composição corporal, especialmente do tecido adiposo abdominal. É um procedimento no qual se obtém imagens de altíssima resolução, por meio de um feixe de radiação ionizante, permitindo a diferenciação da gordura subcutânea e visceral (Tokunaga *et al.*, 1983).

Apesar da TC ser considerada um método padrão ouro, algumas características impedem seu uso atualmente fora do ambiente de pesquisa de forma generalizada. A primeira delas diz respeito à radiação envolvida com a técnica. Além disso, necessita um local adequado para instalação (não é portátil); procedimento de alto custo; necessidade de técnicos especializados para análise de imagem.

Ressonância Magnética

No método indireto por RM, uma imagem dos tecidos do corpo é gerada por radiação eletromagnética, sob influxo de forte campo magnético que excita o núcleo dos átomos de hidrogênio das moléculas de água e de lipídios. O núcleo emite sinais que, captados pelo computador, são tratados e transformados em imagens, permitindo assim diferenciar os tecidos moles (gordura e músculo) das estruturas ósseas.

Imagem por ressonância magnética (RM) Imagens de tecidos moles do corpo podem ser produzidas por ressonância magnética, que utiliza as diferentes propriedades magnéticas dos núcleos de elementos da célula, geralmente hidrogênio na água e na gordura.

Um estudo publicado por (Chen *et al.*, 2018), intitulado "Magnetic resonance imaging of body composition in children and adults," destaca a eficácia da ressonância magnética na avaliação da composição corporal em diversas faixas etárias. Os autores enfatizam a capacidade da técnica em fornecer medidas precisas e detalhadas de tecidos específicos, auxiliando na compreensão de condições de saúde, planejamento nutricional e monitoramento de intervenções terapêuticas.

Pesagem Hidrostática

De acordo com Petroski (1992), a densimetria realizada por meio da PH, constitui-se como um instrumento válido e reprodutível e é o método laboratorial não invasivo mais utilizados e aceito no estudo da composição corporal.

A pesagem hidrostática (PH), é considerada o padrão ouro dos métodos densitométricos. PH usa o princípio de Arquimedes para determinar o volume corporal total medindo a diferença entre o peso de um sujeito na água e no ar e determinando assim a densidade do corpo inteiro. Esta técnica normalmente requer que o sujeito esteja completamente submerso debaixo d'água enquanto expira ao máximo (produzindo volume pulmonar residual) para minimizar o efeito da flutuabilidade do ar pulmonar.

A pesagem hidrostática (PH) tem sido comumente usada em adultos, embora a administração em certas populações, como idosos, doentes, crianças e certos grupos étnicos, tenha se mostrado desafiadora. Para a conclusão bem-sucedida do PH, múltiplas tentativas de submersão completa da cabeça seguidas de uma expiração máxima para registrar o peso subaquático são as possíveis culpadas por essa dificuldade.

As limitações associadas a este método incluem tempo, intensidade de trabalho, desconforto do sujeito e inacessibilidade para muitas populações especiais, como idosos, deficientes e doentes crônicos. A validade e confiabilidade do PH estão bem estabelecidas na literatura. É considerado um método indireto de avaliação da composição corporal.

Bioimpedância (BIA)

A BIA é um método comum e não invasivo para medir a composição corporal, baseado na resistência elétrica dos tecidos do corpo.

Um estudo relevante sobre a bioimpedância na avaliação da composição corporal é o de (Kyle *et al.*, 2004), intitulado "Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods". Este estudo oferece uma revisão abrangente dos princípios e métodos da análise de bioimpedância, destacando sua utilidade na avaliação da composição corporal e suas limitações.

A avaliação da composição corporal através da Bioimpedância (BIA), consiste na passagem de uma corrente elétrica de baixa amplitude e alta frequência pelo corpo do indivíduo, medindo a resistência que é oferecida pelos vários tecidos do organismo. Trata-se de um método duplamente indireto.

Algumas observações devem ser feitas em relação a bioimpedância como método de avaliação, como o nível de hidratação, pois a água é condutora de corrente elétrica e desta forma, se o indivíduo estiver muito hidratado, o resultado da avaliação pode superestimar a quantidade de massa muscular, visto que, este tecido contém grande quantidade de água.

Dobras Cutâneas

A maior proporção de gordura corporal é localizada no tecido subcutâneo e, dessa forma, a mensuração da sua espessura é utilizada como indicador de quantidade de gordura corporal localizada em determinada região do corpo. Devido a oscilações do volume de gordura corporal de acordo com a região do corpo, é necessária mensuração das dobras de várias regiões do corpo para um cálculo apropriado (Guedes, 2006).

Devido a sua fácil utilização e custo mais baixo em comparações a outros métodos, a técnica vem sendo muito utilizada para o cálculo da gordura corporal. O tipo de adipômetro utilizado e a experiência do avaliador são determinantes para uma avaliação precisa (Guedes, 2006).

Algumas das equações mais utilizadas para cálculo do percentual de gordura corporal por meio das pregas cutâneas são as propostas por (Deurenberg *et al.*, 1990) que consideram sexo, etnia, idade e estágio de maturação sexual (pré-púbere ou pós-púbere), e a equação proposta por (Slaughter *et al.*, 1988), na qual são considerados gênero e etnia.

O método é aconselhável para populações menores e tem limitação em pessoas com gordura corporal elevada.

O uso de equipamentos acessível, necessidade de pequeno espaço físico, facilidade e rapidez na coleta de dados e o fato do método não ser invasivo são apenas alguns dos pontos positivos da avaliação de composição corporal por dobras cutâneas.

As principais dobras cutâneas mensuradas são: tríceps, bíceps, subescapular, peitoral, axilar média, supra ilíaca, abdominal, coxa e panturrilha. Jackson *et al.*, (1978) e (1980), definiram um protocolo de cálculo de percentual de gordura de homens (1978) e mulheres (1980) utilizando sete dessas nove medidas (excluíram as pregas do bíceps e da panturrilha), e esse é um dos protocolos mais utilizado até os dias atuais.

Normalmente os erros na coleta de dados para avaliar a composição corporal do paciente por dobras cutâneas acontecem com o mesmo avaliador ou com avaliadores diferentes. Os erros conhecidos como intra-avaliadores (mesma pessoa) são aqueles nos quais a pessoa não segue corretamente o protocolo de tomada de medidas, por descuido ou por inexperiência

profissional. Os erros inter avaliadores ocorrem quando a tomada de medidas acontece quando as medidas são tomadas por avaliadores diferentes, o que leva a diferenças significativas nos valores encontrados.

Antropometria por fita métrica

As informações sobre o tamanho e a forma do corpo fornecem informações valiosas sobre uma ampla gama de tópicos relacionados à obesidade humana. As medidas antropométricas, como as circunferências que definem o tamanho e a forma corporal, são baratas e adquiridas com segurança para avaliar a saúde e o estado nutricional de pacientes com sobrepeso e obesidade ao longo da vida.

As medidas antropométricas são não invasivas e auxiliam na avaliação do estado nutricional, identificando indivíduos em risco, monitorando a eficácia de uma intervenção nutricional e fornecendo informações sobre os estoques de gordura e músculos do corpo. Por serem relativamente simples de medir, baratos e não exigirem alto nível de habilidade técnica, as medidas antropométricas são amplamente utilizadas em situações clínicas e em grandes estudos epidemiológicos.

A equação de Katch e McArdle (2008), utiliza apenas valores de perímetros corporais de braços, abdômen e antebraço como variáveis preditivas. Assim, além de utilizar um equipamento de baixo custo, traz para o profissional a possibilidade de mensuração em um grande número de pessoas de forma rápida, o que pode ser muito interessante para profissionais que atuam em academias e também escolas.

A fita métrica é um dos instrumentos mais simples e baratos necessários para realização da avaliação antropométrica. Nesta avaliação é utilizada para mensurar perímetros corporais, alturas e comprimentos. Um ponto importante, a salientar é que existem equações preditivas do percentual de gordura que utilizam apenas os valores de perímetros corporais como variáveis preditivas, sendo assim de fácil realização.

Scanners corporais 3D

Recentemente, métodos de digitalização tridimensional têm sido explorados para estimar a composição corporal. Utilizando tecnologias de imagem avançadas, como scanners 3D e modelos computacionais, é possível criar representações precisas e detalhadas do corpo humano. Esses modelos podem ser analisados para extrair medidas de volume, densidade e distribuição de tecidos corporais, permitindo uma avaliação detalhada da composição corporal.

