



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENDOCRINOLOGIA

João Felipe Valle Machado

**Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC
para estimar a composição corporal e a taxa metabólica
de mulheres com obesidade grau III**

Rio de Janeiro
2023

João Felipe Valle Machado

Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC
para estimar a composição corporal e a taxa metabólica
de mulheres com obesidade grau III

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Endocrinologia, Faculdade de Medicina, da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como requisito parcial à obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Orientadores:

Flávia Lúcia Conceição

Valéria Bender Bráulio

José Fernandes Filho

Rio de Janeiro
2023

Ficha Catalográfica

Machado, João Felipe Valle

Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III. / João Felipe Valle Machado. – Rio de Janeiro: UFRJ / Centro de Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, 2023.

139 f.: il.; 31 cm.

Orientadores: Flávia Lúcia Conceição, Valéria Bender Bráulio e José Fernandes Filho.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação Endocrinologia, 2023.

João Felipe Valle Machado

Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC
para estimar a composição corporal e a taxa metabólica
de mulheres com obesidade grau III

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Endocrinologia, Faculdade de Medicina, da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como requisito parcial à obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Aprovada em: 23/03/2023

Presidente, Prof. Miguel Madeira, doutor, UFRJ

Prof. João Régis Ivar Carneiro, doutor, UFRJ

Prof. Marcus Vinícius Leitão de Souza, doutor, UFRJ

Prof^a. Paula Roquetti Fernandes, doutora, UNILOGOS

Prof. Paulo Eduardo Carnaval Pereira da Rocha, doutor, FIS

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Wilson e Mirian, *in memoriam*, por tudo que me ensinaram e incentivaram para seguir em frente buscando sempre fazer o melhor possível.

Ao meu irmão Wilson Thadeu, por todo apoio e amizade por todos esses anos.

À minha esposa Paula, por todo apoio, incentivo e compreensão em todos os momentos.

Aos meus orientadores, professores: Dra. Flávia Lúcia Conceição, por todo aprendizado, colaboração e confiança na realização desse projeto; Dra. Valéria Bender Bráulio, por todo aprendizado, colaboração e confiança na realização desse projeto; e Dr. José Fernandes Filho, por todo aprendizado, colaboração, amizade e confiança na realização desse projeto.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Endocrinologia da Faculdade de Medicina, ao Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, ao Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica (PROCIBA), ao corpo Docente, a todos os Funcionários e as pacientes que contribuíram para a realização desse estudo.

Aos professores Dr. Miguel Madeira, Dr. João Régis Ivar Carneiro, Dr. Marcus Leitão, Dra. Paula Roquetti Fernandes, Dr. Paulo Eduardo Carnaval, Dra. Glaecir Dias e Dra. Valéria Furtado por aceitarem fazer parte da minha banca de doutorado, por suas sugestões e colaborações para este estudo.

Às secretárias Vera Lúcia, do Labonutro; Sônia, da secretaria da Pós-Graduação; e Rose, da secretaria do Curso de Doutorado, por toda ajuda e dedicação para resolver os problemas burocráticos sempre com muita educação e competência.

À Fundação Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de Doutorado concedida.

A todos amigos que de qualquer forma colaboraram com este estudo.

RESUMO

Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Endocrinologia, Faculdade de Medicina, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Introdução: Embora a obesidade seja considerada a mais prevalente desordem nutricional, a literatura científica carece de modelos preditivos de características antropométricas e atividade metabólica para a condição de obesidade grau III.

Objetivo: Desenvolver e validar equações para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III, por meio da utilização do índice de massa corporal (IMC) como variável preditiva, testando a aplicação de normalização das variáveis pela estatura.

Materiais e Métodos: O estudo teve delineamento transversal, avaliando 104 pacientes atendidas no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A validação se baseou em comparações de dois subgrupos – Grupo Equação (GE) e Grupo Validação (GV). A massa de gordura corporal, massa muscular esquelética, massa livre de gordura, água corporal total e taxa metabólica foram obtidas por bioimpedância elétrica.

Resultados: Equações polinomiais tiveram melhores ajustes e não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre resultados medidos e calculados. Uma normalização pela estatura melhorou os coeficientes de determinação ($r^2 = 0,51$ a $0,94$), o viés de tendência e a acurácia, exceto para o percentual de gordura corporal (PGC).

Conclusão: A composição corporal e a taxa metabólica podem ser estimadas pelas novas equações, exceto para PGC, enquanto índices normalizados permitiram melhor predição. Sem a normalização, existe a ressalva de que valores extremos apresentaram maior viés de tendência. Estas equações tornam-se relevantes, em

particular para regiões onde não se tem disponibilidade de equipamentos de custo mais elevado, proporcionando acessibilidade ao tratamento, com baixíssimo custo.

Palavras-chave: Obesidade Grau III (Severa), Índice de Massa Corporal (IMC), Composição Corporal, Taxa metabólica (TM), Bioimpedância, Equações – métodos.

ABSTRACT

Development and validation of equations based on BMI to estimate body composition and metabolic rate of women presenting grade III obesity

Abstract da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Endocrinologia, Faculdade de Medicina, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Introduction: Although obesity is considered as the most important nutritional disorder, the scientific literature lacks information on predictive models of anthropometric characteristics and metabolic activity for the grade III obesity condition.

Objective: This study aimed to develop and validate predictive equations to estimate body composition and metabolic rate in women with grade III obesity, using the body mass index (BMI) as a predictive variable.

Materials and Methods: The study had a cross-sectional design, evaluating 104 patients of the Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF)/ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Validation was based on comparisons of two subgroups – Equation Group (EG) and Validation Group (GV). Body fat mass, skeletal muscle mass, fat-free mass, total body water and metabolic rate were obtained by bioelectrical impedance.

Results: Polynomial equations had better fits and there were no significant differences ($p < 0.05$) between results measured and calculated. Results normalized by height showed higher coefficients of determination ($r^2 = 0.51$ a 0.94) and did not present proportion bias, except for the percentage of body fat (BFP).

Conclusion: Body composition and metabolic rate can be estimated by the new equations, except for BFP, while normalized indices allowed better prediction. Without normalization, there is the caveat that extreme values showed greater trend bias.

These equations become relevant, particularly for regions where higher cost equipment is not available, providing access to treatment at a very low cost.

Key words: Obesity Class III (Severe), Body Mass Index (BMI), Body Composition, Basal Metabolic Rate (BMR), Bioimpedance, Equations – methods.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estadiômetro Sanny® modelo Standard. Fonte: Laboratório de Biociência do Movimento Humano – LABIMH, HUCFF - UFRJ.....	43
Figura 2. Balança de bioimpedância InBody® 230. Fonte: Laboratório de Biociência do Movimento Humano – LABIMH, HUCFF - UFRJ.....	43
Figura 3. Regressão do percentual de gordura corporal medido pela bioimpedância (PGCmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IPGCmed) em função do IMC.....	53
Figura 4. Regressão da massa de gordura corporal obtida pela bioimpedância (MGCmed) seu índice pelo quadrado da estatura (IMGCmed) em função do IMC.....	54
Figura 5. Regressão da massa muscular esquelética obtida pela bioimpedância (MMEmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IMMEmed) em função do IMC.....	54
Figura 6. Regressão da massa livre de gordura obtida pela bioimpedância (MLGmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IMLGmed) em função do IMC.....	55
Figura 7. Regressão da água corporal total obtida pela bioimpedância (ACTmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IACTmed) em função do IMC.....	55
Figura 8. Regressão da taxa metabólica obtida pela bioimpedância (TMmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (ITMmed) em função do IMC.....	56
Figura 9. Comparação entre resultados medidos (MED) e calculados a partir de modelos de regressão (CALC), para parâmetros de composição corporal (N = 42). Medianas (quadrado preto), percentis de 25% e 75% (caixas), desvios-padrões (barras de erro) e outliers (círculos brancos) são apresentados.....	56
Figura 10. Comparação entre resultados medidos (MED) e calculados a partir de modelos de regressão (CALC), para taxa metabólica e índice da taxa metabólica (N = 42). Medianas (quadrado preto), percentis de 25% e 75%	

(caixas), desvios-padrões (barras de erro) e outliers (círculos brancos) são apresentados.....	57
Figura 11. Gráficos de Bland-Altman relativos a cada parâmetro de composição corporal avaliado.....	58
Figura 12. Gráficos de Bland-Altman relativos à taxa metabólica avaliada.....	59

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Classificação dos métodos de avaliação da composição corporal.....	24
Tabela 2. Classificação dos métodos de avaliação do gasto energético.....	30
Tabela 3. Comparação dos quantitativos de estudos que utilizaram diferentes equações preditivas de TM para avaliar indivíduos com obesidade, conforme a revisão de Macena <i>et al.</i> (2022)	34
Tabela 4. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o total de pacientes avaliadas	49
Tabela 5. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o grupo utilizado para gerar as equações preditivas (grupo GE)	50
Tabela 6. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o grupo utilizado para validar as equações preditivas (grupo GV)	51
Tabela 7. Equações preditivas derivadas do grupo GE (n = 62). São mostrados o coeficiente de determinação (r^2), o erro padrão da estimativa (EPE) e o quanto por cento EPE em relação aos valores medidos (%EPE)	52
Tabela 8. Resumo dos valores de calculados por diferentes equações, viés de tendência (médias \pm desvios padrão das diferenças entre valores calculados e valores medidos) e acurácia da previsão (porcentagem de resultados dentro de diferenças de $\pm 10\%$ em relação aos valores medidos). de Bland-Altman (Figuras 11 e 12)	59
Tabela 9. Regressões lineares simples relativas às diferenças entre dados medidos e calculados pelas equações preditivas em função da média entre estes dados medidos e calculados, conforme mostrado nos gráficos de Bland-Altman. Resultados significativos ($p < 0,05$) estão destacados por valores p em negrito	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTcal = Água corporal total calculada

ACTmed = Água corporal total medida

ASBS = *American Society for Bariatric Surgery* - Sociedade Americana de Cirurgia Bariátrica

ATP= Adenosina trifosfato

BIA = Bioimpedância elétrica

CEP = Comitê de Ética em Pesquisa

CMO = Conteúdo mineral ósseo

DEXA = Densitometria de dupla energia

EPE = Erro padrão da estimativa

FAO = *Food Agriculture Organization* - Organização de Agricultura Alimentar

GER = Gasto energético em repouso

HUCFF = Hospital Universitário Clementino Fraga Filho

IACTcal = Índice de água corporal total calculado

IACTmed = Índice de água corporal total medido

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMC = Índice de massa corporal

IMGCcal = Índice de massa de gordura corporal calculado

IMGCmed = Índice de massa de gordura corporal medido

IMLGcal = Índice de massa livre de gordura calculado

IMLGmed = Índice de massa livre de gordura medido

IMMEcal = Índice de massa muscular esquelética calculado

IMMEmed = Índice de massa muscular esquelética medido

IPGCcal = Índice de percentual de gordura calculado

IPGCmed = Índice de percentual de gordura medido

ITMcal = Índice de taxa metabólica calculado

ITMmed = Índice de taxa metabólica medido

LABIMH = Laboratório de Biociência do Movimento Humano

MC = Massa corporal

MGCcal = Massa de gordura corporal calculada

MGCmed = Massa de gordura corporal medida

MLGcal = Massa livre de gordura calculada

MLGmed = Massa livre de gordura medida

MMEcal = Massa muscular esquelética calculada

MMEmed = Massa muscular esquelética medida

OMS = Organização Mundial da Saúde

PGCcal = Percentual de gordura calculado

PGCmed = Percentual de gordura medido

PROCIBA = Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica

SUS = Sistema Única de Saúde

TMcal = Taxa metabólica calculada

TMmed = Taxa metabólica medida

UFRJ = Universidade Federal do Rio de Janeiro

VIGITEL = Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

VCO₂ = Volume de dióxido de carbono produzido

VO₂ = Volume de oxigênio utilizado

WHO = *World Health Organization* - Organização Mundial de Saúde

SUMÁRIO

	Pág.
1. Introdução	16
2. Revisão bibliográfica	21
2.1. Obesidade	21
2.2. Composição corporal e equações preditivas	22
2.3. Taxa metabólica e equações preditivas	27
3. Justificativa	35
4. Objetivos	38
4.1. Objetivo geral	38
4.2. Objetivos específicos	38
5. Métodos	39
5.1. Delineamento do estudo	39
5.2. Caracterização da amostra	39
5.2.1. Recrutamento.....	39
5.2.2. Critérios de inclusão.....	40
5.2.3. Critérios de exclusão.....	40
5.3. Aspectos éticos	41
5.4. Protocolos de estudo	41
5.4.1. Avaliação da composição corporal	42
5.4.1.1. Avaliação da estatura.....	42
5.4.1.2. Avaliação por Bioimpedância.....	43
5.5. Desenvolvimento do estudo	45
5.6. Análise estatística	45
5.7. Limitações e delimitações do estudo	47
6. Resultados	48
6.1. Composição corporal e taxas metabólicas	48
6.2. Equações preditivas e validação	52
7. Discussão	61
8. Conclusões	72
9. Referências bibliográficas	73
10. Anexos	87

10.1. Anexo I – Parecer do Comitê de Ética	87
10.2. Anexo II – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	89
10.3. Anexo III – Preparação e recomendações para avaliação do Bioimpedância.....	92
10.4. Anexo IV – Ficha de avaliação da Bioimpedância.....	93
10.5. Anexo V – Artigo 1: Equations based on BMI for body composition estimations of women presenting grade III obesity	94
10.6. Anexo VI – Artigo 2: Developing equations to estimate the metabolic rate of women presenting grade III obesity.....	123

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada uma doença crônica, que resulta de um período de acúmulo de comportamentos de risco, não sendo uma condição adquirida de forma imediata. A esta patologia estão associados distúrbios endócrinos, metabólicos e cardiovasculares, entre os quais se destacam o diabetes mellitus do tipo 2, as dislipidemias e a hipertensão arterial (MARTINEZ, 2000). Todos estes distúrbios, que fazem parte da síndrome metabólica, são importantes fatores de risco de doença cardiovascular (MAKNI *et al.*, 2012; CHEN; BERENSON, 2007), assim como a inatividade física (GRUNDY *et al.*, 2005).

Desde 1975, a obesidade mais do que triplicou no mundo, sendo declarada, em 1997, uma pandemia e reconhecida como um dos principais problemas de saúde mundial (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021; HUBÁČEK *et al.*, 2011). Atualmente a maior parte da população mundial vive em países onde o sobrepeso e a obesidade matam mais pessoas do que a desnutrição (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Para a classificação quantitativa da obesidade, utiliza-se o índice de massa corporal (IMC), proposto por Quetelet, em 1835 (QUETELET, 1842), que é expresso pela massa corporal do indivíduo em quilogramas, dividida pelo quadrado de sua estatura em metros. Com base neste índice, a OMS define três níveis quanto à gravidade da obesidade em relação ao risco para saúde: obesidade Grau I, com valores de IMC entre 30 e 34,9 Kg/m²; Grau II, com valores de IMC entre 35 e 39,9 Kg/m²; e Grau III (severa), com valores de IMC superiores a 40 Kg/m². Além disso, em 1997, a *American Society for Bariatric Surgery* (ASBS - Sociedade Americana de Cirurgia Bariátrica) adicionou a esta classificação mais dois níveis com o fim de adaptá-la à população gravemente obesa: super obesidade, com valores de IMC entre 50-60 Kg/m², e super/super obesidade, com IMC superior a 60 Kg/m² (RENQUIST, 1997).

O termo obesidade “mórbida” (grau III) foi criado por Payne *et al.* em 1963 para caracterizar o potencial de complicações decorrentes da obesidade, embora este termo tenha atualmente caído em desuso. Eles concluíram que o excesso de massa corporal não é uma condição inócua, mas também é uma importante causa de doenças, evitável e tratável (PAYNE; DEWIND; COMMONS, 1996).

Este é um problema de saúde pública que, vem crescendo continuamente em diversos países e deve ser encarado como doença grave, que gera profundas sequelas de ordem física, emocional, econômica e social.

Há mais de 40 anos, foi identificado que a obesidade neste extremo está associada a uma grande diminuição da expectativa de vida (VAN ITALLIE, 1980). Desde aquela época, existe preocupação sobre a relação entre grau de gravidade da obesidade e expectativa de saúde. Ao longo do tempo, com o crescente aumento da obesidade (em especial quando o IMC \geq 40,0 Kg/m²), vem sendo confirmada que a sua associação com comorbidades tem influência direta no bem-estar físico, emocional e psicossocial, com impacto significativo sobre o declínio da qualidade de vida (TAVARES; NUNES; SANTOS, 2010).

Nos indivíduos com obesidade grau III, fatores hereditários, nutricionais e ambientais contribuem para o desencadeamento da obesidade, sendo que alguns fatores parecem ter maior importância que outros, como a história familiar e a idade no início da obesidade (VASCONCELOS; DIAS; DIAS, 2008). Sabe-se que a obesidade grau III é uma doença de difícil tratamento clínico pela necessidade de continuidade das mudanças comportamentais e de hábitos de vida em longo prazo (VASCONCELOS; DIAS; DIAS, 2008).