Devido à relativa novidade dessa tecnologia e ao recente surgimento de várias entidades comerciais que empregam Scanner 3D para avaliação da composição corporal, é provável que as equações de previsão utilizadas em tecnologias 3D comercialmente disponíveis evoluam nos próximos anos, à medida que os dados disponíveis para refinamento de equações crescem.

Segundo (Wang et al., 2007), um dos primeiros scanners 3D a serem utilizados para medir o corpo humano foi o LASS “The Loughborough Anthropometric Shadow Scanner” patenteado em 1987 (Harris e Read, 1989 apud Wang *et al.*, 2007). Mais tarde, conforme o mesmo autor, o Instituto de Pesquisa e Engenharia Humana para a Qualidade de Vida (HQL) no Japão, conduziu uma grande pesquisa antropométrica utilizando métodos tradicionais e métodos por digitalizadores 3D para todo o corpo humano.

Nos EUA, Holanda e Itália, entre 1998 e 2002, foi realizado um projeto multinacional, chamado CAESAR (American and European Surface Anthropometry Resource Civilian) que estudou métodos para levantamento de medidas antropométricas.

O corpo humano foi digitalizado em corpo inteiro para coleta de dados antropométricos e, assim, foi construído um banco de dados de modelos humanos em 3D (Daanen e Van de water, 1998 apud Wang *et al.*, 2007). Entre 2003 e 2004, países como China, Coréia, Taiwan, Reino Unido, EUA e França participaram da “Campanha Nacional de Mensuração”, em que um crescente número de países começou a utilizar scanners 3D a laser para realização de pesquisas nacionais (Wang et al., 2007).

Embora a antropometria seja um elemento de longa data da avaliação da composição corporal, ela experimentou um ressurgimento recente devido ao desenvolvimento e utilização de imagens ópticas tridimensionais.

Utilizando luz visível e infravermelha, scanners 3D produzem rapidamente um avatar 3D do corpo humano, o que permite a avaliação antropométrica automatizada. É importante ressaltar que as aplicações dessa tecnologia emergente vão muito além de simplesmente simplificar as medidas antropométricas tradicionais.

Conforme descrito por (Heymsfield *et al.*, 2018), a aquisição de dados 3D pode ocorrer por meio de um dos dois métodos principais: varredura de luz estruturada (SL) ou varredura de tempo de voo (ToF). Scanners de luz estruturada: Possivelmente os mais comuns hoje em dia. São os scanners 3D mais versáteis porque combinam excelente resolução, alta precisão, alta velocidade de aquisição e baixo custo. Consistem numa câmara com uma lente calibrada e um projetor que projeta padrões de luz sobre a superfície. A câmara capta imagens das deformações destes padrões na superfície e através de algoritmos complexos de processamento

gera a nuvem de pontos. Scanners 3D de tempo de voo (ToF): baseiam-se no cálculo da distância à superfície, medindo o tempo que leva a ir e a devolver um impulso de luz laser.

Após a aquisição de dados usando varredura SL ou ToF, as informações brutas de profundidade são utilizadas para criar uma nuvem de pontos 3D, a partir da qual um avatar do corpo humano é produzido por meio de malha. Finalmente, medidas anatômicas, como comprimentos, circunferências, volumes e áreas de superfície, podem ser prontamente obtidas do avatar usando procedimentos de marcação. Embora os exames de cada scanner comercialmente disponível não estejam disponíveis no momento, investigações preliminares relataram alta precisão de scanners 3D para estimativas antropométricas.

As variáveis antropométricas obtidas a partir do 3D podem ser utilizadas para a estimativa automatizada da composição corporal usando equações proprietárias do fabricante ou outras equações previamente desenvolvidas com base em antropometria padrão.

Então os scanners 3D podem ser utilizados para automatizar a coleta de informações necessárias para equações tradicionais de gordura corporal baseadas em antropometria.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar um modelo de predição da composição corporal a partir do escaneamento 3D com os resultados obtidos pela BIA em adultos saudáveis residentes na cidade de Campo Grande / MS.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a amostra com relação às suas medidas antropométricas, etnia e frequência de atividade física semanal.
- Verificar a acurácia das medidas de circunferência corporal obtidas pelo escaneamento 3D em relação à fita métrica, em diferentes faixas de IMC.
- Comparar as medidas de fita métrica e scanner 3D.
- Comparar os resultados obtidos por nosso modelo de predição com os apresentados na população norte-americana.
- Realizar equação de predição em diferentes em duas faixas de IMC.

4. METODOLOGIA

Participantes

Foram recrutados (n=105) cento e cinco homens e mulheres, desses 04(quatro) foram excluídos por falhas no momento da transferência dos dados do Scanner 3D (Structure), restando um total de 101 participantes, desses 50 homens e 51 mulheres, entre 19 e 57 anos de idade, com IMC variando de 17,42 a 47,43 kg/m², residentes na cidade de Campo Grande/MS, por meio de convite via aplicativo de mensagens e redes sociais entre os meses de julho e agosto de 2023. A amostra foi por conveniência. Foram coletados os seguintes dados demográficos da população; como sexo, idade, peso, altura, índice de massa corporal, nível de atividade física e etnia.

Critérios de inclusão

Foram incluídos nesse estudo homens e mulheres adultos que pudessem permanecer em pé durante a avaliação.

Critérios de exclusão

Foram excluídos aqueles com gravidez atual, membros ausentes, metal não removível no corpo (por exemplo, substituições de articulações), histórico de cirurgia que altera o formato do corpo (por exemplo, lipoaspiração) e cabelo significativo que não pode ser contido em uma touca de natação.

Coleta de dados

Todas as coletas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica do Curso de Educação Física da UFMS (Campo Grande, MS, Brasil) e duraram cerca de 1 hora. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento e o protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa. CEP/UFMS. CAAE: 67938223.2.0000.0021, aprovado em 24/07/2023.

Os participantes tiveram as suas medidas antropométricas avaliadas por fita métrica, seu corpo foi escaneado em três dimensões e sua composição corporal aferida pela BIA. Foram mantidos os mesmos avaliadores para as coletas, sendo um avaliador para medidas de Fita, Peso, Altura, um avaliador para escaneamento tridimensional e realização da BIA.

Ficha de avaliação dos pessoais e medidas de peso e altura

Os participantes preencheram uma ficha simples de avaliação contendo seus dados pessoais, nível de atividade física semanal, peso e altura (Anexo 1). A altura foi coletada por meio de um estadiômetro (Welmy) com precisão de 0,1 centímetro, com os indivíduos sem meias e sapatos. O peso foi coletado em quilogramas por uma balança mecânica até o 0,01 quilograma (Welmy, Santa Barbara D'oeste- SP, fabricada em 2012).

Medidas antropométricas

Para a coleta das medidas antropométricas por fita os participantes permaneceram em pé e o avaliador posicionou marcadores adesivos nos locais de maior circunferência da coxa direita, maior circunferência do bíceps direito, na cintura e no quadril. Estes pontos foram marcados para garantir que as medidas por fita e pelo escaneamento 3D fossem realizadas no mesmo local, para que pudessem ser comparadas posteriormente.



Figura 1- Imagem da coleta de medidas antropométricas e colocação dos marcadores.

As circunferências corporais, incluindo as circunferências do braço, cintura, quadril e coxa, foram avaliadas por meio de uma fita métrica (1,5 metro) corporal inelástica (Fita Métrica de Saúde Corporal 2017 BMI). A circunferência da cintura foi medida na cintura natural, ou

seja, entre as costelas inferiores e as cristas ilíacas. A leitura foi realizada no momento da expiração, e no milímetro mais próximo.

A figura 1 mostra momento da realização da coleta das medidas antropométricas, colocação dos marcadores e medidas de peso e altura. A circunferência do quadril foi verificada no nível da sínfise púbica com a fita circundando o quadril na parte mais saliente entre a cintura e a coxa e com o indivíduo usando roupas finas. A medida da circunferência da coxa, assim como nos casos anteriores, deve ser feita na região de maior circunferência da mesma (coxa medial), onde o avaliado estará de pé na posição ortostática. Para a circunferência do braço a medida deve ser tirada a cerca de 5 cm da axila, no ponto de maior circunferência do braço.