O Brasil se enquadra entre os países de maior preocupação quanto ao aumento da obesidade na população registrada nos últimos anos e projetadas para os próximos anos (ESTIVALETI *et al.*, 2022; ROMERO; ZANESCO, 2006). Dados divulgados no Brasil pela Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 (POF), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicaram que o percentual de obesos (IMC \geq 30 Kg/m²) apresentou valores de 12,5% entre os homens e 16,9% entre as mulheres (IBGE, 2010). Mais recentemente, Estivaleti *et al.* (2022) concluíram que o excesso de peso, obesidade e obesidade classes II e III aumentaram entre 2006 e 2019 no país, sendo que a prevalência projetada de obesidade pode atingir 3 em cada 10 adultos brasileiros até 2030, enquanto a obesidade classes II e III pode afetar 1 em cada 10 adultos.

A pesquisa realizada pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), com adultos das capitais dos 26 Estados Brasileiros e no Distrito Federal, indicou aumento da prevalência da obesidade da população em geral. A frequência de adultos obesos foi de 20,3%,

sendo semelhante entre homens e mulheres (BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

No presente estudo foram aplicadas abordagens metodológicas para avaliar características antropométricas, composição corporal e taxa metabólica de pacientes obesas grau III por meio da técnica da bioimpedância, como contribuição para o avanço do conhecimento científico sobre o desenvolvimento de equações preditivas quanto a estas diferentes características humanas.

A bioimpedância é um método não-invasivo, indolor, livre de radiação, rápido, seguro e simples, capaz de estimar clinicamente a composição corporal. Esta técnica baseia-se no fato do corpo humano ser composto por água e íons condutores elétricos (o tecido adiposo impõe resistência a passagem da corrente elétrica ao passo que o tecido muscular esquelético, rico em água, é um bom condutor). Neste exame, uma corrente elétrica alternante de baixa intensidade é conduzida através do corpo e a bioimpedância é calculada com base na composição de dois vetores: a resistência e a reatância (a resistência é a restrição ou a voltagem perdida na passagem da corrente elétrica através do corpo e depende da quantidade de água presente ao passo que a reatância é outra força resistiva caracterizada pelo armazenamento da corrente durante a passagem pelas membranas e pelo meio intracelular). Desta forma, por meio da bioimpedância é possível analisar a composição corporal, a quantidade de água corporal e a taxa metabólica por meio da massa livre de gordura (ABESO, 2016).

Há cerca de três décadas que é conhecido que a normalização da medida de composição corporal pelo quadrado da estatura (m^2) pode gerar resultados mais satisfatórios, ao comparar o uso da massa de gordura corporal (MGC, Kg) com o do índice de massa de gordura corporal (IMGC, Kg/m^2), pois esta normalização pode evitar interpretações equivocadas, por exemplo, em relação ao estado nutricional (VAN ITALLIE *et al.*, 1990).

Assim, o uso de índices normalizados pelo quadrado da estatura tem sido explorado para parâmetros como a massa livre de gordura (KASOVIĆ *et al.*, 2021), com interesse em estabelecer, por exemplo, valores de referência para diferentes populações (JIN *et al.*, 2019) ou avaliar o uso de diferentes índices para identificar o estado clínico de pacientes (RADETTI *et al.*, 2021). Além disto, melhorias das abordagens de predição dos parâmetros de composição corporal podem ser necessárias, mesmo para indicadores bem estabelecidos, o que tem sido discutido na

literatura até mesmo sobre a validade do uso do IMC para prever a gordura corporal (HUDDA *et al.*, 2017).

Para testar diferentes formas de aplicar o IMC para a predição da composição corporal e de taxa metabólica em mulheres com obesidade severa, o presente estudo avaliou dados não-normalizados e normalizados pelo quadrado da estatura e a validação do IMC para a predição destes resultados, explorando a hipótese de que a normalização pode gerar predições mais coerentes a partir do IMC, tanto para parâmetros que têm sido previamente normalizados na literatura, como a MGC, quanto para outros ainda não testados na literatura para obesidade severa, como a taxa metabólica.

Em comparação com outras classes de IMC, foi identificado na literatura científica que existe menor quantidade de informação para obesidade severa a respeito da aplicação de modelos preditivos de características antropométricas e atividade metabólica. Esta aplicação tem sido mais bem caracterizada em diferentes regiões do mundo quanto a indivíduos com IMC abaixo de 40,0 Kg/m², por exemplo, quanto a predição do percentual de gordura corporal (VAN HAUTE *et al.*, 2020; CARPENTER *et al.*, 2013; GURRICI *et al.*, 1998). Por outro lado, não foram encontrados estudos anteriores quanto à predição da taxa metabólica a partir do IMC para obesidade severa.

As equações preditivas, propostas e validadas por esse estudo, servem como uma contribuição para o desenvolvimento da Ciência, buscando aprofundar e aprimorar o conhecimento sobre a composição corporal e taxa metabólica, que são dois componentes fundamentais para o entendimento e tratamento da obesidade. Elas também apresentam uma relevância particular, por serem específicas para mulheres que apresentem obesidade grau III, população relativamente pouco estudada até o momento.

Embora existam vários métodos para a avaliação da composição corporal, até mesmo os mais simples necessitam de um treinamento especializado (LUKASKI, 1987), assim como nem sempre os equipamentos para a utilização desses métodos estão disponíveis. Em adição a esta limitação, embora os métodos de avaliação da composição corporal em obesos venham sendo amplamente discutidos, a avaliação é dificultada em indivíduos com obesidade grau III devido às limitações dos equipamentos e características dos métodos utilizados. Podemos citar como exemplos, a utilização de compassos de dobras cutâneas devido a amplitude das

dobras cutâneas em pessoas com obesidade (LUTOSLAWSKA et al., 2014) e possível dificuldade de posicionamento para realização do exame densitometria de dupla energia (DEXA), principalmente em pacientes obesos ou com alguma limitação (CHAVES et al., 2022).

Segundo Ling *et al.* (2011), a bioimpedância é uma ferramenta válida para a avaliação da composição corporal total e segmentar na população geral. Excelentes concordâncias, em mulheres, foram encontradas em comparação com o DEXA: massa magra de corpo inteiro (0,95), massa gorda (0,97) e porcentagem de gordura corporal (0,93). Neste contexto, além de estar sendo amplamente aplicada para indivíduos não obesos (HAROUN *et al.*, 2010; STRAIN *et al.*, 2008; JAKICIC; WING; LANG, 1998), a bioimpedância torna-se um método mais acessível para a avaliação de pessoas com obesidade severa, pois seus resultados são obtidos por meio da resistência da corrente elétrica aos tecidos corporais, e outros métodos mais acurados não são possíveis serem utilizados devido a grande quantidade de massa corporal desses indivíduos. Embora o uso desta técnica seja afetado pelo estado clínico de portadores de obesidade, por exemplo, devido a efeitos da diferente hidratação dos obesos sobre a bioimpedância (KYLE; BASAEUS; *et al.*, 2004), estudos apontam a demanda pelo uso desta técnica a respeito de diversas características de populações com obesidade, por exemplo, como pode ser observado na literatura revisada recentemente por Macena et al. (2022) sobre o desenvolvimento de equações preditivas do gasto energético de indivíduos obesos e com sobrepeso.

A aplicação de equações preditivas disponíveis atualmente na literatura, que seriam o método de mais baixo custo, apresentam limitações por não terem sido criadas especificamente para essa população muito obesa. Desta forma, o presente estudo desenvolveu e validou equações para avaliação da composição corporal e da taxa metabólica especificamente criadas para serem utilizadas em mulheres com obesidade grau III, no sentido de preencher essa lacuna. Isto possibilitará um tratamento e acompanhamento mais preciso para essa população, pois são um método de baixíssimo custo, validado e de fácil reprodutividade, sem necessidade de grandes tecnologias e treinamentos especializados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Obesidade

A obesidade é uma doença crônica não transmissível (DCNT), considerada a mais importante desordem nutricional nos países em desenvolvimento e desenvolvidos (FIGUEIREDO *et al.*, 2021). Ela não é uma desordem singular, mas sim um grupo heterogêneo de condições com múltiplas causas que em última análise resultam no fenótipo de obesidade (FRANCISCHI *et al.*, 2000). Considerada um dos mais graves problemas de saúde pública, a obesidade atingiu a condição de epidemia global (COUTINHO, 1999).

O aumento da incidência da obesidade, que é uma condição de alto risco para a saúde, frequentemente se associa a outras comorbidades metabólicas e sistêmicas, como a hipertensão primária e diabetes mellitus do tipo 2 (FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

Os dados epidemiológicos referentes à obesidade têm se tornado alarmantes, sejam no que tangem às taxas crescentes de prevalência e incidência, sejam nas implicações relacionadas às doenças associadas, também conhecidas como comorbidades (SANTO; CECCONELLO, 2008).

No Brasil, na pesquisa realizada pela VIGITEL 2019 (BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020), em 26 capitais dos estados brasileiros e no Distrito Federal, foi observado que a frequência de sobrepeso/obesidade foi de 55,4%, sendo ligeiramente maior entre homens (57,1%) do que entre mulheres (53,9%).

A obesidade de grau III é uma doença multifatorial e relacionada a um acúmulo excessivo de gordura corporal. Está intimamente ligada a comorbidades médicas, psicológicas, sociais e físicas (FERRAZ *et al.*, 2003). Destaca-se que a obesidade grau III foi o segundo fator de morte evitável no Brasil, superada apenas pelo tabagismo (BARROS, 2015).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) aponta a obesidade como um dos maiores problemas de saúde pública. No controle da obesidade, a mudança comportamental, baseada na mudança de hábitos alimentares associada à prática de atividade física, deve ser priorizada, enquanto agentes farmacológicos são indicados como coadjuvantes, principalmente quando há presença de comorbidades (MUSCOGIURI *et al.*, 2021; HAINER; TOPLAK; MITRAKOU, 2008; HASLAM; JAMES, 2005). Quando os tratamentos convencionais não mostram resultados satisfatórios,

nos casos mais graves (obesidade grau III), torna-se indicada a realização da cirurgia bariátrica. Este procedimento tem proporcionado excelentes resultados no que concerne à manutenção da perda de massa corporal em níveis aceitáveis, resultando em uma melhora eficaz na qualidade de vida (SILVA *et al.*, 2021; SANTO; CECCONELLO, 2008).

2.2. Composição corporal e equações preditivas

Compreender a composição corporal é fundamental para que os profissionais da área da Saúde que trabalham com pacientes obesos possam entender as alterações (tais como, aumento de massa muscular e perda de gordura corporal) que ocorrem no organismo (CARVALHO *et al.*, 2018).

O índice de massa corporal (IMC) é aceito universalmente como indicador de obesidade, pois já foi associado com morbimortalidade, mesmo tendo como inconveniente o fato de não diferenciar a massa de gordura corporal da massa livre de gordura.

Devido ao fato dos métodos para a avaliação da composição corporal necessitar de um treinamento especializado (LUKASKI, 1987), o que pode limitar a sua aplicação prática, é necessário o desenvolvimento de um indicador que incorpore medidas simples e expresse de algum modo a composição corporal do indivíduo (ANJOS, 1992).

Os métodos de avaliação da composição corporal em obesos têm sido amplamente discutidos, uma vez que nesses indivíduos a avaliação é dificultada devido às limitações dos equipamentos e características dos métodos utilizados.

De acordo com a literatura, conforme apresentado na Tabela 1, os métodos de avaliação da composição corporal são classificados em três grupos: método direto, método indireto e duplamente indireto. Segundo Monteiro e Fernandes Filho (2002), os métodos duplamente indiretos têm tido grande aceitação por profissionais da saúde devido à facilidade na obtenção dos dados e ao menor custo dos equipamentos. Entre os métodos mais utilizados em pesquisa, destacam-se:

- **Análise do potássio corporal total** - estima a massa livre de gordura (MLG) por meio da contagem de potássio existente no corpo, através da técnica de

espectrometria de raios gama. O método é invasivo, de alto custo e necessita de profissionais muito qualificados, sendo utilizado somente em laboratórios especializados (FORBES 1987 apud ANJOS; WAHRLICH, 2007);

- **Densitometria de dupla energia (DEXA)** - técnica de imagem desenvolvida, a princípio, para medir o conteúdo mineral ósseo (CMO) e a densidade mineral óssea por região e de corpo total. Contudo, o desenvolvimento da análise de corpo inteiro, através de raios-x com fótons de dupla energia, permite também quantificar a MGC e MLG (LUKASKI, 1993);
- **Tomografia computadorizada** – método que recolhe informações da composição corporal após expor o corpo a uma sucessão de raios-x (CARVALHO *et al.*, 2018; MITSIOPOULOS *et al.*, 1998). Especificamente, a tomografia expõe os avaliados à radiação, o que limita a utilização desses instrumentos de forma contínua (LEE *et al.*, 2000). Tem como vantagem a boa correlação entre a circunferência da cintura e o tecido adiposo abdominal profundo e imagens 3D, mas como desvantagem a exposição à radiação, alto custo do equipamento e necessidade de técnicos especializados (SOUZA *et al.*, 2014);
- **Ressonância magnética** - utiliza um potente campo magnético e ondas de rádio frequência para produzir imagens detalhadas dos órgãos e tecidos (CARVALHO *et al.*, 2018; MITSIOPOULOS *et al.*, 1998). Apresenta boa correlação com a pesagem hidrostática, não utiliza radiação iônica e imagens 3D, porém tem custo elevado (LUKASKI, 1987);
- **Bioimpedância elétrica (BIA)** – exame realizado por meio da fixação de eletrodos na pele, que transmitem uma corrente elétrica que percorre o corpo de modo inofensivo, permitindo medir a resistência à passagem dessa corrente. Assim, o método é considerado não invasivo, portátil, de aplicação rápida, com custo relativamente baixo e apresenta variações mínimas intra e inter avaliador, desde que os pré-requisitos para o exame, principalmente

relativos à hidratação, sejam abordados (THOMASETT 1962 apud KUSHNER, 1992);

- **Antropometria** - método mais frequentemente utilizado para identificar o estado nutricional (obesidade, sobrepeso ou baixo peso), por meio do IMC. Para complementar as informações de adiposidade é possível utilizar a medida de circunferência da cintura (cm), que permite predizer riscos cardiovasculares associados à quantidade de gordura nesta região (MÜLLER; BOSY-WESTPHAL; HELLER, 2009; MÜLLER *et al.*, 2009). No entanto, esse método não diferencia tecido adiposo visceral e subcutâneo (TURCATO *et al.*, 2000). Pode-se lançar mão também da avaliação da dobra cutânea que é uma medida da espessura de gordura da camada subcutânea, de rápida realização, não invasiva, baixo custo e facilidade de transporte de equipamento (SOUZA *et al.*, 2014).

Tabela 1. Classificação dos métodos de avaliação da composição corporal.

Método direto		
Dissecação		
Métodos indiretos		
Físico-químico	Imagem	Densitometria
Platismografia	Raio-x	Pesagem hidrostática
Absorção de gases	Ressonância magnética	Hidrometria
Diluição de isótopos (potássio)	Densitometria de dupla energia (DEXA)	
Espectrometria de raios gama	Ultrassom/Ultrassonografia	
Espectrofotometria	Tridimensional (3D)	
Excreção de creatina	Tomografia computadorizada	
Análise de ativação de nêutrons	Condutividade elétrica total (TOBEC)	
Duplamente indireto		
Antropometria		
Bioimpedância		
Interactância quase infravermelho		

Tabela adaptada pelo autor, com base nas revisões de Carvalho *et al.* (2018) e Monteiro e Fernandes Filho (2002).

Enquanto existe dificuldade para a utilização de algumas técnicas de avaliação da composição corporal em indivíduos com obesidade grau III (por exemplo, a

utilização de compassos de dobras cutâneas), a bioimpedância torna-se um método eficaz de avaliação dos tipos de tecido do corpo com boa acurácia, pelo fato de ser baseada na resistência dos tecidos corporais à passagem da corrente elétrica (THOMASETT 1962 apud KUSHNER, 1992).

Nas últimas décadas, tem sido desenvolvidos diversos estudos para a predição de características antropométricas. Por exemplo, Lean *et al.* (1996) apresentaram equações para prever o percentual de gordura corporal (PGC) a partir da densidade corporal medida por pesagem subaquática (hidrostática), por meio de medições antropométricas simples, usando análise de regressão múltipla (*stepwise*) em 63 homens e 84 mulheres. Cinco equações combinando espessuras de dobras cutâneas tricipital com outras medidas antropométricas explicaram mais de 80% (para homens) e 77% (para mulheres) da variabilidade dos dados de PGC. As equações foram testadas em uma amostra de validação estudada separadamente, formada por 146 homens e 238 mulheres com idade entre 18-83 anos. Medidas de espessura de dobras cutâneas continuaram a dar boas previsões da densidade corporal média, porém com viés significativo em extremos de gordura corporal e idade.