Escaneamento 3D

O escaneamento corporal 3D foi realizado utilizando-se uma câmera Structure Sensor I (OCCIPITAL, 2013, EUA) acoplada a um iPad. Os participantes permaneceram na posição ortostática, com os braços apoiados em tripés, de maneira que os ombros permaneceram em abdução de aproximadamente 45°, com as pernas afastadas na largura do quadril e olhar no horizonte. O avaliador de posse da câmera acoplada ao iPad inicia o escaneamento corporal em



Figure 2- Realização do escaneamento com Câmera Structure Sensor.

uma distância de cerca de 1(um) metro do avaliado, para realização do escaneamento é gerado um cubo onde o avaliado é enquadrado no local exato a ser escaneado, girando em volta do corpo do avaliado de forma a completar 360° até o escaneamento total. A figura 2 apresenta o momento que o avaliador realiza o escaneamento corporal girando 360° no avaliado que permanece na posição ortostática.

Todos os participantes vestiram bermudas coladas ao corpo e tiveram seus cabelos presos a uma touca de natação, quando necessário. Os do sexo masculino permaneceram com seu tronco desnudo e as do sexo feminino usaram um sutiã esportivo. Cada participante foi escaneado uma vez.

Foram medidas as circunferências do quadril, da cintura, coxa direita e braço direito, a partir do modelo 3D gerado pelo escaneamento. Estas medidas foram posteriormente utilizadas para a comparação com a fita métrica e também para a obtenção do modelo de regressão para o cálculo das variáveis de composição corporal da população estudada.

Bioimpedância

As avaliações na BIA foram realizadas conforme a recomendação do fabricante, sendo utilizado o modelo InBodyS10 (OTTOBONI, 2016, CORÉIA DO SUL) (Sistema tetrapolar de

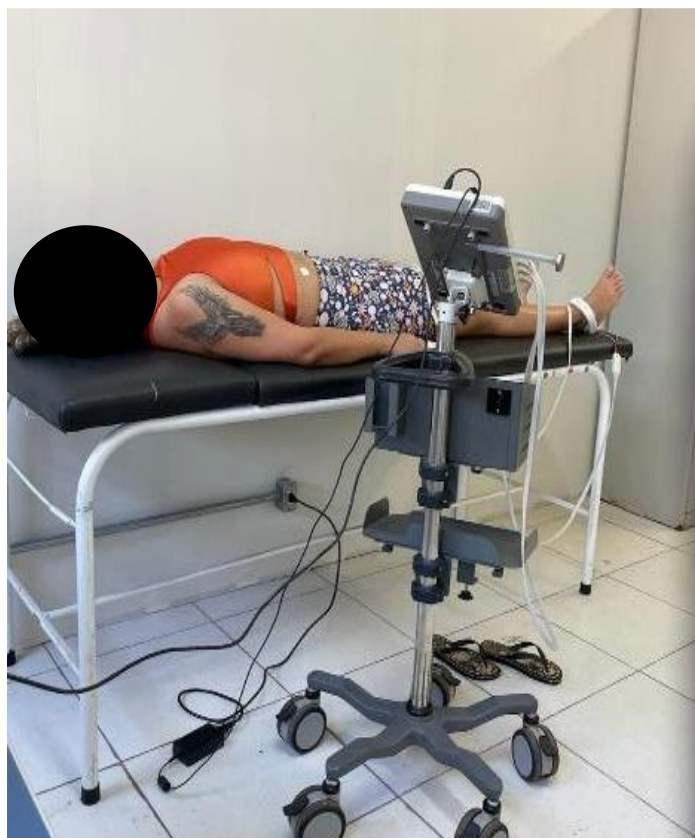


Figure 3-Realização da BIA, aparelho inbody S10.

8 pontos, eletrodos táteis). Previamente à avaliação pela BIA, os participantes permaneceram em decúbito dorsal, em repouso, por 5 minutos. A figura 3 mostra a realização da Bioimpedância com o avaliado deitado em decúbito dorsal sobre uma maca.

Todos os participantes foram orientados a permanecer em jejum alimentar, inclusive de água, por no mínimo 8 horas, não praticar exercício físico de alta intensidade no dia anterior ao exame, também não ingerir café ou bebida alcoólica até 8 horas antes do exame. Foi fornecida uma cópia da avaliação para todos participantes.

Análise dos dados

O modelo 3D de cada participante foi importado para o software livre Blender para o cálculo das circunferências. Foi construído um código em Python para automatizar as medidas conforme a Figura 4, onde apresenta a tela do programa utilizado.

A figura 4 apresenta a imagem do programa Blender para onde foi transferido as imagens após coleta para o cálculo. Após a realização da varredura 3D, forma-se uma avatar do corpo o qual posteriormente é enviado ao programa Blender, para posterior coleta das



Figura 4-Imagem do programa Blender com modelo

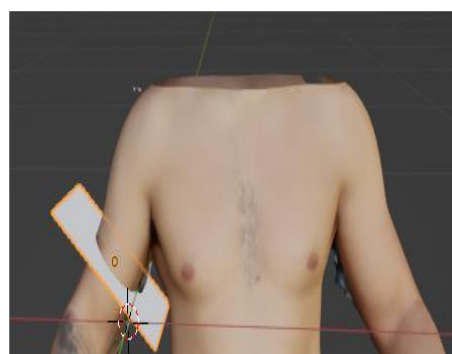


Figura 5- Imagem com plano inserido no local para aferir a medida.



Figura 6- Colocação do plano para realizar medida de circunferência.

medidas, em seguida coloca-se o plano no local marcado figura 5, para realização da medida

da circunferência corporal conforme figura 6, em seguida realizada a medida do local. Após a realização das medidas, todos os dados foram transferidos para uma planilha do programa Excel para realização de comparações e análises.

Análise Estatística

O software R Project1 for Statistical Computing 4.3.1, foi utilizado para a análise de todas as variáveis. Os dados foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e são expressos em média e desvio padrão. A regressão linear múltipla foi utilizada para prever as variáveis da bioimpedância em função das variáveis do scanner. Foi verificado o pressuposto de homocedasticidade. O método de seleção de amostras utilizado foi o Stepwise Backward. O teste t de Student para amostras independentes foram utilizados para comparar as medições de circunferências com fitas e com o Scanner, e entre as variáveis de composição corporal obtidas pelo Scanner, BIA e a fórmula de *Ng et al.*, (2019), construída para a população norte americana a partir de escaneamentos 3D. Foi adotado nível de significância de 5% em todas as análises.

5. RESULTADOS

Dos 105 participantes, 4 foram excluídos por falhas no momento da transferência dos dados do Scanner 3D (Structure), restando 101 (cento e um) participantes, 50 do sexo masculino e 51 do sexo feminino.

A Tabela 1 apresenta as características dos participantes. Os dados foram separados entre homens e mulheres. A composição corporal apresentada refere-se à coletada pela BIA.

Tabela 1- Características dos participantes, separadas por sexo.

	Masculino(N=50)		Feminino (N=51)	
	Média ± DP	IC	Média ± DP	IC
PESO kg	81.6 ± 10.9	78.5 - 84.6	69.7 ± 14.7	65.7 - 73.8
ALTURA cm	173.1 ± 25.6	166.0-180.2	159.4 ± 23.0	163.8 - 160.5
IDADE	32.4 ± 7.9	24.5 - 34.6	36.2 ± 8.7	153.0 - 165.7
IMC	26.3 ± 2.6	25.6 - 27.0	26.7 ± 5.5	25.2 - 28.2
% G (BIA)	20.4 ± 6.6	24.5 -28.2	32.7 ± 9.6	30.1 - 35.6

M. G. (BIA)	17.0 ± 6.8	15.1 -18.9	23.9 ± 11.9	20.7 - 27.2
M. L. G. BIA)	65.4 ± 9.0	62.9 – 67.9	45.8 ± 5.6	44.2 - 47.3

Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal; %G, porcentagem de gordura; M.G, massa gorda; M.L.G, massa livre de gordura, BIA, bioimpedância. Média e (DP)desvio padrão e (IC) intervalo de confiança ambos os sexos.

A Tabela 2 apresenta as características étnicas e de frequência de atividade física dos participantes. Estes dados foram utilizados para o preenchimento da equação de Ng et. al., (2019), cujo resultado foi comparado aos obtidos pela BIA e 3D (structure) coletados em nosso estudo. A maioria dos homens se declararam pardos (46%), e a maioria das mulheres se declararam brancas (41,17%). Para a prática de atividade física, entre os homens, 26% praticam atividade física 5 vezes por semana e, entre as mulheres, 25,49%. Outro fato a destacar é que 14% dos homens e 11,76% das mulheres não praticam nenhuma atividade física semanal.