Apesar dos esforços realizados para a aplicação de equações preditivas, as amostragens de pessoas com $IMC \geq 40,0 \text{ Kg/m}^2$ tem sido muito baixa, sendo quase sempre apenas uma pequena parte das amostras estudadas a cada pesquisa, como pode ser visto em seguida para a aplicação do IMC para a predição do PGC.

O estudo de Van Haute *et al.* (2020), realizado com uma amostra de jovens adultos filipinos ($n = 190$) para avaliar o desempenho de uma fórmula modificada do IMC em relação ao tradicional quanto a (1) prever o PGC medido usando análise de impedância bioelétrica e (2) diagnosticar sobrepeso / obesidade, apresentou apenas um indivíduo com $IMC \geq 40,0 \text{ Kg/m}^2$. Os autores se basearam na preocupação de que o IMC, embora usado rotineiramente na avaliação da adiposidade, não consegue distinguir entre massa gorda e magra e, portanto, pode classificar incorretamente o status de massa corporal, especialmente entre atletas, indivíduos fisicamente ativos e de estatura baixa e alta, cujas proporções de gordura e proporções corporais variam consideravelmente de indivíduos médios. Entretanto, fica clara a carência de informação específica para pessoas com obesidade severa.

A consistência de aplicar o IMC como uma ferramenta conveniente para avaliar a obesidade também foi estudada por Peltz *et al.* (2010) incluindo 25 mulheres e 10 homens com $IMC \geq 40,0 \text{ Kg/m}^2$, em relação a uma amostragem para realizar

medições antropométricas e análises de impedância bioelétrica em 538 mexicanos-americanos (373 mulheres e 165 homens). As equações preditivas explicaram aproximadamente 92% da variabilidade para os homens e aproximadamente 99% da variabilidade para as mulheres. A discrepância observada entre o IMC e o PGC refletiu uma limitação do uso do IMC. Por outro lado, o índice de massa de gordura corporal (IMGC) permitiu prever com precisão a obesidade no grupo estudado, mas destacando que mais estudos são necessários para confirmar estas observações em diferentes grupos étnicos.

O estudo de Akindede *et al.* (2016) determinou a relação entre IMC e PGC entre adultos nigerianos de diferentes grupos étnicos em um ambiente urbano. Foram avaliados 1571 indivíduos (acima de 18 anos, sendo 51,2% do sexo masculino) e índices de adiposidade corporal foram avaliados utilizando IMC e PGC, sendo que cerca de 10 casos com $IMC \geq 40,0 \text{ Kg/m}^2$ foram observados nesta pesquisa. Houve uma alta correlação positiva entre PGC e IMC quando ambos foram pareados sem controle para sexo e idade ($r = 0,81$; $p < 0,01$). Os autores concluíram que, idade e sexo são preditores da tendência de associação entre IMC e PGC.

A prevalência da obesidade e a composição corporal média podem variar de acordo com a raça e o gênero, como foi mostrado no estudo de Carpenter *et al.* (2013), que concluíram que asiático-americanos têm a menor prevalência de obesidade. Este estudo avaliou o potencial do IMC refletir o PGC de forma consistente em diferentes raças, com base na amostragem de 940 estudantes universitários ao longo de quatro anos. O PGC foi estimado por análise de impedância bioelétrica (BIA), a massa corporal por balanças médicas e estatura com estadiômetros, em estudantes asiáticos (49%), caucasianos (23%), hispânicos (7%) e outros (21%). O IMC e o PGC variaram significativamente em função da raça e sexo. As mulheres asiático-americanas apresentaram o menor IMC ($21,5 \text{ Kg/m}^2$), mas o segundo maior percentual de gordura corporal (27,8%). Foi destacado que o PGC alto com IMC baixo exibido por mulheres asiático-americanas sugere que elas poderiam escapar da detecção de doenças relacionadas à obesidade se o IMC for a única medida que estima a composição corporal. Não houve nenhuma avaliação de pessoas com $IMC \geq 40,0 \text{ Kg/m}^2$.

Dois diferentes grupos étnicos (indonésios e holandeses caucasianos) foram avaliados por Gurruci *et al.* (1998) quanto à relação entre o PGC e o IMC, para avaliar a validade dos pontos de corte do IMC para obesidade. Massa corporal, estatura, gordura corporal por diluição de óxido de deutério e espessura das dobras cutâneas

foram medidos, sendo que a gordura corporal foi bem prevista pelo IMC e sexo nos indonésios e pelo IMC, sexo e idade nos holandeses, com um erro de previsão de 3,6% e 3,3% para as duas populações, respectivamente. Apesar de o índice de massa corporal no grupo Indonésio ter sido cerca de 2 Kg/m² menor em comparação com o holandês, a quantidade de gordura corporal era 3% mais alta. Os resultados mostram que a relação entre PGC e IMC é diferente entre indonésios e caucasianos holandeses. Se a obesidade for considerada um excesso de gordura corporal e não um excesso de MC (aumento de IMC), os pontos de corte para obesidade na Indonésia com base no IMC devem ser 27 Kg/m² em vez de 30 Kg/m². Porém, todos os indivíduos da amostra possuíam IMC abaixo de 40,0 Kg/m².

2.3. Taxa metabólica e equações preditivas

A taxa metabólica (TM) é uma das informações fisiológicas mais importantes em estudos nutricionais clínicos ou epidemiológicos, seja para se determinar as necessidades energéticas ou calcular o gasto energético de indivíduos ou populações (WAHRLICH; ANJOS, 2001). Conforme reportado por Speakman e Selman (2003) a taxa metabólica tem sido medida em seres humanos por mais de 200 anos, desde a obra pioneira de Lavoisier e Seguin no final do século XVIII. Harris & Benedict (1919) resumiram os dados para gerar uma equação preditiva para o metabolismo basal, e periodicamente desde aquela época novas revisões e equações foram publicadas (MACENA *et al.*, 2022). O dispêndio basal representa 60 a 75% do custo energético diário e inclui a energia gasta com a manutenção das funções vitais do organismo (SCHNEIDER; MEYER, 2005). A determinação precisa do gasto energético de um paciente é uma das dificuldades da avaliação nutricional, especialmente dos indivíduos com problemas metabólicos, tais como obesidade grau III e desnutrição (SAN MARTIN *et al.*, 2020).

Equações de predição para taxa metabólica são amplamente utilizadas para prescrição dietética para a população em geral, porém podem apresentar valores diferentes daqueles medidos por calorimetria indireta, principalmente, em indivíduos obesos (KRÜGER *et al.*, 2014). Em comparação com outras classes de IMC, foi identificado que pessoas com IMC ≥ 40 Kg/m² tem sido menos avaliada na literatura científica em relação à aplicação de modelos preditivos de atividade metabólica

especificamente (KRUIZENGA; HOFSTEENGE; WEIJS, 2016; POLI *et al.*, 2016; DOBRATZ *et al.*, 2007). Esta maior limitação para a aquisição de dados dificulta a avaliação do quanto estes modelos preditivos poderiam ser importantes em futuros tratamentos da obesidade grau III. Desta forma, considerando que a taxa metabólica tem sido estimada por equações preditivas a partir de diferentes parâmetros antropométricos (OLIVEIRA *et al.*, 2015; RUIZ *et al.*, 2011; WEIJS; VANSANT, 2010), mas não pelo próprio IMC, o presente estudo teve como um dos objetivos desenvolver e validar equações, por meio da utilização do IMC, para estimar a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III.

Para sua determinação, podem ser utilizados métodos diretos, como a técnica da água duplamente marcada, ou indiretos, como a calorimetria indireta. Como esses métodos não são muito acessíveis, estimativas da taxa metabólica são amplamente utilizadas, por meio de equações preditivas (PEREIRA; ROCHA; SANTOS, 2008). A Tabela 2 apresenta estes e outros métodos que podem ser utilizados para estimar gasto energético, destacando-se os seguintes exemplos:

- **Água duplamente marcada** - método baseado no princípio de que a produção total de CO₂ pode ser mensurada pelas diferentes eliminações da água marcada com ¹⁸O e ²H (deutério). O deutério é eliminado como água, enquanto o ¹⁸O é eliminado como água e CO₂. A diferença entre tais taxas de eliminação, corrigidas pelo *pool* de água corporal, corresponde à produção de CO₂, que, por equações de calorimetria indireta, é convertida ao gasto energético total (SCAGLIUSI; LANCHÁ JR., 2005);
- **Calorimetria direta** – a calorimetria direta foi um dos primeiros procedimentos para se avaliar o gasto energético diário total (GEDT), baseada na primeira lei da termodinâmica, a qual estabeleceu que a energia não é criada nem destruída, mas conservada, e que a energia gasta no processo fisiológico completo é dissipada como calor. Assim, o GEDT pode ser medido diretamente pela produção de calor (JEQUIER, 1986). A calorimetria direta representa um desafio tecnológico, devido ao requerimento de medição de toda a transferência de calor, incluindo a radiação, convecção, condução e evaporação. A principal vantagem da calorimetria direta em comparação com a calorimetria indireta é que é realizada em condições mais semelhantes às da

vida-livre, evitando-se o problema de inalação e exalação da composição gasosa pela calorimetria indireta (MELANSON; DYKSTRA; SZUMINSKY, 2009);

- **Calorimetria indireta** - o método de caloria indireta (CI) é baseado no conhecimento do quociente respiratório (QR), calculado como a razão do volume do dióxido de carbono (VCO_2) produzido e o volume de oxigênio (VO_2) utilizado ($= VCO_2 / VO_2$). O QR, que tipicamente varia entre 0,7 e 1,0, é um indicador de combustível metabólico ou substrato usado em tecidos, devendo ser calculado sob condições de repouso ou exercício estático. Os carboidratos (ex. glicose) são oxidados por respiração aeróbica, resultando em uma razão igual de liberação de CO_2 e consumo de O_2 . Isso significa que 100% dos carboidratos são consumidos para produzir ATP (ARCH *et al.*, 2006). Quando a gordura (ex. ácido palmítico) é oxidada e medida por meio de QR, o resultado é uma produção de CO_2 reduzida para toda molécula de oxigênio consumida. Quando proteínas (ex. albumina) são os substratos respiratórios, os resultados são a produção reduzida de CO_2 para cada molécula de oxigênio consumida (BIRNBAUMER *et al.*, 2018). As frações gasosas de O_2 e CO_2 são medidas no volume total de gás expirado por sensores específicos de gás, transformadas em valores para VO_2 e VCO_2 em mL / min, e finalmente em valores para gasto energético em repouso (GER) em Kcal (ou kJ) por dia (1 Kcal = 4,184 kJ) (BRANSON; JOHANNIGMAN, 2004). Este é o método mais utilizado tanto em pesquisa como na prática clínica, tendo como principais desvantagens o tempo para sua realização e seu custo;
- **Equações preditivas** - equações preditivas de gasto energético são habitualmente utilizadas como um método alternativo. Na prática clínica, algumas delas são específicas para certos grupos populacionais, incluindo diferentes status de massa corporal, estatura, idade, sexo e parâmetros de composição corporal de diversos grupos étnicos (WILLIS *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Porém, o gasto energético é alterado em pacientes com doenças cardio-metabólicas, como diabetes tipo 2, hipertensão arterial e apneia do sono (BRÚSIK *et al.*, 2016). Por causa disso, há fatores de correção

inclusos em diferentes equações preditivas, específicos para pacientes com doenças metabólicas (HUANG *et al.*, 2004).

Tabela 2. Classificação dos métodos de avaliação do gasto energético.

Métodos
Água duplamente marcada
Calorimetria direta
Calorimetria indireta
Sensores de calor e movimento
Registros de atividade física e alimentar
Equações preditivas

É importante medir a taxa metabólica de obesos com mais precisão e segurança, a fim de estabelecer a melhor intervenção baseada em exercício físico e reeducação nutricional (KRÜGER *et al.*, 2014). Uma vez criadas as equações, elas são testadas e discutidas quanto à sua aplicabilidade para a população a ser avaliada, a depender da disponibilidade dos métodos para a realização de medições diretas (WEIJS *et al.*, 2007).

Em um estudo realizado por Krüger *et al.* (2014), a equação de Mifflin-St. Jeor foi a única que permitiu a estimativa válida de taxa metabólica em indivíduos no grupo de pessoas com obesidade estudado por ele, enquanto que as equações de Harris e Benedict, Schofield, FAO/WHO/UNU e a de Henry e Rees não foram recomendadas para a previsão da taxa metabólica nestes indivíduos, uma vez que estas equações podem superestimar as necessidades de energia, mas são adequadas para avaliar a taxa metabólica de indivíduos eutróficos. Lopes *et al.* (2010) não recomendaram a utilização das equações para prever a taxa metabólica em sujeito obeso, mas sim a realização da medida por meio da calorimetria indireta nessa população.

Segundo Wahrlich e Anjos (2001), a taxa metabólica é fundamental para a determinação da necessidade energética de indivíduos e populações, além disso é aplicada em estudos epidemiológicos para validar as informações de ingestão alimentar e para se expressar o nível de atividade física. Embora a taxa metabólica geralmente seja estimada por equações de predição, já que não existe grande disponibilidade de calorímetros indiretos, a maioria dos estudos de validação das equações de predição mostram uma inadequação destas equações para a determinação da taxa metabólica em diferentes populações, apesar da tendência

atual de se supor que não haja diferenças entre a taxa metabólica de diversas populações no mundo.

As equações da FAO/WHO/ONU, que são utilizadas internacionalmente, tendem a superestimar a taxa metabólica, principalmente em populações de regiões tropicais. Isto tem sido explicado pelo reconhecimento da inadequação do banco de dados usado na geração das equações, tornando sua utilização universal questionável (WAHRLICH; ANJOS, 2001). Sendo assim, permanece a necessidade da coleta de dados de taxa metabólica em diferentes grupos populacionais utilizando-se técnicas padronizadas de medição, incluindo estimativas da composição corporal, para que se possa, eventualmente, desenvolver equações a partir de um amplo banco de dados que seja construído com informações adequadas de taxa metabólica de várias partes do mundo.

Cesar *et al.* (2012) realizaram um estudo com 20 mulheres com obesidade grau III, no qual foi comparada a taxa metabólica medida por calorimetria indireta com a taxa metabólica calculada usando as equações de Harris-Benedict e da *Food Agriculture Organization / World Health Organization* (FAO/WHO), para determinar se é importante a medida da taxa metabólica por calorimetria indireta, para elaboração de programas para redução de MC com dieta e exercício nesta população. As equações de predição de Harris-Benedict e FAO/WHO não permitiram uma estimativa real da taxa metabólica das mulheres com obesidade grau III avaliadas. Portanto, a mensuração da taxa metabólica por calorimetria indireta, nestas pacientes, parece ser importante para elaboração de programas de redução de MC com base na dieta e no exercício (CESAR *et al.*, 2012).

O gasto energético é a medição mais comum usada para estimar as necessidades de energia no contexto nutricional e o método mais preciso de medir gasto energético é a calorimetria indireta. Contudo, este método é caro e raramente viável em muitos ambientes clínicos. Em uma pesquisa para desenvolver e validar uma nova equação para prever gasto energético em adultos com sobrepeso e obesidade, Orozco-Ruiz *et al.* (2018) avaliaram 410 homens e mulheres com sobrepeso e obesidade (com idades variando de 20 a 60 anos), com o grupo de desenvolvimento incluindo 200 sujeitos e o grupo de validação 210 sujeitos. Os autores compararam os resultados calculados pelas equações com os valores medidos pela calorimetria indireta, aplicando diagramas de Bland-Altman. A nova equação preditiva foi derivada usando análise de regressão linear múltipla, enquanto

a precisão da nova equação foi comparada a várias equações previamente existentes. A massa corporal foi o preditor mais forte do gasto energético neste estudo. Foi concluído que a equação teve a maior precisão preditiva em indivíduos com sobrepeso ou obesidade em comparação com equações de outras populações, podendo ser utilizada para auxiliar no manejo nutricional.

Pereira *et al.* (2008) avaliaram a aplicabilidade de equações preditivas utilizando testes de calorimetria indireta realizados de 2006 a 2007, em relação a 174 indivíduos de ambos os sexos, de 18 a 59 anos de idade. Os dados foram comparados com as equações de Harris e Benedict, Henry e Rees, FAO/WHO/UNU e Schofield. Entretanto, todas as equações analisadas subestimaram a taxa metabólica (2,91% a 14,08%, em média), concluindo-se que as equações preditivas analisadas não são aplicáveis para a população em questão.

Com o objetivo de analisar gasto energético, equações preditivas baseadas em massa corporal, estatura, sexo, idade, massa livre de gordura e massa gorda foram testadas em relação a amostragens de 180 mulheres e 158 homens dos Estados Unidos e de 154 mulheres e 54 homens da Holanda com idades de 18 a 65 anos e IMC de 25 a 40 Kg/m² (WEIJS, 2008). Vinte e sete equações preditivas foram incluídas. A mais precisa para os adultos dos EUA foi a equação Mifflin (precisão de previsão: 79%), enquanto para adultos holandeses com sobrepeso foi a da FAO/WHO/UNU (precisão de predição: 68%) e para adultos holandeses obesos foi a equação de Lazzer (precisão de predição: 69%). Este estudo destaca ainda que é aconselhável validar as equações de predição para qualquer população específica, porque as equações de predição são esperadas como sendo válidas apenas para a população original e foi mostrado que existe uma grande variação na precisão das equações preditivas.