Tabela 2- Apresenta as características étnicas e de frequência de atividade física dos participantes. Os dados são apresentados separadamente por gênero e porcentagem em ambos sexos.

ETNIA				
	Masc. (N=50)		Fem. (N=51)	
	Nº pessoas	%	Nº pessoas	%
ASIÁTICO	3	6%	3	5,9%
PRETO	4	8%	7	13,7%
PARDO	23	46%	20	39,2%
BRANCO	20	40%	21	41,2%
AT. FÍSICA				
	Masc. (N=50)		Fem. (N=51)	
Nº de dias	Nº pessoas	%	Nº pessoas	%
0	7	14%	6	11,8%
1	2	4%	1	2,0%
2	3	6%	5	9,8%
3	7	14%	13	25,5%
4	10	20%	9	17,6%
5	13	26%	13	25,5%
6	7	14%	2	3,9%
7	1	2%	2	3,9%

As tabelas 3 e 4 mostram as equações de predição de porcentagem de gordura, massa gorda, massa magra e massa livre de gordura a partir do escaneamento 3D (structure), separados por $IMC \leq 25$ (Tabela 3) e $IMC > 25$ (Tabela 4). Para realização da equação foram utilizadas as seguintes variáveis %G, Massa Gorda, Massa Livre de Gordura, Massa Magra. Sendo utilizado para equação os seguintes dados coletados; Altura, Circunferência de quadril, peso, para equação na faixa de $IMC \leq 25$.

Tabela 3- Equações de predição de porcentagem de gordura, massa magra e massa livre de gordura a partir do escaneamento 3D (Structure), para a faixa de $IMC \leq 25$.

IMC $\leq$ 25				
% Gordura (BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	46.92	16.12	2.91	0.007
Altura (cm)	-0.54223	0.06824	-7.95	0.000
C. Quadril (cm) (3D)	0.6534	0.1328	4.92	0.000
M. Gorda (kg) (BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-9.54	10.92	-0.87	0.390
Altura (cm)	-0.18298	0.04623	-3.96	0.000
C. Quadril (cm) (3D)	0.53520	0.08999	5.95	0.000
M. Magra (kg) (BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-8.225	5.451	-1.51	0.141
Peso	0.58097	0.08315	6.99	0.000
M. L. G.				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-22.55	22.08	-1.02	0.315
Peso	0.7912	0.1293	6.12	0.000
Altura (CM)	0.3680	0.1223	3.01	0.005
C. Quadril (cm) (3D)	-0.3921	0.1217	-3.22	0.003

Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal; %Gordura, porcentagem de gordura; M. Gorda, massa gorda; M. Magra, massa magra; M.L.G, massa livre de gordura, BIA, bioimpedância., SE Coef: Erro Padrão do Coeficiente, T: Razão entre o coeficiente e o seu erro padrão; P: Valor de P.

Para realização da equação foram utilizadas as seguintes variáveis %G, Massa Gorda, Massa Livre de Gordura, Massa Magra. Sendo utilizado para equação os seguintes dados coletados; Peso, Circunferência Cintura, Circunferência Quadril, Nível de Atividade para equação na faixa de IMC >25.

Tabela 4- Equações de predição de porcentagem de gordura, massa gorda, massa magra e massa livre de gordura a partir do escaneamento 3D (Structure), para faixa de IMC>25.

IMC > 25				
%Gordura (BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-83.763	8.502	-9.85	0.000
Peso	-0.6674	0.1044	-6.39	0.000
C. Cintura (cm) (3D)	0.4569	0.1435	3.18	0.002
C. Quadril (cm) (3D)	1.12366	0.08937	12.57	0.000
M.Gorda (kg)(BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-90.832	7.315	-12.42	0.000
Peso	-0.24238	0.09018	-2.69	0.009
Nível de Atividade	-0.7460	0.2841	-2.63	0.010
C. Cintura (cm) (3D)	0.3464	0.1237	2.80	0.006
C. Quadril (cm) (3D)	0.94748	0.07465	12.69	0.000
M.Magra (kg)(BIA)				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	52.856	8.942	5.91	0.000
Peso	0.69103	0.07300	9.47	0.000
Nível de Atividade	0.9887	0.4044	2.44	0.017
C. Quadril (cm) (3D)	-0.7041	0.1084	-6.49	0.000
M. L. G.				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	90.996	7.309	12.45	0.000
Peso	1.24605	0.09010	13.83	0.000
Nível de Atividade	0.7391	0.2838	2.60	0.011

C. Cintura (cm) (3D)	-0.3476	0.1236	-2.81	0.006
C. Quadril (cm) (3D)	- 0.95027	0.07458	-12.74	0.000

Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal; %Gordura, porcentagem de gordura; M. Gorda, massa gorda; M. Magra, massa magra; M.L.G, massa livre de gordura, BIA, bioimpedância., SE Coef: Erro Padrão do Coeficiente, T: Razão entre o coeficiente e o seu erro padrão; P: Valor de P.

A tabela 5 apresenta a comparação entre os dados de composição corporal obtidos pelas equações de 3D (Ng), as equações de regressão deste estudo e os resultados obtidos pela Bioimpedância. Importante notar que as fórmulas de regressão desenvolvida neste estudo a partir das informações do escaneamento (3D Structure) foram capazes de prever corretamente todas as variáveis de CC obtidas pela BIA, tanto para homens quanto para mulheres. A fórmula de regressão de Ng et al., (2019), baseada na população norte americana não foi capaz de prever as variáveis % de gordura e massa gorda para homens, enfatizando a necessidade de estudos com a população brasileira. A comparação entre os métodos 3D (Ng), 3D (Structure) e a BIA também é ilustrada no Gráfico 1.

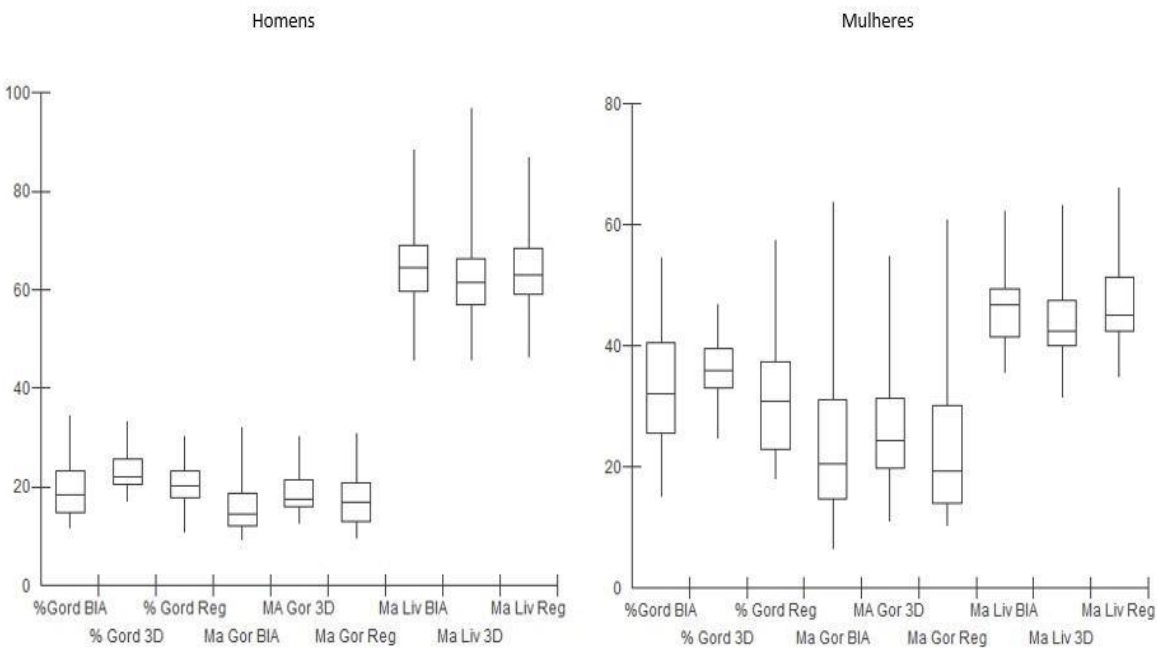
Tabela 5- Comparação entre os resultados de porcentagem de gordura, massa gorda, massa livre de gordura e porcentagem de gordura, obtidos pelas equações de (Ng et al., 2019) e as equações do nosso estudo em relação a bioimpedância.