Rocha Filho *et al.* (2020) avaliaram fatores que alteram o gasto energético no dia a dia e o impacto que têm na medição do consumo calórico do corpo humano, através da calorimetria indireta respiratória, para determinar qual a equação preditiva que melhor se correlaciona com o gasto energético total gerado, a partir de medições de energia. O compartimento mais importante do corpo, por sua atividade metabólica e influência sobre a taxa metabólica, foi a massa livre de gordura. Estes autores também apontaram que outras variáveis que afetam o gasto de energia são sexo, massa corporal, estatura, idade, área de superfície corporal, massa gorda e etnia. Fatores metabólicos e de atividade, como o efeito térmico dos nutrientes,

termogênese facultativa, anabolismo / crescimento e atividade física, também contribuem, compreendendo o gasto energético diário total. Os autores destacam que é preciso ter cuidado na escolha, compreensão e aplicação clínica dos resultados das equações preditivas, tendo em vista que a população original da qual a equação foi derivada nem sempre corresponde àquela que está sendo avaliada atualmente.

Weijts e Vansant (2010) analisaram qual equação preditiva do gasto energético seria a melhor alternativa para a calorimetria indireta, em relação a mulheres belgas de massa corporal normal e obesas. Equações preditivas foram incluídas quando baseadas na massa corporal, estatura, sexo, idade, massa magra e massa gorda. Vinte e sete equações preditivas foram incluídas. Estes pesquisadores concluíram que as equações originais de Harris-Benedict ou de Mifflin são ferramentas confiáveis para prever gasto energético em uma ampla variedade de MC (IMC = 18,5 a 50 Kg/m²).

Recentemente, Macena et al. (2022) realizaram um levantamento bibliográfico sobre o desenvolvimento e utilização de equações preditivas para TM, envolvendo 61 estudos. Na Tabela 3, estão apresentados os autores dos cinco estudos que desenvolveram equações preditivas para TM que foram identificados como os mais aplicados em estudos de pessoas com obesidade, de acordo com os materiais suplementares disponibilizados.

Tabela 3. Comparação dos quantitativos de estudos que utilizaram diferentes equações preditivas de TM para avaliar indivíduos com obesidade, conforme a revisão de Macena *et al.* (2022).

Autor	Número de estudos	Equações utilizando massa corporal e estatura
Harris-Benedict (1919)	18	M: $66.473 + (13.7516 \times MC) + (5.0033 \times \text{estatura}) - (6.755 \times \text{idade})$ F: $655.0955 + (9.5634 \times MC) + (1.8496 \times \text{estatura}) - (4.6756 \times \text{idade})$
Mifflin-St. Jeor (1990)	16	Equação geral: $(9.99 \times MC) + (6.25 \times \text{estatura}) - (4.92 \times \text{idade}) + (166 \times \text{sexo}) \rightarrow \text{sexo: } 0 \text{ (mulheres); } 1 \text{ (homens)}$ Simplificação: M: $(10 \times MC) + (6.25 \times \text{estatura}) - (5 \times \text{idade}) + 5$ F: $(10 \times MC) + (6.25 \times \text{estatura}) - (5 \times \text{idade}) - 161$
Bernstein (1983)	9	M: $(11.02 \times MC) + (10.23 \times \text{estatura}) - (5.8 \times \text{idade}) - 1032$ F: $(7.48 \times MC) - (0.42 \times \text{estatura}) - (3 \times \text{idade}) + 844$
Lazzer (2007)	6	M (MJ): $(0.048 \times MC) + (4.655 \times \text{estatura}) - (0.02 \times \text{idade}) - 3.605$ F (MJ): $(0.042 \times MC) + (3.619 \times \text{estatura}) - 2.678$ F* (Kcal): $(10,03 \times MC) + (864,38 \times \text{estatura}) - 639,63$
FAO/WHO/UNU (1985)	5	M: 18-30 anos: $(15.4 \times MC) - (27 \times \text{estatura}) + 717$ 30-60 anos: $(11.3 \times MC) + (16 \times \text{estatura}) + 901$ >60 anos: $(8.8 \times MC) + (1128 \times \text{estatura}) - 1071$ F: 18-30 anos: $(13.3 \times MC) + (334 \times \text{estatura}) + 35$ 30-60 anos: $(8.7 \times MC) - (25 \times \text{estatura}) + 865$ >60 anos: $(9.2 \times MC) + (637 \times \text{estatura}) - 302$

M: masculino; F: feminino; MC: massa corporal.

*Convertida de MJ para Kcal pelo autor.

3. JUSTIFICATIVA

A obesidade é um dos problemas contemporâneos de grande impacto na vida social e na saúde de milhões de brasileiros, assim como a obesidade grau III tem resultado no fato de que a cirurgia bariátrica é um tratamento cada vez mais utilizado para a obesidade grave, especialmente entre as mulheres (MAZZEO; SAUNDERS; MITCHELL, 2005).

O IMC é comumente utilizado para identificação da obesidade. Entretanto, o IMC sozinho, por exemplo, não é capaz de alertar sobre a presença de desnutrição em pacientes obesos que perderam massa corporal muito rapidamente (VAN ITALLIE *et al.*, 1990). Desta forma, faz-se necessário uma avaliação mais apurada sobre a composição corporal, além da utilização do IMC, para um acompanhamento mais preciso de como o indivíduo com obesidade está perdendo ou ganhando massa corporal. Essa avaliação mais apurada poderá identificar melhor o estado atual de saúde do indivíduo para se fazer um planejamento mais adequado tanto para um programa de atividade física orientada, para uma reeducação alimentar, como para intervenção cirúrgica.

Segundo Frankenfield *et al.* (2001), métodos de avaliação da composição corporal mediante análise compartimentalizada da massa corporal total permitem determinar as diversas porções que cada tecido corporal ocupa no organismo, podendo oferecer resultados mais precisos a respeito de cada um deles. Por causa da dificuldade da utilização de algumas técnicas de avaliação da composição corporal em indivíduos com obesidade grau III (por exemplo, a utilização de compassos de dobras cutâneas), a bioimpedância torna-se um método eficaz de avaliação dos tipos de tecido do corpo com boa acurácia.

No contexto da obesidade grau III, ferramentas padronizadas e validadas que aferem a funcionalidade, saúde e deficiência de acordo com os critérios e conceitos atuais da Organização Mundial de Saúde (OMS) não foram encontradas (BORGES *et al.*, 2019). O que reforça a demanda de mais estudos de validação para avaliações da composição corporal de indivíduos com este grau de obesidade, como proposto no presente estudo.

Neste contexto, destaca-se que, apesar de haver diversos esforços na literatura internacional para desenvolver modelos de predição de parâmetros como o percentual de gordura a partir de dados de fácil aquisição, como o IMC (CHEN *et al.*,

2021; VAN HAUTE *et al.*, 2020; HO-PHAM *et al.*, 2015; PELTZ *et al.*, 2010), não foram encontrados na literatura estudos especificamente dedicados a portadores de obesidade grau III no Brasil e no Mundo.

Em adição às demandas de conhecimento, também se destaca que a determinação precisa da TM é uma das dificuldades apontadas nas avaliações nutricionais, principalmente para indivíduos que apresentam problemas metabólicos, como obesidade grau III, sendo clara a demanda para o desenvolvimento de equações preditivas para atender a diferentes populações com este grau de obesidade (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Mesmo havendo equações amplamente usadas em diferentes regiões do mundo (Tabela 3), nem sempre elas são adequadas para uma população específica e desenvolver equações é recomendado (MACENA *et al.*, 2022).

Assim, esta pesquisa se justifica por avaliar a potencial aplicação de modelos de regressão para prever diferentes parâmetros de composição corporal e TM, específicos para mulheres com obesidade grau III, em contraste com diversos estudos anteriores na literatura sobre modelos preditivos, onde apenas uma pequena parte das amostras avaliadas em cada pesquisa eram de indivíduos com obesidade severa, possivelmente limitando a aplicação dos resultados para este importante grupo de pacientes no país e no mundo. Esta preocupação com a limitação da extrapolação de resultados gerados por grupos mistos, de obesos e não-obesos juntos, tem sido mostrada na literatura (KYLE; BASAEUS; *et al.*, 2004; DEURENBERG, 1996).

Testar uma normalização dos parâmetros avaliados pela estatura também pode contribuir para melhorar a aplicação de equações preditivas para a composição corporal e TM. A aplicabilidade de um índice de MGC (MGC normalizado para estatura ao quadrado, ou IMGMC, em Kg/m^2) foi avaliada anteriormente, demonstrando que isto reduz o viés de tendência associado aos dados de gordura corporal não normalizados e o uso de índices normalizados pela estatura foi recomendado para evitar ambiguidades geradas quando percentuais de massa corporal ou dados de massa corporal absoluta são relatados (PELTZ *et al.*, 2010; VAN ITALLIE *et al.*, 1990).

A normalização pela estatura ao quadrado foi aplicada anteriormente para o MGC e MLG (PELTZ *et al.*, 2010; VAN ITALLIE *et al.*, 1990), mas também foi encontrada para medidas de TM (HARRIS; BENEDICT, 1919). Desta forma, o presente estudo propõe que esta normalização pode ser testada como uma possível maneira de contribuir para melhorar a aplicação não só destes três parâmetros, mas

também de outros. É proposto que essa normalização também possa ser útil em estudos clínicos, pois nem sempre as equações desenvolvidas para populações específicas são satisfatórias e não poderão ser usadas na forma não normalizada. Depois de testar a normalização, é possível que uma melhora na validação ocorra, permitindo o uso de novas equações para a demanda de populações específicas.

Como principal aplicação desta pesquisa, o desenvolvimento e a validação dessas equações preditivas tornam-se relevantes por proporcionarem aos profissionais da área da saúde, em particular os que atuam em regiões onde não se tem disponibilidade de equipamentos de custo mais elevado, uma condição mais acessível de avaliar seus pacientes, utilizando uma metodologia de baixíssimo custo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e validar equações para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III por meio da utilização do índice de massa corporal (IMC) como variável preditora.

4.2. Objetivos específicos

1. Avaliar, por meio da bioimpedância, os seguintes componentes da composição corporal: percentual de gordura corporal (PGC), massa de gordura corporal (MGC), massa muscular esquelética (MME), massa livre de gordura (MLG) e a água corporal total (ACT);
2. Avaliar, por meio da bioimpedância, a taxa metabólica (TM) de mulheres com obesidade grau III;
3. Normalizar os valores dos parâmetros avaliados pela estatura ao quadrado, gerando os seguintes índices: índice do percentual de gordura corporal (IPGC), índice da massa de gordura corporal (IMGC), índice da massa muscular esquelética (IMME), índice da massa livre de gordura (IMLG), índice da água corporal total (IACT), e o índice da taxa metabólica (ITM);
4. Desenvolver equações de regressão para estimar os componentes da composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III, a partir da relação do IMC com os parâmetros analisados e seus respectivos índices;
5. Validar as equações que foram desenvolvidas para estimar os componentes da composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III.

5. MÉTODOS

5.1. Delineamento do estudo

O estudo teve delineamento transversal no qual as pacientes com obesidade grau III foram avaliadas quanto a sua estatura, composição corporal e taxa metabólica. Foi explicado às pacientes selecionadas, em detalhes, os objetivos e métodos da pesquisa e as que concordaram em participar foram convidadas a comparecer no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica (PROCIBA), no 2º andar do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF-UFRJ). Foi lido para a participante, pelo pesquisador, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Anexo II), e após sanadas as dúvidas o TCLE foi assinado.

As participantes receberam as recomendações para avaliação dos testes de estatura e bioimpedância, quanto à roupa a ser utilizada, ao local, ao dia, ao horário, e outros cuidados, para a realização dos testes.

A amostra foi composta por 104 pacientes, sendo divididas em dois grupos, o primeiro grupo formado por 62 participantes, cujos dados foram utilizados para gerar as equações preditivas, Grupo Equação (GE) e um segundo grupo formado por 42 participantes, cujos dados foram utilizados para testar e validar as equações, Grupo Validação (GV).

5.2. Caracterização da amostra

5.2.1. Recrutamento

A amostragem foi por conveniência, sendo formada pelas pacientes mulheres adultas, que ainda não haviam sido submetidas à cirurgia bariátrica, atendidas no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROCIBA / HUCFF-UFRJ).

5.2.2. Critérios de inclusão

Para participar do estudo, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão:

1. Ser paciente atendida no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica do Hospital Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROCIBA/HUCFF - UFRJ);
2. Apresentar grau de obesidade III, com o IMC ≥ 40 Kg/m²;
3. Ter idade entre 20 e 70 anos;
4. Ser do sexo feminino;
5. Ser sedentária;

5.2.3. Critérios de exclusão

Foram utilizados os seguintes critérios de exclusão para participar do estudo:

1. Uso de marca passo;
2. Gestação;
3. Hiper ou hipotireoidismo não tratado;
4. Uso de medicamentos que pudessem interferir na avaliação por bioimpedância em relação a composição corporal e taxa metabólica, durante o período da avaliação;
5. Cirurgia bariátrica prévia;
6. Neoplasia em atividade;
7. Recuperação pós-operatória ou infecciosa;
8. Uso de próteses ou de pinos metálicos
9. Não seguir todos os critérios e orientações para as avaliações realizadas.

5.3. Aspectos éticos

Todas as participantes avaliadas foram voluntárias, cadastradas no Programa de Cirurgia Bariátrica do HUCFF, tiveram o direito de recusar-se a responder as perguntas que ocasionassem constrangimentos de qualquer natureza, além de desistir a qualquer momento de participar do estudo. Foi solicitado a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, obtida pelo pesquisador que realizou o cadastramento, autorizando a realização da pesquisa que foi conduzida de acordo com os princípios da Declaração de Helsinque, da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa e das determinações sequenciais em vigor.

A identidade das participantes foi mantida em sigilo absoluto, com divulgação apenas dos resultados obtidos, estando os mesmos disponibilizados ao término das avaliações. Além disto, os resultados serão publicados em revistas especializadas como forma de difundir o conhecimento produzido pelo estudo e facilitar a sua reprodutibilidade por outros profissionais interessados.

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do HUCFF/UFRJ (Anexo I), sob o protocolo CAAE: 38740314.4.0000.5257, não havendo nenhum tipo de patrocínio nem ajuda de custo para os voluntários envolvidos no estudo. Todos os custos em relação ao projeto foram de responsabilidade do pesquisador e por conta de uma bolsa de estudos (bolsa de Doutorado fornecida pela CAPES) recebida pelo mesmo, estando o HUCFF/UFRJ livre de qualquer gasto.

Caso ocorresse algum problema durante o andamento do estudo que pudesse ter causado algum dano ou colocado a saúde da participante em risco, haveria a suspensão da participante no estudo. Mas isso não foi necessário, não houve nenhum acontecimento que fosse necessário suspender a participação de alguma voluntária.

5.4. Protocolo do estudo

Após ser aprovado pelo Comitê de Ética do HUCFF/UFRJ, foi feito contato com as pacientes incluídas no Programa de Cirurgia Bariátrica do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROCIBA/ HUCFF-UFRJ) para que pudessem receber o resumo do projeto e seus devidos esclarecimentos pelo pesquisador responsável.

Após a autorização do médico para a paciente participar do estudo, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi entregue, lido e tirada qualquer dúvida que pudesse ter ocorrido. A coleta de dados de cada paciente só foi realizada após a entrega do TCLE devidamente assinado.

Depois da entrega do TCLE, foi realizada uma anamnese para caracterizar a amostra, com as seguintes informações: nome, número de prontuário, data de nascimento, uso de marca-passos, diagnóstico de gestação, neoplasia há menos de cinco anos, cirurgia bariátrica prévia, se realizava algum exercício físico regularmente ou alguma atividade física no lazer ou trabalho com exigência física.

Após a anamnese foram entregues as recomendações para a realização da avaliação da estatura e da bioimpedância (Anexo III), junto com as orientações dos procedimentos, local, dia, horário e outros cuidados prévios que fossem necessários.

Todos os procedimentos e avaliações foram realizados nos dias que as participantes tinham agendamento marcado no PROCIBA.

5.4.1. Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal e da taxa metabólica foram realizadas utilizando a medida da estatura e o método da Bioimpedância.

5.4.1.1. Avaliação da Estatura

A medida de estatura foi realizada por meio da utilização de um estadiômetro da marca Sanny®, o qual estava fixado à parede (Figura 1). O avaliado se permaneceu na posição ortostática, com as pernas unidas, estando os braços posicionados ao longo do corpo e cabeça posicionada paralelamente ao solo, sendo a medida obtida com o avaliado em apneia inspiratória. A medida foi realizada em valores com variação de 0,1cm.



Figura 1. Estadiômetro Sanny® modelo Standard. Fonte: Laboratório de Biociência do Movimento Humano – LABIMH, HUCFF – UFRJ.