MASCULINO (N=50)			
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
	BIA	3D Ng	3D (Structure)
% Gordura	19.9 ± 5.9 a	23.4 ± 3.7 b	20.6 ± 4.1 a
M. Gorda	16.4 ± 5.9 a	19.1 ± 4.3 b	17.3 ± 5.0 ab
M. L. G.	65.1 ± 9.5 a	62.8 ± 9.6 a	64.0 ± 8.6 a
FEMININO (N=51)			
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
	BIA	3D Ng	3D (Structure)
% Gordura	32.7 ± 9.7 ab	36.0 ± 4.9 b	31.5 ± 9.6 a
M. Gorda	23.9 ± 12.0	26.1 ± 9.5	23.3 ± 11.5

	a	a	a
M.L. G.	45.8 ± 5.7	44.2 ± 7.0	47.1 ± 6.8
	a	a	a

Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal; %Gordura, porcentagem de gordura; M. Gorda, massa gorda; M. Magra, massa magra; M.L.G, massa livre de gordura, BIA, bioimpedância. Nota: letras semelhantes significam que os dados foram estatisticamente iguais. Letras diferentes significam que os dados foram estatisticamente diferentes. Resultados em média e desvio padrão.

Gráfico 1- Gráfico de ilustração da comparação entre os métodos. BIA, 3D (NG), 3D (Structure).



Abreviaturas: % Gord, porcentagem de gordura; MA Gor 3D, massa gorda 3D (Ng); Ma Liv Reg, massa livre de gordura 3D (Structure). Comparação entre os valores de %G, MG e MLG, adquiridos em exames BIA, 3D (Ng) e 3D (Structure). Homens (esquerda) e mulheres (direita).

A tabela 6 apresenta a comparação entre as medidas de circunferências coletadas pelo Scanner 3D e a Fita Métrica, separados por IMC. Os dados foram estatisticamente diferentes para todas as circunferências, exceto para a circunferência da coxa (amostra total, IMC acima e abaixo ou igual a 25) e cintura (IMC abaixo ou igual a 25).

Tabela 6- medidas de circunferências e comparações entre fita e Scanner 3D em média, desvio padrão e intervalo de confiança e p valor.

Medidas de Circunferência				
Amostra total (N=101)				
Média ± DP	IC	Média ± DP	IC	P-valor
3D (Structure)		Fita		P

C.Cintura (cm)	86.3 ± 10.1	62.0 - 123.0	83.1 ± 10.4	59.0 - 122.0	0.034
C.Quadril (cm)	107.7 ± 10.0	90.0 - 145.0	103.8 ± 8.9	85.0 - 135.0	0.004
C.Braço (cm)	32.8 ± 3.6	25.0 - 45.0	31.1 ± 3.7	23.0 - 45.0	0.001
C.Coxa (cm)	60.9 ± 5.3	49.0 - 80.0	60.7 ± 6.1	49.0 - 88.0	0.844

IMC >25 (n=62)

	3D (Structure)		Fita		P
C.Cintura (cm)	91.5 ± 8.2	75.0 - 123.0	88.3 ± 8.9	71.0 - 122.0	0.040
C.Quadril (cm)	112.2 ± 9.6	97.0 - 145.0	107.9 ± 8.6	91.5 - 135.0	0.001
C. Braço (cm)	34.6 ± 2.9	28.0 - 45.0	32.8 ± 3.0	27.0 - 45.0	0.001
C.Coxa (cm)	63.4 ± 4.7	55.0 - 80.0	63.5 ± 5.6	54.0 - 88.0	0.896

IMC ≤ 25 (n=39)

	3D (Structure)		Fita		P
C.Cintura (cm)	77.9 ± 6.6	62.0 - 90.0	74.9 ± 6.8	59.0 - 90.0	0.057
C.Quadril (cm)	100.4 ± 5.1	90.0 - 112.0	97.3 ± 4.6	85.0 - 105.0	0.006
C.Braço (cm)	29.8 ± 2.6	25.0 - 35.0	28.3 ± 2.9	23.0 - 35.0	0.020
C.Coxa (cm)	56.9 ± 3.5	49.0 - 66.5	56.3 ± 3.8	49.0 - 64.0	0.465

Abreviaturas: C. Cintura, circunferência da cintura; C. Quadril, circunferência do quadril; C. Braço, circunferência do Braço; C. Coxa, circunferência da coxa. Todas as medidas em centímetros. Resultados em média e desvio padrão.

6. DISCUSSÃO

A análise da composição corporal utilizando scanner 3D é um campo promissor, mas requer uma compreensão detalhada das diferenças entre os métodos de avaliação e a validação dos resultados. Esse estudo fornece uma visão abrangente das comparações entre diferentes métodos de avaliação, incluindo scanner 3D, medidas por fita métrica e bioimpedância.

No presente estudo, as fórmulas de predição construídas a partir dos dados coletados pelo scanner 3D foram capazes de prever todas as variáveis de composição corporal, tanto para homens quanto para mulheres, nas diferentes faixas de IMC (abaixo ou igual a 25 e acima de 25).

Bennett et al., (2022) encontrou resultados semelhantes ao comparar um sistema de avaliação da composição corporal 3D com o DXA em 188 voluntários. Nenhuma diferença foi

observada quando estratificada por índice de massa corporal, sexo ou raça/etnia. Foram observadas fortes correlações entre os dois sistemas para as variáveis Massa Livre de Gordura (MLG) e Massa Gorda (MG). O que corrobora com nosso estudo que obteve excelentes resultados para %G, MLG e MG.

Já o estudo de Zheng *et al.*, (2023) – que estimou a composição corporal regional e apendicular através de varredura 3D e relação ao DXA – sugere que as varreduras 3D podem ser usadas para prever a composição corporal e, em particular, a massa magra, para todo o corpo, bem como também para regiões específicas do corpo.

No presente achado, apesar de prever a composição corporal, a massa magra não foi verificada em função de divergências na definição da variável, onde em alguns aparelhos de bioimpedância podem definir Massa Magra como Massa Livre de Gordura, o que causaria confusão na análise dessa variável.

Também (Pleuss *et al.*, 2019), em seu estudo, concluiu que dados de imagem de escaneamento corporal tridimensional oferecem uma riqueza de dados antropométricos humanos que podem ser obtidos de forma rápida e precisa em grandes populações.

Wong *et al.*, (2023) comparou o DXA com o scanner 3D, sendo este altamente sensível na detecção de mudanças na forma do corpo ao longo do tempo. O método 3D foi sensível o suficiente para detectar até mesmo pequenas mudanças na composição corporal durante estudos de intervenção.

Ainda, Bennett *et al.*, (2024) demonstrou que o scanner 3D oferece um método rápido, econômico e acessível de avaliação da composição corporal que pode ser usado amplamente para orientar recomendações de nutrição e exercícios em ambientes atléticos e prática clínica.

Com isso, a presente pesquisa demonstrou que fórmulas de regressão devem ser construídas para populações específicas, conforme foi evidenciado pelas diferenças encontradas para a predição da % G e MG para homens, quando comparamos os resultados da bioimpedância (BIA) com as fórmulas construídas para a população norte americana Ng, *et al.*, (2019). Baseado em nossas buscas em bases de dados, nosso estudo é o primeiro a construir e testar com a BIA uma fórmula de regressão com base na população brasileira. Este estudo pode servir como base para a formulação de um banco de dados específico para a avaliação de composição corporal 3D para a população brasileira.

Um ponto interessante de se notar foi que, diferentemente da população estudada por Ng *et al.*, (2019), as variáveis relacionadas à etnia e à frequência da atividade física não foram significativas, e por isso não entraram em nossa fórmula de regressão.

Este resultado pode sugerir que a população brasileira tenha biotipos com características mais homogêneas e menos influenciadas pela etnia, quando comparado a outras populações menos miscigenadas, como a norte americana. Segundo Bastos e Sabrá (2014) e ABNT (2021), a população brasileira feminina se mostra bastante homogênea, quando comparado à população norte americana. Somados, os biotipos retangular (65%) e triangular (14,3%), representam o 79,3% da variação da população feminina brasileira, enquanto nos EUA representa somente 54,8%. Não foram encontrados dados de comparação para a população masculina.