5.4.1.2. Avaliação por Bioimpedância

A Bioimpedância é um método que mede a composição corporal por meio de corrente elétrica. A avaliação de bioimpedância foi realizada, utilizando uma balança InBody® 230 (Figura 2), com analisador de composição corporal pelo método de bioimpedância direta multifrequência, segmentar e sistema tetrapolar com 8 eletrodos (eletrodos táteis), apresentando uma alta correlação ($r = 0,97$) com o método DEXA, acarretando confiabilidade nos resultados obtidos (BIOSPACE, [s. d.]). Braulio *et al.* (2010) também encontraram que a bioimpedância, utilizando equação específica para obesidade, foi o método que melhor concordou com o DEXA para estimar PGC, MGC e MME em mulheres com sobrepeso e obesidade.

A bioimpedância com multifrequência (como a aqui aplicada) é considerada como mais adequada para a avaliação de indivíduos obesos (KYLE; BASAEUS; *et al.*, 2004).



Figura 2. Balança de bioimpedância InBody® 230. Fonte: Laboratório de Biociência do Movimento Humano – LABIMH, HUCFF – UFRJ

As orientações de preparo e recomendações para a realização de avaliação de bioimpedância estão no Anexo II. A avaliação ocorreu da seguinte forma: inicialmente o avaliado se posicionou em cima da balança, sem o uso de calçados, com os pés sobre os eletrodos, trajando o mínimo de roupa possível para ser feita a medida da massa corporal (MC), em seguida, foram inseridos na balança, os valores relacionados à sua idade, a sua estatura e ao índice referente ao sexo feminino. Após essa análise inicial, com os pés paralelos, posicionados em cima dos eletrodos, mantendo as pernas estendidas, as participantes seguraram com as duas mãos os eletrodos que ficam localizados em duas hastes na parte superior da balança para que pudesse ser feita a leitura da composição da corporal pela balança. Foram analisados nesse estudo os seguintes resultados obtidos pela análise da bioimpedância: a massa corporal (MC) em Kg; índice de massa corporal (IMC) em Kg/m^2 ; percentual de gordura corporal (PGC) em %; massa de gordura corporal (MGC) em Kg; massa muscular esquelética (MME) em Kg; massa livre de gordura (MLG) em Kg; água corporal total (ACT) em Kg.

O presente estudo adotou os valores de TM obtidos por BIA, considerando que um estudo recente, realizado por Bentes *et al.* (2021), demonstrou que as medidas de TM geradas por este método, usando um dispositivo InBody 720®, concordaram fortemente com os valores de TM obtidos por CI para mulheres brasileiras com obesidade.

A avaliação da taxa metabólica foi realizada utilizando a medida da estatura e o método da Bioimpedância, utilizando a seguinte equação, validada para a estimativa da taxa metabólica, pelo estudo de Cunningham (1991): $TM = MLG \times 21,6 + 370$.

O presente estudo adotou os valores de RMR obtidos pela BIA considerando que as medidas de BIA concordaram fortemente com os valores de RMR obtidos pelo IC para mulheres brasileiras com obesidade, como demonstrado por Bentes *et al.* (2021). Estes autores compararam o RMR medido por CI, usando um aparelho Fitmate™, com o RMR medido por bioimpedância (BIA), usando um aparelho InBody 720®, para 40 mulheres brasileiras na pós-menopausa com obesidade e síndrome metabólica, avaliadas duas vezes ao longo de seis meses. Eles concluíram que havia uma alta confiabilidade das medições de BIA para essa população, uma vez que a média do coeficiente de correlação intraclasse de BIA e IC foi de 0,91 e o viés derivado de uma avaliação do diagrama de Bland-Altman foi muito baixo (média = -0,1, +1,96

DP = 11,9, e -1,96 DP = 11,6 Kcal/dia), para valores médios de RMR variando de 1249 a 1255 Kcal/dia, dependendo do método utilizado.

Considerando que existem avaliações prévias que testam aplicabilidade de expressar os resultados da composição corporal na forma de índices normalizados pelo quadrado da estatura (KYLE; GENTON; *et al.*, 2004; VAN ITALLIE *et al.*, 1990), os valores dos parâmetros avaliados foram normalizados desta forma, gerando os seguintes índices para serem também avaliados quanto capacidade preditiva do IMC: índice do percentual de gordura corporal (IPGC), índice da massa de gordura corporal (IMGC), índice da massa muscular esquelética (IMME), índice da massa livre de gordura (IMLG), índice da água corporal total (IACT) e índice da taxa metabólica (ITM).

5.5. Desenvolvimento do estudo

Foram organizados dois encontros com cada paciente para realização do estudo. No primeiro encontro foi feita uma apresentação do estudo, seguida de um convite para participar de acordo com os critérios de inclusão e exclusão e foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), para sua assinatura. No segundo encontro, foi aplicado um questionário de anamnese, para caracterizar a amostra e foram realizadas as avaliações de antropometria, para medida da estatura, e de bioimpedância. Em relação a esta anamnese, foi observado que nenhuma das participantes do presente estudo indicou diagnóstico de gestação, uso de marca-passo, neoplasia, cirurgia bariátrica prévia e realização de alguma atividade física regular ou alguma atividade física no lazer ou trabalho com exigência física.

5.6. Análise estatística

A amostra avaliada compreendeu pacientes atendidas no Programa de Cirurgia Bariátrica do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ. Destas, após análise prévia pelo sistema de avaliação dos dados pessoais cadastrados no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica (PROCIBA), com aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, estimou-se uma amostra por conveniência de 104 pacientes aptas a participar da pesquisa, que foram

divididas, de forma aleatória, em dois grupos. O primeiro grupo, chamado de Grupo Equação (GE), foi composto por 62 pacientes, cujos dados obtidos foram utilizados para gerar as equações de regressão em função do IMC. O segundo grupo, chamado de Grupo Validação (GV), foi composto por 42 pacientes, cujos dados foram utilizados para testar e validar as equações geradas com os dados do grupo GE. A validação dos modelos de regressão corresponde a verificar se estes modelos preditivos possuem um bom desempenho em dados independentes daqueles usados para ajuste.

Os resultados deste estudo transversal estão inicialmente apresentados por meio de estatísticas descritivas (média, desvio padrão, mediana, valor mínimo e valor máximo). Além disto, abordagens inferenciais foram aplicadas utilizando o programa IBM SPSS® versão 21.

Modelos de regressão não linear foram aplicados, pois tiveram melhor ajuste (com valor de r^2 mais elevado) e submetidos à uma etapa de validação, com base em comparações entre grupos GE e GV. Para as comparações de dados de idade, estatura, MC e IMC entre estes grupos, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade dos resultados, resultando em diferenças significativas ($p < 0.05$) para MC e IMC, indicando que testes não paramétricos fossem usados. Assim, o teste de Mann-Whitney foi usado para esta comparação e o teste t de Student foi usado para idade e estatura. Para as comparações de dados medidos e calculados a partir dos modelos de regressão, o teste de Shapiro-Wilk também foi utilizado para testar a normalidade dos resultados, resultando em diferenças significativas ($p < 0.05$). Isto indicou que testes não paramétricos fossem usados, sendo o teste de Mann-Whitney aplicado para estas comparações.

Em seguida, diferenças entre dados medidos e calculados foram avaliadas utilizando-se diagramas de Bland-Altman (1986), cálculo do viés de tendência (diferença entre valores calculados e valores medidos), acurácia da previsão (porcentagem de resultados dentro de diferenças de $\pm 10\%$ em relação aos valores medidos) e do quanto por cento vale o erro padrão da estimativa (EPE) gerado para a equação preditiva em relação à média dos valores medidos. Análises de regressão foram utilizadas também para a avaliação da possível correlação quanto à variabilidade destas diferenças entre valores calculados e valores medidos em relação às médias entre resultados calculados e medidos, afetando o viés de tendência.

5.7. Limitações e delimitações do estudo

Esta pesquisa possui algumas limitações, como o fato de o equipamento apresentar custo relativamente elevado, não ser facilmente transportado para diferentes locais, o que facilitaria a inclusão de mais voluntários no estudo, e não permitir que mais de um voluntário seja avaliado de cada vez. Além disto, a utilização das equações validadas deve ser feita com cautela, devido a terem sido geradas para um grupo específico de indivíduos amostrados para o estudo. Por fim, o próprio uso do IMC como variável que pode ser aplicada para a predição de composição corporal e taxa metabólica pode ser limitado, como foi observado na literatura que aponta esta preocupação quanto à predição, por exemplo, da gordura corporal. Este estudo se delimita como uma contribuição original para testar a hipótese de que o IMC tem aplicação para prever diversos parâmetros, ampliando sua aplicação especificamente para portadoras de obesidade grau III, indo além da discussão para a gordura corporal.

6. RESULTADOS

6.1. Composição corporal e taxas metabólicas

A amostragem desse estudo foi composta por 104 mulheres que apresentaram valores de IMC entre 40 e 53 Kg/m² (média de 46 Kg/m²) e idades variando de 20 a 68 anos (média de 44 anos). Estas pacientes foram divididas aleatoriamente em dois grupos para o tratamento de validação das equações preditivas. Além dos parâmetros absolutos, foram também incluídos nos resultados abaixo os cálculos de índice normalizados pelo quadrado da estatura para cada um deles. O Grupo Equação (GE) possui 62 mulheres (idades de 20 a 68 anos), enquanto o Grupo Validação (GV) possui 42 mulheres (idades de 23 a 68 anos). O grupo GV apresentou IMC variando entre 41,3 e 53,6 Kg/m², enquanto o grupo GE teve valores de IMC variando entre 40,0 e 53,0 Kg/m².

As Tabelas 4 a 6 apresentam as análises estatísticas descritivas de dados de idade, estatura, composição corporal e taxa metabólica das pacientes avaliadas, em relação ao total de grandes obesas amostradas e aos grupos GE e GV, respectivamente. Como a aplicação de dados de um certo grupo GV pode ser limitada para os valores de IMC que estejam fora da faixa de variação dos valores do grupo GE utilizado, destaca-se que foi observada uma variação similar do IMC entre estes dois grupos avaliados, não acarretando nesta preocupação para o presente estudo.

A aplicação de teste de Mann-Whitney para comparação dos grupos GE e GV em relação à massa corporal e IMC mostrou que estes parâmetros não apresentaram diferença significativa entre os dois grupos ($p = 0.13$ a 0.25). Em relação à idade e estatura, o teste t de Student também não mostrou diferença significativa entre os dois grupos ($p = 0.36$ a 0.77).

Nestas mesmas Tabelas 4 a 6 estão apresentados também os resultados calculados a partir das equações preditivas (apresentadas na seção a seguir), em relação aos parâmetros avaliados.

Tabela 4. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o total de pacientes avaliadas.

GRUPO GT (N= 104)	Média	Desvpad	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo
IDADE (anos)	45,2	11,7	46,0	20,0	68,0
ESTATURA (m)	1,61	0,06	1,61	1,50	1,78
MC (Kg)	132,0	21,3	130,0	88,2	196,0
IMC (Kg/m²)	50,7	7,61	48,5	40,0	76,6
PGCmed (%)	52,8	2,61	53,2	44,5	56,8
PGCcal (%)	52,9	1,54	52,9	49,6	54,9
IPGCmed (%/m²)	20,4	2,06	20,4	15,8	24,8
IPGCcal (%/m²)	20,3	0,69	20,2	18,9	21,3
MGCmed (Kg)	69,9	12,7	68,8	46,8	109,3
MGCcal (Kg)	69,9	11,4	67,3	52,0	102,0
IMGCmed (Kg/m²)	26,8	4,83	26,0	18,0	42,7
IMGCcal (Kg/m²)	26,9	4,69	25,8	19,7	40,8
MMEmed (Kg)	35,2	5,95	34,2	22,8	52,6
MMEcal (Kg)	35,1	4,51	33,6	29,9	53,5
IMMEmed (Kg/m²)	13,5	2,03	12,9	10,1	20,4
IMMEcal (Kg/m²)	13,6	1,93	12,9	11,4	21,6
MLGmed (Kg)	62,1	9,60	60,6	41,4	91,1
MLGcal (Kg)	62,1	6,99	59,8	53,5	89,6
IMLGmed (Kg/m²)	23,8	3,20	23,0	18,4	34,5
IMLGcal (Kg/m²)	23,8	2,97	22,8	20,3	35,8
ACTmed (Kg)	46,1	7,33	44,7	30,9	67,3
ACTcal (Kg)	46,2	5,64	44,4	39,5	68,7
IACTmed (Kg/m²)	17,7	2,48	17,0	13,7	26,3
IACTcal (Kg/m²)	17,8	2,39	16,9	15,0	27,6
TMmed (Kcal)	1712,2	207,3	1679,0	1265,0	2338,0
TMcal (Kcal)	1712,9	151,5	1663,2	1527,6	2308,4
ITMmed (Kcal/m²)	657,5	68,6	639,0	553,9	892,9
ITMcal (Kcal/m²)	657,1	65,6	634,8	580,3	923,8

Tabela 5. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o grupo utilizado para gerar as equações preditivas (grupo GE).

GRUPO GE (N= 62)	Média	Desvpad	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo
IDADE (anos)	44,4	11,9	45,0	20,0	68,0
ESTATURA (m)	1,61	0,06	1,60	1,51	1,78
MC (Kg)	130,0	20,6	131,8	95,4	191,0
IMC (Kg/m²)	49,9	7,58	48,7	40,0	73,0
PGCmed (%)	52,6	2,85	53,3	44,5	56,8
PGCcal (%)	52,7	1,55	53,0	49,6	54,9
IPGCmed (%/m²)	20,3	2,18	20,6	15,8	24,5
IPGCcal (%/m²)	20,2	0,70	20,2	18,9	21,3
MGCmed (Kg)	68,6	12,3	68,9	48,6	104,6
MGCcal (Kg)	68,6	11,4	67,5	52,0	98,9
IMGCmed (Kg/m²)	26,3	4,83	26,3	18,0	39,4
IMGCcal (Kg/m²)	26,4	4,70	25,9	19,7	39,3
MMEmed (Kg)	34,8	6,01	34,7	23,7	52,6
MMEcal (Kg)	34,7	4,45	33,7	29,9	50,3
IMMEmed (Kg/m²)	13,3	2,02	13,2	10,1	20,4
IMMEcal (Kg/m²)	13,4	1,90	12,9	11,4	20,2
MLGmed (Kg)	61,5	9,67	61,1	43,4	91,1
MLGcal (Kg)	61,4	6,91	59,9	53,5	85,0
IMLGmed (Kg/m²)	23,5	3,17	23,3	18,5	34,5
IMLGcal (Kg/m²)	23,5	2,93	22,8	20,3	33,8
ACTmed (Kg)	45,6	7,41	45,2	32,0	67,3
ACTcal (Kg)	45,7	5,57	44,4	39,5	64,9
IACTmed (Kg/m²)	17,5	2,50	17,2	13,7	26,3
IACTcal (Kg/m²)	17,5	2,36	17,0	15,0	25,9
TMmed (Kcal)	1697,9	208,9	1690,0	1307,0	2338,0
TMcal (Kcal)	1697,9	149,7	1665,3	1527,6	2209,3
ITMmed (Kcal/m²)	650,7	68,7	639,1	553,9	892,9
ITMcal (Kcal/m²)	650,8	64,6	635,7	580,3	877,7

Tabela 6. Estatística descritiva dos resultados encontrados quanto às características de composição corporal e taxas metabólicas para o grupo utilizado para validar as equações preditivas (grupo GV).

GRUPO GV (N= 42)	Média	Desvpad	Mediana	Valor Mínimo	Valor Máximo
IDADE (anos)	46,5	11,4	48,5	23,0	68,0
ESTATURA (m)	1,62	0,06	1,62	1,50	1,71
MC (Kg)	134,9	22,2	134,7	88,2	196,0
IMC (Kg/m²)	51,9	7,58	51,8	41,3	76,6
PGCmed (%)	53,1	2,20	53,2	47,6	56,7
PGCcal (%)	53,2	1,48	53,7	50,3	54,9
IPGCmed (%/m²)	20,4	1,84	20,1	16,9	24,8
IPGCcal (%/m²)	20,4	0,66	20,6	19,1	21,3
MGCmed (Kg)	71,8	13,3	71,6	46,8	109,3
MGCcal (Kg)	71,8	11,2	72,6	54,4	102,0
IMGCmed (Kg/m²)	27,5	4,89	27,8	18,5	42,7
IMGCcal (Kg/m²)	27,7	4,62	27,9	20,7	40,8
MMEmed (Kg)	35,7	5,87	35,7	22,8	51,3
MMEcal (Kg)	35,8	4,58	35,3	30,4	53,5
IMMEmed (Kg/m²)	13,7	2,10	13,3	9,0	20,0
IMMEcal (Kg/m²)	13,8	1,97	13,6	11,6	21,6
MLGmed (Kg)	63,1	9,52	63,3	41,4	86,7
MLGcal (Kg)	63,1	7,07	62,5	54,4	89,6
IMLGmed (Kg/m²)	24,1	3,33	23,7	16,4	33,9
IMLGcal (Kg/m²)	24,2	3,02	23,9	20,6	35,8
ACTmed (Kg)	46,8	7,23	47,1	30,9	65,3
ACTcal (Kg)	47,0	5,72	46,5	40,1	68,7
IACTmed (Kg/m²)	18,0	2,43	17,6	14,9	25,5
IACTcal (Kg/m²)	18,1	2,43	17,9	15,2	27,6
TMmed (Kcal)	1733,4	205,5	1736,0	1265,0	2242,0
TMcal (Kcal)	1734,9	153,3	1722,5	1546,4	2308,4
ITMmed (Kcal/m²)	667,5	68,1	650,1	577,4	875,8
ITMcal (Kcal/m²)	666,4	66,6	659,7	587,6	923,8

6.2. Equações preditivas e validação

A avaliação de regressões em relação às variáveis de composição corporal e taxa metabólica em função do IMC mostrou que equações polinomiais tiveram o melhor ajuste em relação ao GE. A Tabela 7 mostra as equações encontradas, com os respectivos parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão da estimativa (EPE). Os valores de EPE que corresponderam a até 10% de diferença em relação aos valores medidos (%EPE), que são também um critério de avaliação da aplicabilidade da equação (MARRA *et al.*, 2003), estão também apresentados nesta tabela. As Figuras 3 a 8 apresentam os respectivos gráficos de dispersão.