O mesmo ocorreu no estudo de Bennett *et al.*, (2022) onde nenhuma diferença foi observada quando estratificada por índice de massa corporal, sexo ou raça/etnia, em cinco etnias (negros não hispânicos [NH], brancos NH, hispânicos, asiáticos, nativos havaianos/ilhas do Pacífico).

Outro estudo apresentado por Wong *et al.*, (2024) avaliou a composição corporal em ambientes simulados ou remotos e isolados, onde 3D foi preciso e exato ao estimar a MLG mesmo com redistribuição de fluidos. O braço antártico destacou a viabilidade do 3D em ambientes confinados isolados e o sucesso com treinamento mínimo e remoto. Após estudo e avaliação mais aprofundados em microgravidade, o 3D pode ser uma modalidade de composição corporal adequada para missões espaciais de maior duração, como Lunar e Marte.

Isso mostra que as avaliações utilizando Scanner 3D podem ser aplicados e locais diversos e populações diversas com segurança.

Em outro estudo do mesmo autor Wong *et al.*, (2023), o qual analisou a precisão e exatidão de imagens ópticas tridimensionais para composição corporal por idade, IMC e etnia, produziu estimativas precisas de composição corporal, não havendo diferenças médias para gordura total, livre de gordura, percentual de gordura ou tecido adiposo visceral por faixa etária ($P > 0,068$). No entanto, houve diferenças médias para mulheres abaixo do peso, asiáticas e negras, bem como nativas havaianas ou outras ilhas do Pacífico ($P < 0,038$). Demonstrando com isso que, a etnia não interferiu na análise da composição e tampouco a idade.

Ainda em estudo de Blue *et al.*, (2022), foram avaliados cento e dez indivíduos identificados como asiáticos, afro-americanos/negros, caucasianos/brancos, hispânicos, multirraciais e nativos americanos, concomitantemente pela BIA, DXA e ADP. A etnia não influenciou diretamente os resultados, exceto para os indivíduos afro-americanos/negros, caucasianos/brancos e multirraciais, para a variável porcentagem de gordura.

Com isso, restou demonstrada a importância de se relacionar e estudar grupos de populações étnicas diferentes para análise de composição corporal, assim como neste estudo, em que foram analisados diferentes grupos étnicos da população brasileira.

Com relação às medidas de circunferência por meio de fita métrica, juntamente com a BIA, estas são as formas mais comumente utilizadas para o cálculo da composição corporal em ambiente fora dos laboratórios.

Em nosso estudo, as medidas de circunferência obtidas pela fita se mostraram diferentes quando comparadas às circunferências obtidas a partir do modelo 3D para a circunferência de cintura, quadril e braço e iguais para a circunferência da coxa. A nossa hipótese é de que áreas corporais com circunvoluções ou dobras, como as nádegas ou as costas evidenciam medidas diferentes entre os dois métodos, visto que no 3D é possível acompanhar estas dobras, obtendo a medida real da circunferência. O mesmo não ocorre durante o uso da fita, que não acompanha o contorno natural do corpo humano. Este resultado se manteve tanto para IMCs mais baixos quanto mais altos.

O estudo de Bennett *et al.*, (2022) encontrou valores medidos pelo 3D ligeiramente maiores para a circunferência da cintura e menores para circunferência do quadril em comparação com a antropometria de fita. Ambos métodos apresentaram excelente confiabilidade intra e interavaliadores (ambos $R > 0,99$), o que apoia o uso do 3D para avaliações longitudinais. Tanto a circunferência da cintura quanto a do quadril mostraram pequenas diferenças em indivíduos de diferentes tamanhos e gêneros, o que pode ter origem nas diferentes definições de posicionamento utilizadas pelo sistema 3D em comparação com o protocolo antropométrico NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey, 2013) usado no referido estudo.

No presente estudo, para minizar os erros de medida da fita, foi realizado treinamento ao avaliador antes da coleta e, por sua vez, o mesmo avaliador coletou todas as medidas, além disso, foram colocados marcadores corporais (adesivos) nos locais onde foram tomadas as medidas para posterior comparação com Scanner 3D nos pontos marcados.

Outro fator relevante para o impacto nos resultados do presente estudo, são as práticas de atividades físicas entre os indivíduos analisados, demonstrando, conforme tabela 2, que quanto aos homens, 38% não praticam exercícios físicos ou praticam menos de três vezes por semana, enquanto 62% praticam atividades físicas mais de 3 vezes por semana. A respeito das mulheres, 49,02% praticam atividades física até três vezes por semana e 50,98% praticam atividades físicas mais de três vezes por semana. Desta forma, de toda população pesquisada,

25,76% não praticam nenhuma atividade física, o que pode indicar sinais de sedentarismo na amostra total, tendo em vista que a OMS (Organização Mundial de Saúde) recomenda a prática regular de pelo menos 150 minutos de atividade física por semana, com intensidade moderada, ou 75 minutos por semana com intensidade vigorosa (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Neste caso, visando comparar o método estudado com demais pesquisas, nota-se o estudo de (Beeson *et al.*, 2010), onde foi relatado Coeficiente de Correlação de Pearson (R^2) para homens e mulheres combinados para massa gorda, massa livre de gordura e porcentagem de gordura (R^2 : 0,91, 0,90 e 0,83, respectivamente) ao usar uma unidade de Análise de Impedância Bioelétrica (BIA). Com isso, os fortes resultados de comparação sugerem uma boa estabilidade do modelo preditivo em uma variedade de formas corporais.

É importante ressaltar que, a presente pesquisa teve como amostra uma população saudável, sem quaisquer condições conhecidas que possam alterar a relação entre a forma do corpo 3D e a composição corporal, como sarcopenia, anorexia ou desnutrição. Além disso, a população do estudo foi restrita a adultos, nos quais a forma corporal é relativamente estável ao longo do tempo, pois as crianças sofrem alterações no esqueleto e na forma geral do corpo à medida que crescem e, portanto, o estudo poderia não interpretar com precisão as formas corporais únicas e a dinâmica da forma das crianças.

Importante ressaltar que, para realização da presente pesquisa, os modelos deste estudo foram construídos utilizando um scanner corporal 3D específico (Structor Sensor) e o software Blender para cálculo das variáveis. Outros estudos testaram sistemas comerciais como o Styku (Tinsley *et al.*, 2020), Fit3D (Wong *et al.*, 2023) e Bodygee, sendo que este último não foram encontrados estudos que validaram este modelo Scanner 3D.

É importante reconhecer algumas das limitações dessa pesquisa, onde as amostras são regionais, o que pode não representar toda população brasileira. Outro fato a ser observado é que os participantes não foram separados por faixa de IMC, para análise da composição, o que pode mudar os resultados. Isso tudo traz pouca extrapolação dos resultados para populações estudada em nossa pesquisa, tendo em vista que os achados foram determinantes na análise da composição corporal e obtiveram bons resultados quando comparados com outros estudos.

Outro ponto limitador, consiste no fato de que foram analisadas apenas três variáveis, %G, MG e MLG, as quais puderam ser avaliadas nos três métodos utilizados (BIA, 3D (Ng) e a regressão 3D (Structure). Portanto, futuras pesquisas podem se beneficiar de amostras maiores

e de uma análise mais detalhada das diferenças entre os métodos de avaliação em diferentes grupos populacionais e diferentes faixas de IMC.

Em suma, esse estudo contribui significativamente para o campo da análise da composição corporal, destacando a utilidade do scanner 3D e fornecendo insights valiosos sobre sua precisão e comparação com outros métodos de avaliação. Essas descobertas têm implicações importantes para pesquisas futuras e para a prática clínica na avaliação da composição corporal.

7. CONCLUSÃO

Concluiu-se que, a varredura de superfície 3D é uma ferramenta altamente promissora para a análise da composição corporal e antropometria clínica em adultos.

Esta abordagem oferece uma maneira acessível e eficiente de medir rapidamente o corpo, além de permitir uma análise detalhada da composição corporal tanto global quanto regionalmente.

Ainda, devido ao seu baixo custo, alta precisão e ausência de radiação ionizante, a varredura de superfície 3D se destaca como uma opção ideal para monitoramento longitudinal da saúde metabólica no ambiente clínico.

Por isso, este estudo destaca a viabilidade da ampla aplicação clínica da tecnologia de varredura 3D para estimar a composição corporal em uma variedade de tipos corporais.

A análise de regressão linear utilizada na presente pesquisa mostrou resultados satisfatórios ao comparar o modelo de predição com base na topografia 3D da superfície corporal.

Foi verificado que as medidas de circunferência obtidas por meio da varredura de superfície 3D apresentaram boa acurácia em algumas medidas, e quando estratificado por faixa de IMC, os resultados mostraram ser melhores. Cabe ressaltar que futuras pesquisas podem explorar e comparar outras características do corpo e estratificar os grupos por IMC, Idade, Sexo.

Ainda, estudos longitudinais adicionais são necessários para aprofundar nosso entendimento sobre as relações entre a forma e a composição corporal em diversos grupos demográficos, como sexo, índice de massa corporal, idade e etnia, assim como em populações com condições metabólicas ou composição corporal atípica.

Finalmente, com base nas investigações conduzidas neste estudo, é o pioneiro na elaboração e teste de uma fórmula de regressão utilizando BIA voltada para a população brasileira. Este trabalho pode estabelecer os fundamentos para o desenvolvimento de um banco de dados dedicado à avaliação da composição corporal em 3D para esse grupo específico de indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16933: Vestuário – Referenciais de medidas do corpo humano - Vestibilidade para mulheres - Biótipos retângulo e colher. Rio de Janeiro: SEBRAE, 2021. 34 p.
2. Bastos, S. F.; Sabrá, F. A forma do corpo da mulher brasileira. In: 5th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning Technologies. Lugano/Switzerland, 2014.
3. Beeson WL, Batech M, Schultz E, Salto L, Firek A, Deleon M, Balcazar H, Cordero-Macintyre Z. Comparison of body composition by bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in Hispanic diabetics. *Int J Body Compos Res.* 2010;8(2):45-50. PMID: 21318088; PMCID: PMC3036537.
4. Bennett JP, Cataldi D, Liu YE, Kelly NN, Quon BK, Schoeller DA, Kelly T, Heymsfield SB, Shepherd JA. Development and validation of a rapid multicompartiment body composition model using 3-dimensional optical imaging and bioelectrical impedance analysis. *Clin Nutr.* 2024 Feb;43(2):346-356. doi: 10.1016/j.clnu.2023.12.009. Epub 2023 Dec 14. PMID: 38142479.
5. Bennett JP, Liu YE, Quon BK, Kelly NN, Wong MC, Kennedy SF, Chow DC, Garber AK, Weiss EJ, Heymsfield SB, Shepherd JA. Assessment of clinical measures of total and regional body composition from a commercial 3-dimensional optical body scanner. *Clin Nutr.* 2022 Jan; 41(1):211-218. doi: 10.1016/j.clnu.2021.11.031. Epub 2021 Dec 7. PMID: 34915272; PMCID: PMC8727542.
6. Black DM. DXA Imaging in Nontypical Populations. *Radiol Technol.* 2018 Mar;89(4):371-387. PMID: 29691347.
7. Blue MNM, Hirsch KR, Brewer GJ, Cabre HE, Gould LM, Tinsley GM, Ng BK, Ryan ED, Padua D, Smith-Ryan AE. The validation of contemporary body composition methods in various races and ethnicities. *Br J Nutr.* 2022 Feb 3:1-11. doi: 10.1017/S0007114522000368. Epub ahead of print. PMID: 35109945.
8. Borga M, West J, Bell JD, et al. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *J Investig Med.* 2018;66:1-9.
9. Buscariolo FF, Catalani MC, Dias LCGD, Navarro AM. Comparação entre os métodos de bioimpedância e antropometria para avaliação da gordura corporal em atletas de futebol feminino de Botuca TU/SP. *Revista Simbio-Logias* 2008;1:122-9.

10. Chaves LGCM, Gonçalves TJM, Bitencourt AGV, Rstom RA, Pereira TR, Velludo SF. Assessment of body composition by whole-body densitometry: what radiologists should know. *Radiol Bras.* 2022 Sep-Oct;55(5):305-311. doi: 10.1590/0100-3984.2021.0155-en. PMID: 36320374; PMCID: PMC9620846.
11. Chen LW, Tint MT, Fortier MV, Aris IM, Shek LP, Tan KH, Rajadurai VS, Gluckman PD, Chong YS, Godfrey KM, Kramer MS, Henry CJ, Yap F, Lee YS. Body composition measurement in young children using quantitative magnetic resonance: a comparison with air displacement plethysmography. *Pediatr Obes.* 2018 Jun;13(6):365-373. doi: 10.1111/ijpo.12250. Epub 2017 Oct 12. PMID: 29024557; PMCID: PMC5805128.
12. Control CfD, Prevention. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) Anthropometry Procedures Manual. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention; 2013.
13. Costa R (2001). Composição corporal - Teoria e Prática da Avaliação. Editora Manole.
14. Deurenberg P, van der Kooij K, Evers P, Hulshof T. Avaliação da composição corporal por impedância bioelétrica em uma população com idade superior a 60 anos. *Sou J Clin Nutr.* Janeiro de 1990;51(1):3-6. doi: 10.1093/ajcn/51.1.3. PMID: 2296928.
15. Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? *Sports Med.* 1991 May;11(5):277-88. doi: 10.2165/00007256-199111050-00001. PMID: 2068434.
16. Eickemberg M, Oliveira CC de, Anna Karla Carneiro R, Sampaio LR. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. *Rev Nutr* [Internet]. 2011Nov;24(6):883–93. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000600009>.
17. Garrow, JS Três limitações do índice de massa corporal. *Amer. J.clin. Nutr.*, 47 :553, 1988.
18. Glock, F., Vogel, M., Naumann, S. et al. Validade e confiabilidade intraobservador da varredura tridimensional comparada com a antropometria convencional para crianças e adolescentes de um estudo de coorte de base populacional. *Pediatr Res* 81 , 736–744 (2017). <https://doi.org/10.1038/pr.2016.274>
19. Guarnieri Lopez M, Matthes KL, Sob C, Bender N, Staub K. Associations between 3D surface scanner derived anthropometric measurements and body composition in a cross-sectional study. *Eur J Clin Nutr.* 2023 Oct;77(10):972-981. doi: 10.1038/s41430-023-01309-4. Epub 2023 Jul 21. PMID: 37479806; PMCID: PMC10564621.

20. Guedes, D. P. Clinical procedures used for analysis of the body composition. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, v. 15, n. 1, p. 113-129, 2013.
21. Guedes, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. Manual prático para avaliação em educação física. Barueri: Manole, 2006.
22. Heymsfield SB, Bourgeois B, Ng BK, Sommer MJ, Li X, Shepherd JA. Digital anthropometry: a critical review. *Eur J Clin Nutr* 2018; 72:680e7.
23. https://nl.inbody.com/wpcontent/uploads/2019/01/InBodyS10_CDmanual_Eng_E.pdf, acessado em 08.02.2023 as 22h56min.
24. IBGE. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101709_informativo.pdf, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 04/06/2024.
25. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Equações generalizadas para prever a densidade corporal de homens. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.
26. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Equações generalizadas para prever a densidade corporal de mulheres. *Exercício Med Sci Sports* 1980;12:175-82.
27. Khan K, et al. Physical activity and bone health. Champaign: Human Kinetics. 2001; 276p.
28. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C; Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004 Oct;23(5):1226-43. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004. PMID: 15380917.
29. Lohman, T. G.; Roche, A. F.; Martorell, R. Anthropometric Standardization Reference Manual. Illinois: Human Kinetics Books, 1988.
30. Lopes, W. A., Leite, N., Silva, L. R. da ., Consentino, C. L. M., Coutinho, P., Radominski, R. B., & Cavaglieri, C. R.. (2015). Comparação de três equações para predição da gordura corporal por bioimpedância em jovens obesas. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 21(4), 266–270. <https://doi.org/10.1590/1517-869220152104146763>.
31. Lu Y, Hahn JK, Zhang X. 3D Shape-Based Body Composition Inference Model Using a Bayesian Network. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2020 Jan;24(1):205-213. doi: 10.1109/JBHI.2019.2903190. Epub 2019 Mar 5. PMID: 30843854; PMCID: PMC6728241.