Tabela 7. Equações preditivas derivadas do grupo GE (n = 62). São mostrados o coeficiente de determinação (r^2), o erro padrão da estimativa (EPE) e o quanto por cento EPE em relação aos valores medidos (%EPE).

Equações	r^2	EPE	%EPE
PGC = $(-0,011 \times \text{IMC}^2) + (1,366 \times \text{IMC}) + 12,650$	0,29	2,45	100
IPGC = $(-0,0037 \times \text{IMC}^2) + (0,494 \times \text{IMC}) + 5,177$	0,11	2,09	38
MGC = $(-0,0152 \times \text{IMC}^2) + (3,144 \times \text{IMC}) - 49,453$	0,87	4,57	100
IMGC = $(-0,0048 \times \text{IMC}^2) + (1,136 \times \text{IMC}) - 18,064$	0,94	1,23	100
MME = $(0,0073 \times \text{IMC}^2) - (0,207 \times \text{IMC}) + 26,417$	0,55	4,09	19
IMME = $(0,0035 \times \text{IMC}^2) - (0,135 \times \text{IMC}) + 11,110$	0,85	0,78	100
MLG = $(0,0091 \times \text{IMC}^2) - (0,077 \times \text{IMC}) + 42,037$	0,51	6,86	26
IMLG = $(0,0048 \times \text{IMC}^2) - (0,138 \times \text{IMC}) + 18,08$	0,85	1,24	100
ACT = $(0,0081 \times \text{IMC}^2) - (0,145 \times \text{IMC}) + 32,28$	0,56	5,00	29
IACT = $(0,0041 \times \text{IMC}^2) - (0,147 \times \text{IMC}) + 14,139$	0,87	0,93	100
TM = $(0,196 \times \text{IMC}^2) - (1,47 \times \text{IMC}) + 1272,9$	0,51	148,1	96
ITM = $(0,108 \times \text{IMC}^2) - (3,169 \times \text{IMC}) + 534,54$	0,88	23,8	100

Valor do PGC em %; IPGC em %/m²; MGC em Kg; IMGC em Kg/m²; MME em Kg; IMME em Kg/m²; MLG em Kg; IMLG em Kg/m²; ACT em Kg; ICAT em Kg/m²; TM em Kcal; e ITM em Kcal/m².

Foi observada uma tendência geral de que os resultados normalizados pela estatura tenham coeficientes de determinação superiores e valores de EPE mais baixos, com esta normalização afetando positivamente a validação das equações.

Houve apenas uma exceção a esta tendência, em relação ao PGC, pois o IPGC resulta numa correlação ainda inferior. Entretanto, destaca-se o resultado de que PGC e IPGC tiveram baixos coeficientes de determinação ($r^2 = 0,11$ a $0,29$), não justificando sua aplicabilidade, enquanto todas as demais variáveis testadas apresentaram coeficientes de determinação mais elevados ($r^2 = 0,51$ a $0,94$). Destaca-se também que 100% dos valores de EPE de equações normalizadas foram inferiores a $\pm 10\%$ dos valores medidos, exceto para o IPGC (com apenas 38%), mostrando também melhora em comparação às equações de dados não normalizados. As Figuras 3 a 8 demonstram também que estas tendências de correlação foram consistentes, não sendo devidas a correlações espúrias.

Os testes de Mann-Whitney realizados mostraram que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos de resultados medidos e calculados a partir das regressões, para todas as variáveis. As Figuras 9 e 10 mostram as comparações destes resultados para composição corporal e para taxa metabólica, respectivamente.

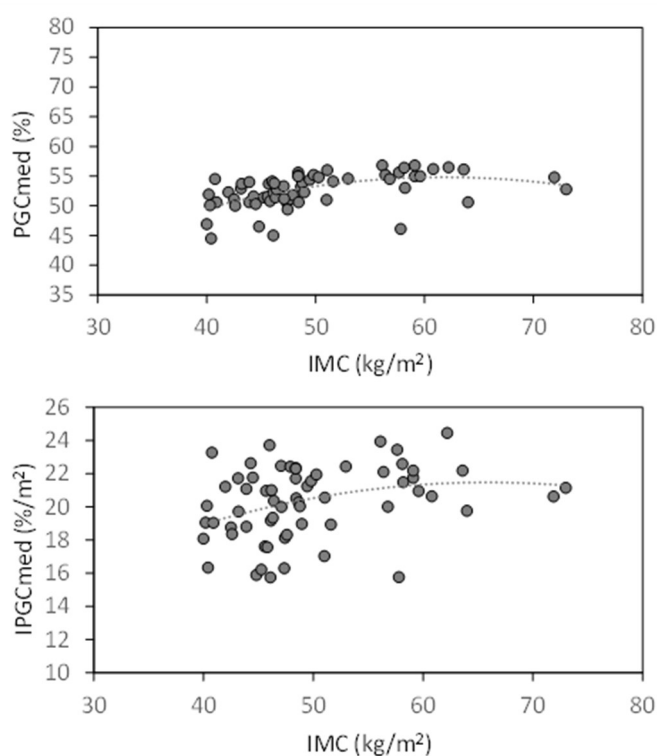


Figura 3. Regressão do percentual de gordura corporal medido pela bioimpedância (PGCmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IPGCmed) em função do IMC.

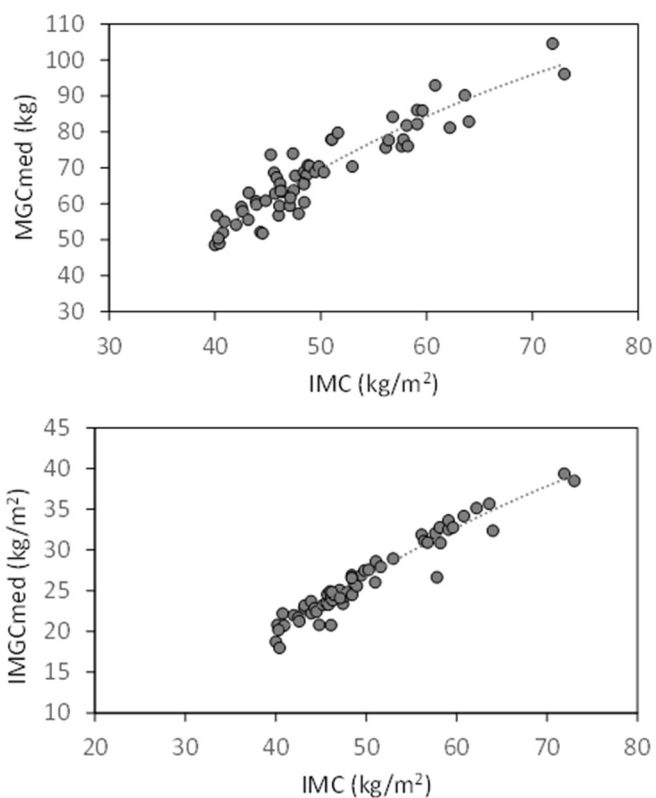


Figura 4. Regressão da massa de gordura corporal obtida pela bioimpedância (MGCmed) seu índice pelo quadrado da estatura (IMGmed) em função do IMC.

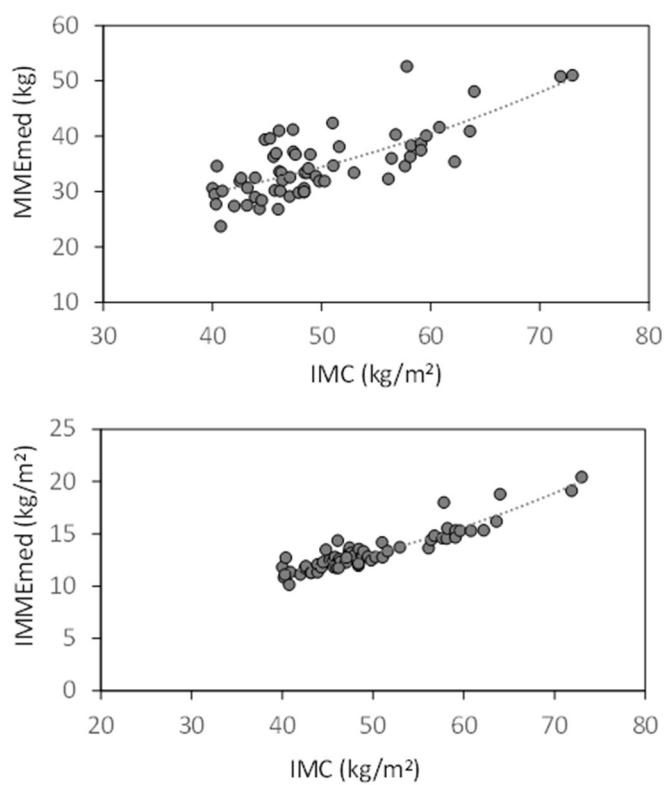


Figura 5. Regressão da massa muscular esquelética obtida pela bioimpedância (MMEmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IMMEmed) em função do IMC.

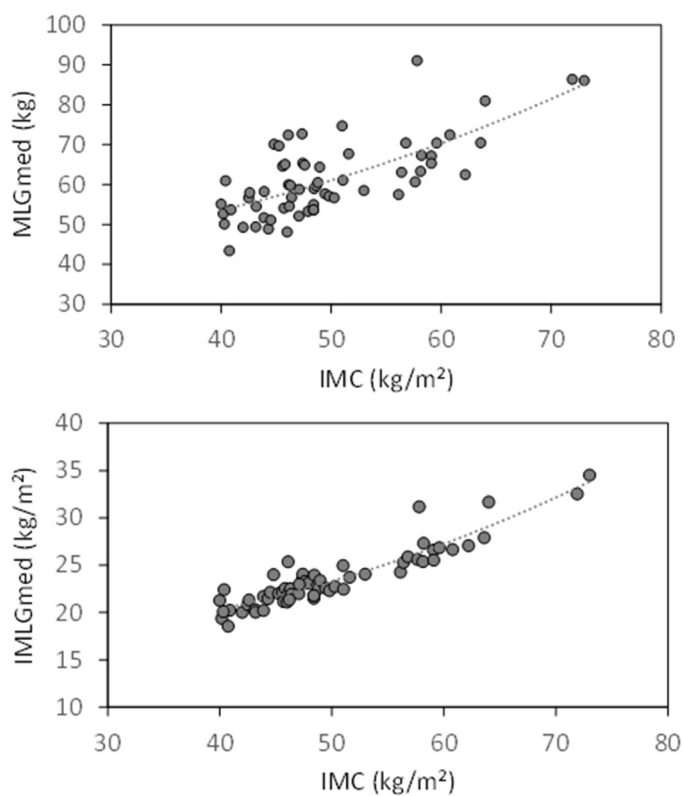


Figura 6. Regressão da massa livre de gordura obtida pela bioimpedância (MLGmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IMLGmed) em função do IMC.

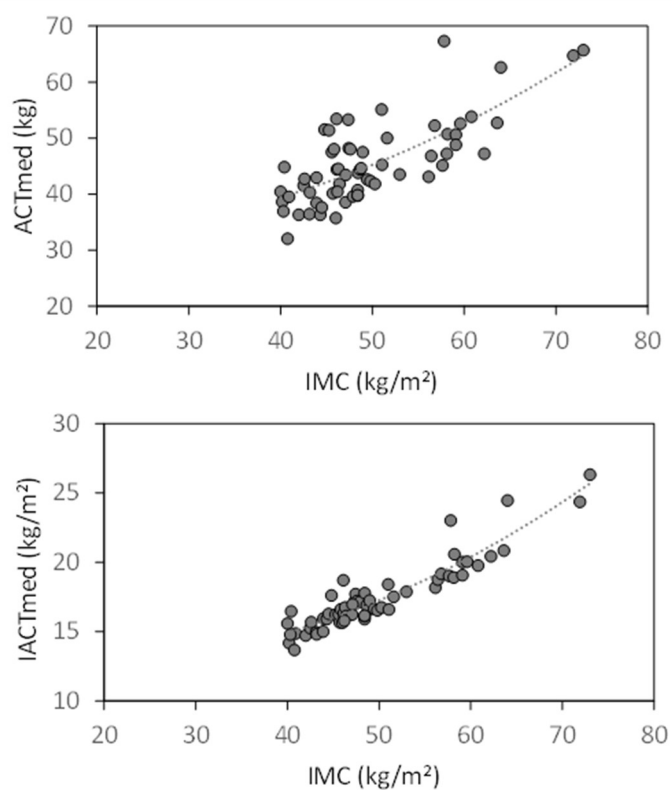


Figura 7. Regressão da água corporal total obtida pela bioimpedância (ACTmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (IACTmed) em função do IMC.

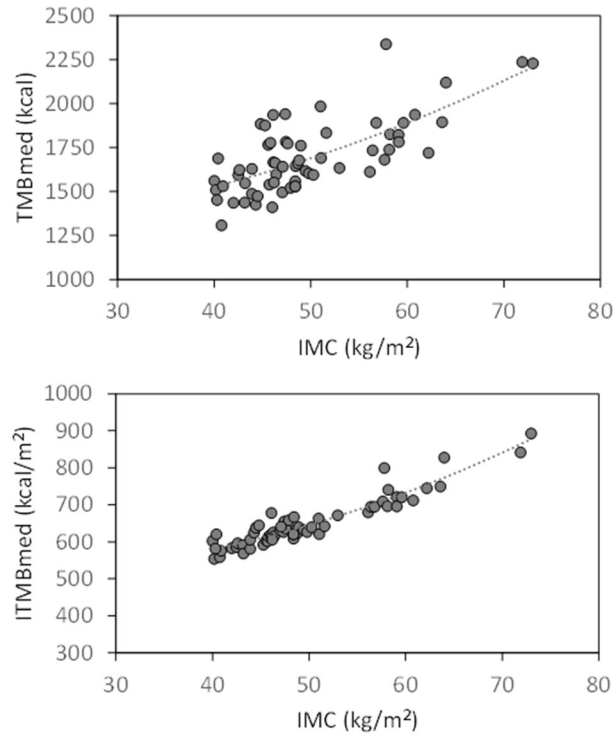


Figura 8. Regressão da taxa metabólica obtida pela bioimpedância (TMBmed) e seu índice pelo quadrado da estatura (ITMBmed) em função do IMC.

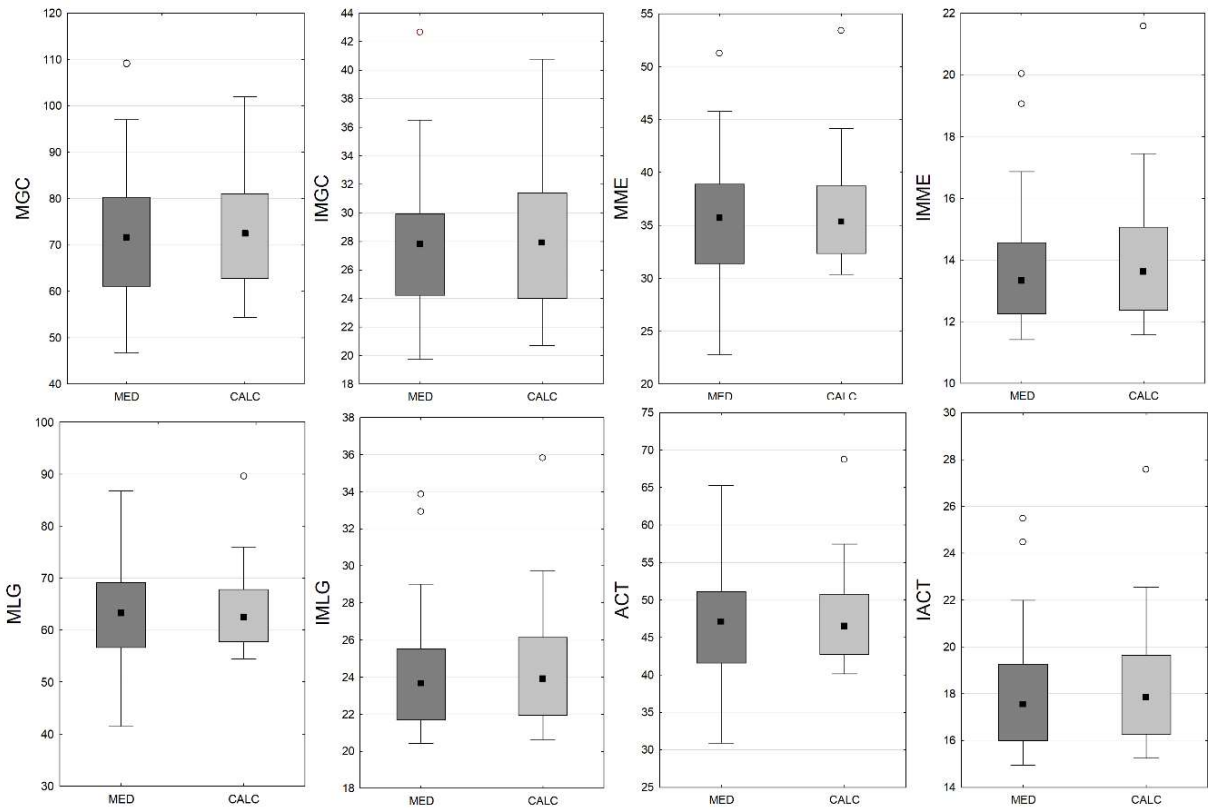


Figura 9. Comparação entre resultados medidos (MED) e calculados a partir de modelos de regressão (CALC), para parâmetros de composição corporal (N = 42). Medianas (quadrado preto), percentis de 25% e 75% (caixas), desvios-padrões (barras de erro) e outliers (círculos brancos) são apresentados.

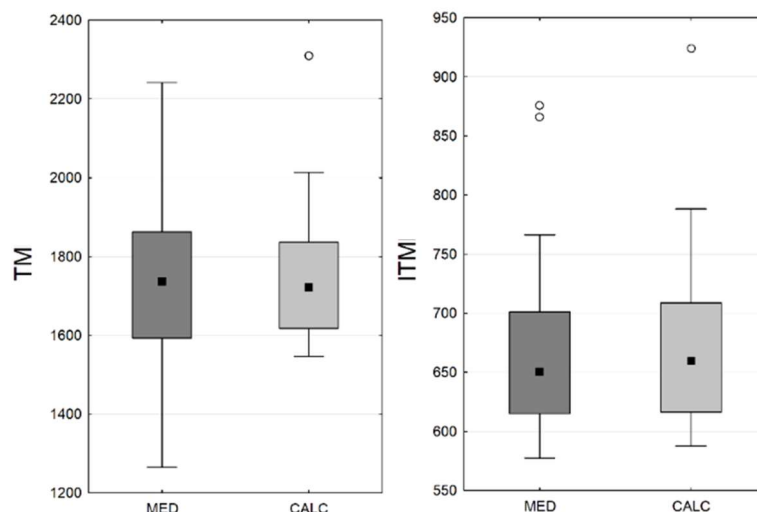


Figura 10. Comparação entre resultados medidos (MED) e calculados a partir de modelos de regressão (CALC), para taxa metabólica e índice da taxa metabólica (N = 42). Medianas (quadrado preto), percentis de 25% e 75% (caixas), desvios-padrões (barras de erro) e outliers (círculos brancos) são apresentados.

As Figuras 11 e 12 mostram os gráficos de Bland-Altman obtidos. A Tabela 8 apresenta critérios usados como parte da etapa de validação, incluindo os valores do viés de tendência (diferença entre calculados e medidos) e de acurácia (percentual dos resultados que foram até $\pm 10\%$ diferentes dos valores medidos), apontando comparativamente baixos valores de viés de tendência e altos valores de acurácia. Foi mostrado também um melhor desempenho das equações preditivas ao haver uma normalização pelo quadrado da estatura, exceto para o caso do PGC.

Em relação a taxa metabólica, como apresentado na Tabela 8, foram realizadas comparações com as equações de Mifflin-St. Jeor, Harris-Benedict, Bernstein, Lazzer e FAO/WHO/UNU, como comumente observado na literatura (Tabela 3), conforme revisado por Macena et al. (2022). Estas comparações foram também com base nos critérios de viés de tendência e acurácia. As novas equações preditivas apresentaram baixos valores de viés, com valores médios abaixo de 2%, e uma alta acurácia, que melhorou de 88% para 98%, após a normalização pela estatura ao quadrado. Porém, a equação de Mifflin-St Jeor subestimou e as de Lazzer e FAO/WHO/UNU superestimaram os resultados, mostrando estimativas tendenciosas e não precisas, enquanto a equação de Harris-Benedict foi pouco tendenciosa e um pouco mais acurada (100%) do que as novas equações (88% a 98%) e a de Bernstein (98%).

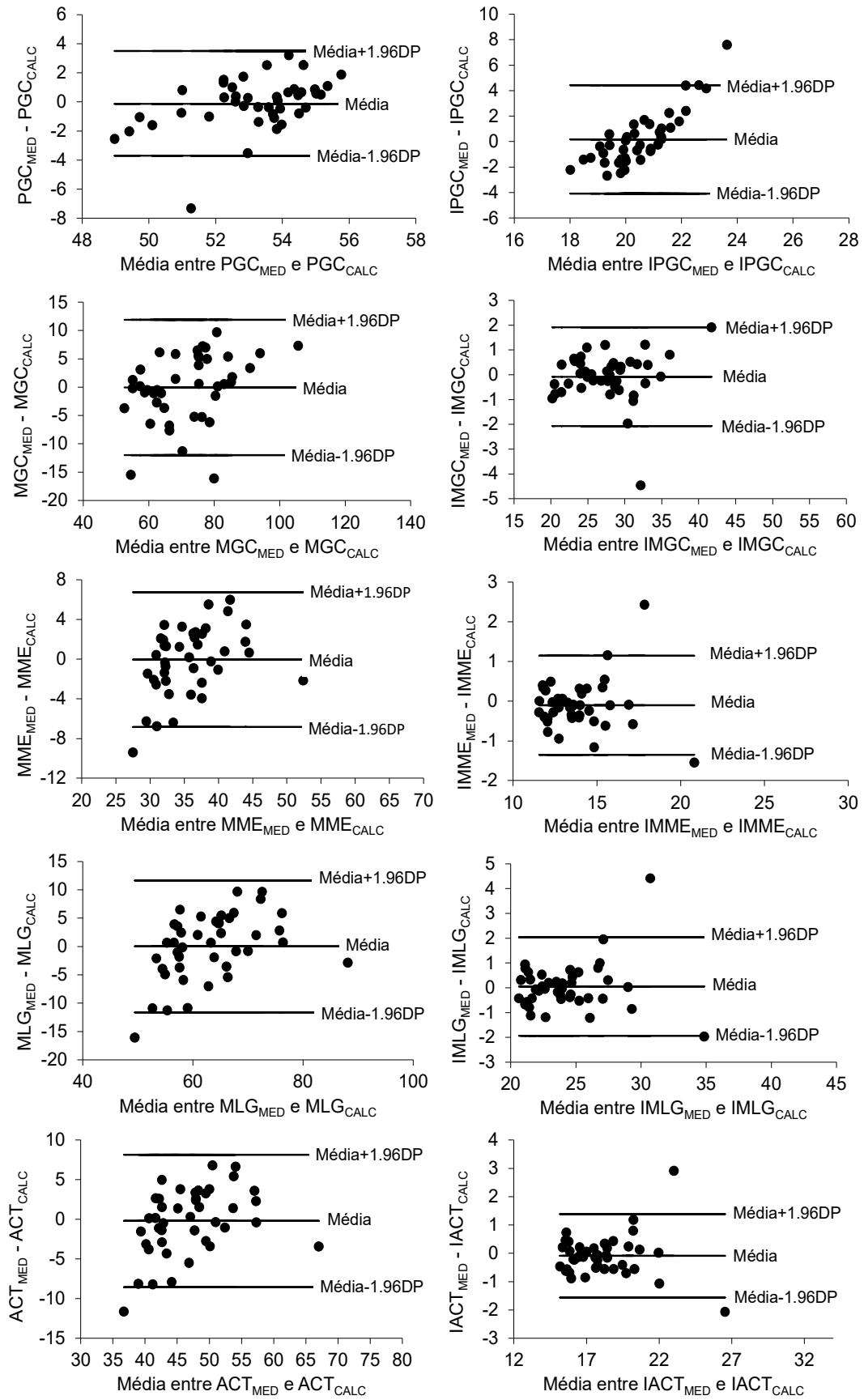


Figura 11. Gráficos de Bland-Altman relativos a cada parâmetro de composição corporal avaliado.

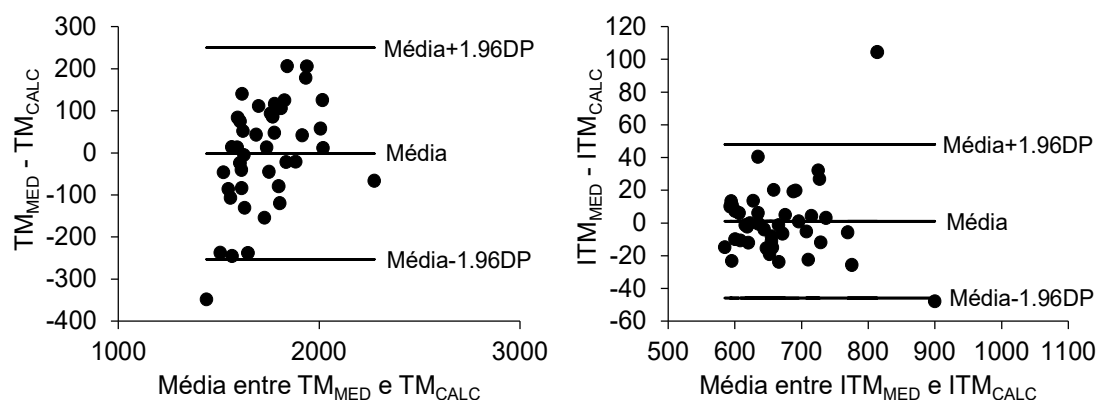


Figura 12. Gráficos de Bland-Altman relativos à taxa metabólica avaliada.

Tabela 8. Resumo dos valores de calculados por diferentes equações, viés de tendência (médias \pm desvios padrão das diferenças entre valores calculados e valores medidos) e acurácia da previsão (porcentagem de resultados dentro de diferenças de $\pm 10\%$ em relação aos valores medidos).

Equação preditiva	Valores calculados	Viés de tendência	Acurácia (%)
Composição corporal			
PGCcalc (%)	53.2 \pm 1.48	-0.14 \pm 1.80	98
IPGccalc (%/m ²)	20.4 \pm 0.66	0.17 \pm 2.13	79
MGCcalc (Kg)	71.8 \pm 11.2	-0.06 \pm 5.97	81
IMGccalc (Kg/m ²)	27.7 \pm 4.62	-0.08 \pm 1.00	98
MMEcalc (Kg)	35.8 \pm 4.58	-0.05 \pm 3.39	74
IMMEcalc (Kg/m ²)	13.8 \pm 1.97	-0.10 \pm 0.63	95
MLGcalc (Kg)	63.1 \pm 7.07	0.02 \pm 5.82	76
IMLGcalc (Kg/m ²)	24.2 \pm 3.02	0.05 \pm 0.99	98
ACTcalc (Kg)	47.0 \pm 5.72	-0.20 \pm 4.17	81
IACTcalc (Kg/m ²)	18.1 \pm 2.43	-0.09 \pm 0.74	95
Taxas metabólicas			
TMcalc (Kcal/dia)	1734.9 \pm 153.3	1.52 \pm 125.7	88
ITMcalc (Kcal/m ²)	666.4 \pm 66.6	-1.09 \pm 23.5	98
Harris-Benedict (Kcal/dia)	1730.6 \pm 220.8	-2.85 \pm 77.9	100
Mifflin-St. Jeor (Kcal/dia)	967.7 \pm 230.9	-765.7 \pm 82.3	0
Bernstein (Kcal/dia)	1712,7 \pm 170,6	- 20,7 \pm 71,8	98
Lazzer (Kcal/dia) ^b	2105,9 \pm 254,4	372,5 \pm 79,4	2
FAO/WHO/UNU ^a (Kcal/dia)	2095.4 \pm 219.9	362.0 \pm 109.2	7

^a Considerando estatura e massa corporal, segundo classes de idade.

^b Convertido da unidade original em MJ para Kcal.

Testes de regressão linear simples em relação às diferenças entre dados medidos e calculados em função da média entre estes dados (diagramas das Figuras 11 e 12), mostrados na Tabela 9, também indicam haver um viés de tendência relativamente mais forte em relação aos dados não normalizados pelo quadrado da estatura e para o IPGC, que tiveram correlações significativas ($p < 0.05$). Estas observações confirmam que geralmente existe uma melhor aplicabilidade das equações preditivas após esta normalização pelo quadrado da estatura.

Os resultados, exceto para o PGC e IPGC (por exemplo, note os baixos valores de correlação com IMC; Tabela 7), apontam para a validação da maioria das equações preditivas. Porém, as avaliações de viés de tendência e acurácia indicam que algumas exceções podem acontecer, com subestimação ou superestimação acima de 10% dos valores medidos, para os resultados com valores mais extremos mostrados por algumas das pacientes nas Figuras 11 e 12.

Tabela 9. Regressões lineares simples relativas às diferenças entre dados medidos e calculados pelas equações preditivas em função da média entre estes dados medidos e calculados, conforme mostrado nos gráficos de Bland-Altman. Resultados significativos ($p < 0,05$) estão destacados por valores p em negrito.

Regressões lineares	r^2	p
PGCdif x PGCmédia	0,20	0,003
IPGCdif x IPGCmédia	0,70	0,000
MGCdif x MGCmédia	0,13	0,018
IMGCdif x IMGCmédia	0,01	0,539
MMEdif x MMEmédia	0,16	0,009
IMMEdif x IMMEmédia	0,001	0,846
MLGdif x MLGmédia	0,19	0,003
IMLGdif x IMLGmédia	0,01	0,457
ACTdif x ACTmédia	0,14	0,013
IACTdif x IACTmédia	0,001	0,993
TMdif x TMMédia	0,19	0,004
ITMdif x ITMmédia	0,004	0,685

7. DISCUSSÃO

Os procedimentos de desenvolvimento de novas equações foram geralmente satisfatórios, assim como em relação aos testes de algumas das equações mais frequentemente utilizadas na literatura internacional para a predição da TM (Tabela 8), além do uso alternativo da normalização pelo quadrado da altura, que tem sido sugerido como útil na avaliação de outros parâmetros relacionados à saúde (PELTZ *et al.*, 2010; VAN ITALLIE *et al.*, 1990).

No presente estudo, específico para mulheres com obesidade severa, foram as equações de Harris-Benedict e de Bernstein que se destacaram como melhores alternativas ao testar o uso das equações mais usadas na literatura internacional, enquanto as equações de Mifflin-St. Jeor, Lazzer e FAO/WHO/UNU não foram aplicáveis (Tabela 8). Na revisão da literatura para a predição de TM por Macena *et al.* (2022), estes autores concluíram que, entre as equações avaliadas para prever a TM, a equação de Harris-Benedict apresentou os maiores valores de precisão para indivíduos com sobrepeso e indivíduos com obesidade. Eles também apontaram que a equação de Mifflin-St. Jeor apresentou o menor viés, mas a equação de Lazzer também se mostrou promissora e merece uma avaliação mais aprofundada.

Além destas tendências gerais apontadas nesta recente revisão da literatura, é bastante evidente que a aplicabilidade de diferentes equações prévias é muito variável entre populações diversas, mesmo para as equações que são mais frequentes internacionalmente, como estas cinco que foram avaliadas neste estudo, descritas na Tabela 3.

Os resultados do presente estudo confirmam que existe uma aplicabilidade do IMC maior do que tem sido explorado na literatura quanto à aplicação para modelos preditivos sobre composição corporal e taxa metabólica. Esta aplicabilidade se soma ao fato de que, apesar do IMC não representar exatamente a composição corporal de indivíduos, a facilidade de sua mensuração e a grande disponibilidade de dados de massa corporal e estatura podem ser motivos suficientes para a utilização do IMC em estudos epidemiológicos, em associação (ou não) a outras medidas antropométricas, até que metodologias de campo que expressem a composição corporal sejam desenvolvidas para tais estudos (ANJOS, 1992). Além disso o IMC vem sendo utilizado há muito tempo por sua associação com morbimortalidade, visto que, a relação entre excesso de massa corporal e mortalidade tem sido observada para os

graus mais elevados ($\text{IMC} > 35 \text{ Kg/m}^2$) (AMANN; SANTOS; GIGANTE, 2019; PONCE-GARCIA *et al.*, 2015; FLEGAL *et al.*, 2013).