32. Lu Y, McQuade S, Hahn JK. 3D Shape-based Body Composition Prediction Model Using Machine Learning. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2018 Jul;2018:3999-4002. doi: 10.1109/EMBC.2018.8513261. PMID: 30441235; PMCID: PMC6538417.
33. McArdle, William D. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch; traduzido por Giuseppe Taranto. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
34. Mourtzakis M, Prado CM, Lieffers JR, et al. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008; 33:997-1006.
35. Nahas, Markus Vinícius. *Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo*. 5. ed., rev. e atual. Londrina: Midiograf, 2010. 318 p.
36. Ng BK, Hinton BJ, Fan B, Kanaya AM, Shepherd JA. Clinical anthropometrics and body composition from 3D whole-body surface scans. *Eur J Clin Nutr*. 2016 Nov;70(11):1265-1270. doi: 10.1038/ejcn.2016.109. Epub 2016 Jun 22. Erratum in: *Eur J Clin Nutr*. 2021 Mar;75(3):574. PMID: 27329614; PMCID: PMC5466169.
37. Ng BK, Sommer MJ, Wong MC, Pagano I, Nie Y, Fan B, Kennedy S, Bourgeois B, Kelly N, Liu YE, Hwaung P, Garber AK, Chow D, Vaisse C, Curless B, Heymsfield SB, Shepherd JA. Detailed 3-dimensional body shape features predict body composition, blood metabolites, and functional strength: the Shape Up! studies. *Am J Clin Nutr*. 2019 Dec 1;110(6):1316-1326. doi: 10.1093/ajcn/nqz218. PMID: 31553429; PMCID: PMC6885475.
38. Pelegrini A, Silva DA, Silva JM, Grigollo L, Petroski EL. Indicadores antropométricos de obesidade na predição de gordura corporal elevada em adolescentes [Anthropometric indicators of obesity in the prediction of high body fat in adolescents]. *Rev Paul Pediatr*. 2015 Jan-Mar;33(1):56-62. doi: 10.1016/j.rpped.2014.06.007. Epub 2015 Jan 31. PMID: 25649384; PMCID: PMC4436957.
39. Petroski E.L., Pires Neto C.S. Análise do peso hidrostático nas posições sentada e grupada em homens e mulheres. *Kinesis*; 10:49-62. 1992.
40. Pleuss JD, Talty K, Morse S, Kuiper P, Scioletti M, Heymsfield SB, Thomas DM. A machine learning approach relating 3D body scans to body composition in humans. *Eur*

- J Clin Nutr. 2019 Feb; 73(2):200-208. doi: 10.1038/s41430-018-0337-1. Epub 2018 Oct 12. PMID: 30315314; PMCID: PMC8108117.
41. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, et al. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol* (1985) 2004;97 : 2333-8.
 42. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, Gallagher D, St-Onge MP, Albu J, Heymsfield SB, Heshka S. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Dec;97(6):2333-8. doi: 10.1152/japplphysiol.00744.2004. Epub 2004 Aug 13. PMID: 15310748.
 43. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988 Oct;60(5):709-23. PMID: 3224965.
 44. Sobhiyeh S, Borel N, Dechenaud M, Graham CA, Wong M, Wolenski P, Shepherd J, Heymsfield SB. Fully Automated Pipeline for Body Composition Estimation from 3D Optical Scans using Principal Component Analysis: A Shape Up Study. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020 Jul; 2020:1853-1858. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175211. PMID: 33018361; PMCID: PMC9566604.
 45. Tian I, Liu J, Wong M, Kelly N, Liu Y, Garber A, Heymsfield S, Curless B, Shepherd J. 3D Convolutional Deep Learning for Nonlinear Estimation of Body Composition from Whole-Body Morphology. *Res Sq [Preprint]*. 2024 Feb 13:rs.3.rs-3935042. doi: 10.21203/rs.3.rs-3935042/v1. PMID: 38410459; PMCID: PMC10896405.
 46. Tian IY, Wong MC, Kennedy S, Kelly NN, Liu YE, Garber AK, Heymsfield SB, Curless B, Shepherd JA. A device-agnostic shape model for automated body composition estimates from 3D optical scans. *Med Phys.* 2022 Oct;49(10):6395-6409. doi: 10.1002/mp.15843. Epub 2022 Jul 22. PMID: 35837761; PMCID: PMC9990507.
 47. Tian IY, Wong MC, Nguyen WM, Kennedy S, McCarthy C, Kelly NN, Liu YE, Garber AK, Heymsfield SB, Curless B, Shepherd JA. Automated body composition estimation from device-agnostic 3D optical scans in pediatric populations. *Clin Nutr.* 2023 Sep;42(9):1619-1630. doi: 10.1016/j.clnu.2023.07.012. Epub 2023 Jul 18. PMID: 37481870; PMCID: PMC10528749.
 48. Tinsley GM, Moore ML, Dellinger JR, Adamson BT, Benavides ML. Digital anthropometry via three-dimensional optical scanning: evaluation of four commercially available systems. *Eur J Clin Nutr* 2019.

49. Tokunaga, k.; matsuzawa, y.; ishikawa, k.; tarui, S. A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. *International journal of obesity*, n. 5, p. 437-45, 1983.
50. Wang, m.; Wu, w.; Lin, k.; Yang, s.; Lu, j. Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 32, n. 1-2, p. 109-115, 2007.
51. Wong MC, Bennett JP, Leong LT, Liu YE, Kelly NN, Cherry J, Kloza K, Li B, Iuliano S, Sibonga J, Sawyer A, Ayton J, Shepherd JA. Evaluation of body shape as a human body composition assessment in isolated conditions and remote environments. *NPJ Microgravity*. 2024 Jun 24;10(1):72. doi: 10.1038/s41526-024-00412-5. PMID: 38914554; PMCID: PMC11196706.
52. Wong MC, Bennett JP, Leong LT, Tian IY, Liu YE, Kelly NN, McCarthy C, Wong JMW, Ebbeling CB, Ludwig DS, Irving BA, Scott MC, Stampely J, Davis B, Johannsen N, Matthews R, Vincellette C, Garber AK, Maskarinec G, Weiss E, Rood J, Varanoske AN, Pasiakos SM, Heymsfield SB, Shepherd JA. Monitoring body composition change for intervention studies with advancing 3D optical imaging technology in comparison to dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr*. 2023 Apr; 117(4):802-813. doi: 10.1016/j.ajcnut.2023.02.006. Epub 2023 Feb 14. PMID: 36796647; PMCID: PMC10315406.
53. Wong MC, Bennett JP, Quon B, Leong LT, Tian IY, Liu YE, Kelly NN, McCarthy C, Chow D, Pujades S, Garber AK, Maskarinec G, Heymsfield SB, Shepherd JA. Accuracy and Precision of 3-dimensional Optical Imaging for Body Composition by Age, BMI, and Ethnicity. *Am J Clin Nutr*. 2023 Sep;118(3):657-671. doi: 10.1016/j.ajcnut.2023.07.010. Epub 2023 Jul 19. PMID: 37474106; PMCID: PMC10517211.
54. Wong MC, Ng BK, Kennedy SF, Hwaung P, Liu EY, Kelly NN, Pagano IS, Garber AK, Chow DC, Heymsfield SB, Shepherd JA. Children and Adolescents' Anthropometrics Body Composition from 3-D Optical Surface Scans. *Obesity (Silver Spring)*. 2019 Nov;27(11):1738-1749. doi: 10.1002/oby.22637. PMID: 31689009; PMCID: PMC7883773.
55. Wong MC, Ng BK, Tian I, Sobhiyeh S, Pagano I, Dechenaud M, Kennedy SF, Liu YE, Kelly NN, Chow D, Garber AK, Maskarinec G, Pujades S, Black MJ, Curless B, Heymsfield SB, Shepherd JA. A pose-independent method for accurate and precise

- body composition from 3D optical scans. *Obesity* (Silver Spring). 2021 Nov;29(11):1835-1847. doi: 10.1002/oby.23256. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34549543; PMCID: PMC8570991.
56. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO, 2010.
57. Zheng Y, Long Z, Zhang X, Hahn JK. 3D Body shape for regional and appendicular body composition estimation. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng*. 2023 Feb;12464:124642C. doi: 10.1117/12.2653964. Epub 2023 Apr 3. PMID: 37456532; PMCID: PMC10348601.

ANEXO 1

FICHA DE AVALIAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO

Nome:
Data de Nascimento: Sexo: M () F ()
E-mail:
Telefone:
Data da Avaliação:
Etnia:
Nível de Atividade Física (semanal):

MEDIDAS

	Medidas de Fita	Medidas Scanner	Medidas Bioimpedância
Peso:	-	-	-
Altura:	-	-	-
IMC:	-	-	-
Circunferência Braço Direito			
Circunferência do Quadril			
Circunferência da Cintura			
Circunferência da Coxa			