Os resultados desta tese confirmam pela primeira vez que existe uma aplicabilidade do IMC para grandes obesas em relação a uma grande variabilidade de parâmetros de composição corporal e para taxa metabólica, também confirmando que a normalização dos parâmetros pelo quadrado da estatura pode ter uma aplicabilidade ainda melhor do que a de dados não normalizados, como foi apontado antes por Van Itallie *et al.* (1990) para indivíduos sem obesidade. E isto pode ser importante para diferentes populações no mundo, indicando que mais estudos em outras populações devem ser realizados, especialmente para grupos portadores de obesidade mais severa, que são muito pouco estudados quanto a modelos de predição com base no IMC.

Quando são feitos estudos para criar equações preditivas, os grandes obesos não participam ou são apenas uma pequena fração da amostragem que tem sido usada na literatura, dentro de grupos com não obesos e com obesidade menos severa. Esta tendência não tem permitido aos pesquisadores entender como os grandes obesos podem precisar de modelos preditivos mais específicos para eles serem atendidos e terem tratamento melhor. Por exemplo, na pesquisa de Jackson *et al.* (2002) havia apenas 10 mulheres com IMC entre 40 e 50 Kg/m^2 , para avaliar os efeitos do sexo, idade e raça na relação entre o IMC e PGC numa amostra de 665 homens e mulheres, afro-americanos e caucasianos, com idades entre 17 e 65 anos.

Porém, esses resultados publicados na literatura mostram que a relação IMC e PGC não são independentes de idade e sexo. Mostraram um efeito de raça para as mulheres, mas não para os homens. A falha em se ajustar a essas fontes de viés resultou em diferenças substanciais na proporção de indivíduos definidos como obesos pela medida do PGC (JACKSON *et al.*, 2002). Assim, cautela é necessária para interpretar estas relações.

Para o Brasil, também é recomendado que sejam desenvolvidos mais estudos preditivos, para diferentes populações de diferentes regiões, levando em conta que existe uma tendência temporal de aumento de obesidade grau III na população adulta das capitais brasileiras, com a preocupação maior destes resultados de um aumento da prevalência para as mulheres (MALTA *et al.*, 2019). Isto sugere um alerta ainda maior para a população feminina ter mais dados epidemiológicos sendo gerados.

Destaca-se, ainda, que os resultados mostrados acima para uma população feminina do Rio de Janeiro mostraram que também é preciso ter cautela para o uso dos modelos preditivos gerados, pois:

1. PGC e IPGC não apresentaram uma boa previsibilidade em comparação com os demais parâmetros;
2. Foi observado em vários casos o viés de tendência, que significa valores mais altos e mais baixos serem menos precisos quanto à capacidade de predição dos modelos de regressão.

As equações, criadas e validadas por esse estudo, servem como uma contribuição para o desenvolvimento e aprimoramento do conhecimento sobre a composição corporal e taxa metabólica, que são dois componentes fundamentais para a saúde humana. Elas também apresentam uma relevância particular, por serem específicas para mulheres que apresentem obesidade grave, já que hoje em dia a obesidade é uma das doenças que mais atinge a população mundial e ainda de difícil tratamento e acompanhamento. A falta de dados sobre variáveis de composição corporal e taxa metabólica dificulta o avanço no conhecimento, já que hoje em dia, os equipamentos existentes são de um alto custo e ou não são adequados para serem utilizados por pessoas obesas de grau III.

Estes resultados também contribuem para atender à necessidade de desenvolvimento de indicadores antropométricos do estado nutricional que sejam simples de se obter e que não necessitem de padrão para comparação, no sentido de refletir a composição corporal, como foi destacado pela WHO (1986).

As equações preditoras disponíveis na literatura, que seriam métodos de mais baixo custo, apresentam algumas limitações por não terem sido criadas especificamente para essa população de obesidade grave. Desta forma, essas equações especificamente criadas para serem utilizadas por mulheres com obesidade grau III, se tornam contribuições originais para auxiliar a preencher essa lacuna que é de escala mundial, possibilitando um tratamento e acompanhamento mais preciso para essa parte específica da população.

A técnica da bioimpedância emprega várias características corporais com efeitos físicos variáveis da hidratação, fração de gordura e geometria corporal sobre

a condutividade dos tecidos, o que explica em parte porque os modelos empíricos de equações preditivas são específicos para as populações avaliadas (KYLE; BASAEUS; *et al.*, 2004). Por exemplo, Deurenberg (1996) apontou que em casos mais avançados de obesidade (avaliando-se amostras de indivíduos com classes de IMC de <18 a >35 Kg/m²) a bioimpedância apresentou maiores incertezas, devido à larga variabilidade da relação entre composição corporal e bioimpedância corporal, o que pode ser devido fatores como: 1) aumento relativo da água corporal e água extracelular (que causam subestimação da gordura corporal); e 2) Geometria corporal diferente (que causa superestimação da gordura corporal). Estas considerações apontadas no estudo de Deurenberg podem explicar por que o PGC não apresenta uma boa previsibilidade pela equação desenvolvida na presente tese.

Estudos anteriores que desenvolveram modelos de predição do PGC a partir do IMC para amostras de pessoas obesas e não obesas reunidas, mostram uma inclinação nas curvas de PGC em função do IMC onde perdem a tendência de correlação conforme vão chegando a resultados de IMC que indicam obesidade (HO-PHAM *et al.*, 2015; PELTZ *et al.*, 2010; JACKSON *et al.*, 2002).

Os resultados encontrados confirmaram que a possível limitação do IMC para a predição do percentual de gordura corporal indicada para diferentes populações no mundo foi também observada por este estudo, mostrando que para mulheres com obesidade grau III foram encontrados baixos valores de r^2 (Tabela 7), explicando apenas 29% e 11% da variabilidade dos resultados de PCG e IPGC, respectivamente. Por outro lado, uma média a alta capacidade de predição foi observada nesta aplicação do IMC para os outros parâmetros de composição corporal, com valores r^2 explicando de 51% a 87% da variabilidade dos dados não normalizados pelo quadrado da estatura. Esta capacidade de predição foi aumentada para 85% a 94% em relação aos dados que tiveram esta normalização (exceto o IPGC, conforme citado acima). Estas observações corroboraram a hipótese de que a normalização pode melhorar a previsão dos parâmetros por meio do uso do IMC. De forma análoga, a taxa metabólica também tem aumento da acurácia da predição, com a capacidade de predição subindo de 51% para 88%, ao ser realizada a normalização pelo quadrado da estatura.

Por outro lado, Horie *et al.* (2008) concluíram que, apesar das equações-padrão da técnica de bioimpedância desenvolvidas para a população geral não serem precisas para avaliar a MGC em pacientes gravemente obesos, as novas equações

desenvolvidas para esta população (em função da idade, massa corporal atual e estatura) apresentam maior precisão quando comparadas com a equação-padrão original.

Desta forma, os resultados das equações preditivas geradas no presente estudo (Tabela 7) corroboram que a predição da MGC pode ser adequadamente validada, como apresentado anteriormente por Horie *et al.* (2008). Apesar dos numerosos métodos de avaliação da composição corporal, são poucos os estudos que avaliam a sua reprodutibilidade e acurácia na população, como apontado por Resende *et al.* (2007).

O IMC é amplamente utilizado como uma medida de sobrepeso e obesidade, mas subestima a prevalência de ambas as condições, definidas como excesso de gordura corporal, como apontado no estudo de Gómez-Ambrosi *et al.* (2012), que utilizaram o método da plestimografia para determinar o PGC. Neste estudo, empregando um total de 6123 indivíduos caucasianos (924 magros, 1637 com sobrepeso e 3562 obesos, classificados de acordo com o IMC), com idade entre 18 e 80 anos, 29% dos indivíduos classificados como magros e 80% dos indivíduos classificados como com sobrepeso de acordo com o IMC apresentaram PGC dentro da faixa da obesidade. Considerando os fatores de risco cardiometabólico relatados em indivíduos não obesos de acordo com o IMC, mas obesos com base na gordura corporal, foi concluído pelos autores que é desejável a inclusão de medidas de composição corporal juntamente com a avaliação da morbidade na prática médica cotidiana, tanto para o diagnóstico quanto para a tomada de decisão para instauração de tratamento adequado da obesidade. Por exemplo a utilização da medida da circunferência da cintura como fator de risco para doenças cardiovasculares (RESENDE *et al.*, 2006).

Equações preditivas validadas podem auxiliar a atender estas grandes demandas de suporte para o tratamento da obesidade, que são evidenciadas na literatura científica. Por exemplo, no estudo realizado por Azevedo *et al.* (2020), ao avaliar o desenvolvimento de valores de MME abaixo do limiar estimado para o indivíduo, foi chamada a atenção para a importância do acompanhamento a longo prazo dos pacientes submetidos a cirurgias bariátricas, para obtenção de um emagrecimento saudável. Estes autores sugeriram que mais estudos como este sejam realizados, incluindo um número maior de pacientes e com um maior tempo de

acompanhamento, para que implementem intervenções específicas para pacientes submetidos à cirurgia bariátrica.

A massa corporal tem sido um parâmetro antropométrico reconhecido como importante na predição do gasto energético (FETT; FETT; MARCHINI, 2006). Além disto, Santos *et al.* (2020) não encontraram diferenças significativas entre a taxa metabólica calculada via fórmula preditiva desenvolvida e via CI, sendo essa diferença menor do que 100 Kcal, na maioria dos indivíduos avaliados. Essa variação é considerada pouco expressiva na elaboração de planos alimentares, não prejudicando o resultado esperado. Diante do observado, pode-se considerar a equação destes autores como sendo validada a partir de um método padrão ouro de medida. Portanto, acredita-se que a fórmula pode ser utilizada com segurança e baixo custo na prática clínica.

Todavia, vale ressaltar a necessidade de estudos futuros para refinar a equação considerando a estratificação dela de acordo, por exemplo, com sexo, idade e nível de atividade física. Além disto, as limitações da aplicação de equações preditivas devem ser levadas em conta, pois medições diretas seriam preferíveis para a obtenção de determinação precisa dos parâmetros avaliados (MIFFLIN *et al.*, 1990).

Equações preditivas têm sido utilizadas para validar a própria aplicabilidade da BIA, em comparação com outros métodos. No estudo de Haroun *et al.* (2010), foram realizadas medidas de massa corporal, estatura, água corporal total (ACT) e BIA (TANITA TBF-300) em 110 indivíduos caucasianos, 170 indivíduos asiáticos e 102 indivíduos negros, com idades entre 11-15 anos, para validar a estimativa da ACT por BIA em comparação com o método do deutério (D₂O), para os grupos étnicos. Valores de D₂O foram comparados com os valores BIA e usados para gerar equações de predição étnicas específicas em toda a amostra e em subgrupos de geração de equações (grupo 1) e validação cruzada (grupo 2). As equações integradas de BIA não previram a ACT com precisão entre os grupos étnicos, com viés de tendência significativo em homens caucasianos e asiáticos, assim como em mulheres asiáticas e negras. Os autores encontraram uma variabilidade significativa da ACT entre os grupos étnicos, que não foi refletida pelo IMC, recomendando o uso de suas equações em populações multiétnicas.

É notório que a fisiopatologia da obesidade está associada a comorbidades posteriores, como a HAS, diabetes mellitus, e dislipidemias. Aliado a isso, as DCNTs representam uma grande carga para o sistema público de saúde do Brasil, haja visto

que são uma das principais causas de morte e de adoecimento da população. Devido aos seus efeitos negativos diretos na saúde, somados aos efeitos indiretos resultantes de doenças crônicas associadas, a obesidade representa uma carga dupla para os sistemas de saúde (FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

No Brasil, o Ministério da Saúde, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), por meio da assistência primária à saúde, é o principal proponente de ações voltadas para a prevenção e tratamento da obesidade nos últimos anos (DIAS *et al.*, 2017). As estimativas dos custos atribuíveis às principais doenças crônicas associadas à alimentação inadequada evidenciam a grande carga econômica dessas doenças para o SUS. Os dados mostram a necessidade de priorizar políticas integradas e intersetoriais para a prevenção e o controle da hipertensão, do diabetes e da obesidade (NILSON *et al.*, 2020).

A obesidade é considerada uma prioridade global de saúde pública por sua magnitude e relação com doenças crônicas (BURLANDY *et al.*, 2020). O excesso de massa corporal e obesidade são fatores de risco importantes para hipertensão e diabetes, coexistindo, assim, em grande parte dos diabéticos e hipertensos. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2013, mais de um terço dos diabéticos e dos hipertensos eram obesos. Além disso, 75% dos diabéticos e 74% dos hipertensos apresentavam excesso de massa corporal (BURLANDY *et al.*, 2020).

Assim, agregar a obesidade a essas comorbidades permite uma estimativa mais completa do impacto econômico da obesidade no SUS. Com a incorporação dos custos da obesidade como fator de risco para hipertensão e diabetes, os custos totais atribuíveis à obesidade aumentam para R\$ 669 milhões em hospitalizações e gastos ambulatoriais; e para R\$ 722 milhões em gastos com medicamentos, ou seja, um total de R\$ 1,39 bilhão em 2018. Mais de 60% dos gastos totais atribuíveis à obesidade foram com mulheres, tendo em vista a maior prevalência de obesidade e o maior risco relativo de alguns desfechos, particularmente doenças cardiovasculares, no sexo feminino (NILSON *et al.*, 2020). Desta forma, torna-se o nível de atenção apropriado para promoção da saúde e prevenção de agravos como a obesidade (CARVALHO *et al.*, 2021).

Entretanto, entre os principais desafios das práticas, referidos pelos profissionais e reiterados nos documentos de políticas, destacam-se as dificuldades quanto à resolutividade e a dificuldade de adesão aos processos terapêuticos, assim como em relação à demanda de atuação em equipe multiprofissional (BURLANDY *et*

al., 2020). Estas limitações reforçam a necessidade da aplicação de métodos o mais acessíveis possível, para um atendimento em uma maior escala da população avaliada. Isto é particularmente relevante no interior do país, em cidades de pequeno porte e em postos de atenção primária que não possuem aparelhos para as medições necessárias e pessoal treinado na sua utilização. A possibilidade de usar uma equação validada se torna ainda mais interessante nesses cenários.

Conforme descrito acima, estudos anteriores retrataram o aumento dos gastos com o tratamento da obesidade e doenças associadas (diabetes, hipertensão arterial e infarto agudo do miocárdio), por parte do SUS, o que acompanha o aumento da prevalência de excesso de massa corporal nas diversas regiões do país e nas mais variadas faixas etárias (MAZZOCCANTE; MORAES; CAMPBELL, 2012). O desenvolvimento, validação e aplicação de equações preditivas também possibilita reduzir os custos associados às avaliações das pessoas com obesidade em ampla escala, se forem utilizados métodos simples baseados nestas equações.

Além disto, destaca-se a dificuldade da utilização de algumas técnicas de avaliação da composição corporal em indivíduos com obesidade grau III, o que ressalta a aplicabilidade da bioimpedância para suprir esta demanda.

Desta forma, a bioimpedância torna-se o método eficaz de avaliação com boa acurácia em indivíduos com obesidade, pois seus resultados são obtidos por meio da resistência da corrente elétrica aos tecidos corporais. Esta observação se soma ao fato de que a bioimpedância é uma ferramenta válida para a avaliação da composição corporal total e segmentar na população geral, apresentando excelentes concordâncias quando comparada com o DEXA, para mulheres com sobrepeso e obesidade (LING *et al.*, 2011; BRAULIO *et al.* (2010)).

As limitações da aplicação de equações preditivas devem ser levadas em conta, pois medições diretas seriam preferíveis para a obtenção de determinação precisa dos parâmetros avaliados e por serem limitadas à sua derivação da população estudada, assim como os percentuais não explicados pelas equações devem ser alvo de estudos futuros, mas o valor preditivo comparável ao de outros estudos é favorável à sua aplicação, enquanto sua utilidade clínica mais ampla deve ser avaliada via testes em outras populações (MIFFLIN *et al.*, 1990).

No caso específico de grandes obesos, em comparação a indivíduos não-obesos, observa-se ainda que comportamentos diferenciados, por exemplo, em relação ao gasto energético, são esperados em virtude dos processos de restrição

energética aos quais os grandes obesos estão sujeitos (MELO; TIRAPÉGUI; RIBEIRO, 2008). Esta condição particular resulta em demandas de mais estudos para fins de comparação e uso de modelos preditivos em larga escala, pois a comparabilidade dos seus resultados com os de outros grupos fora desta condição não é satisfatória para as discussões da aplicabilidade de equações preditivas.

Aspectos como a derivação de uma amostragem comparável com (ou maior do que) as observadas na literatura, a obtenção de correlações razoáveis altas (como $r^2 > 0.70$) e o uso de métodos validados têm sido apontados também como indicadores da aplicabilidade de modelos preditivos (MIFFLIN *et al.*, 1990). Por outro lado, existem também evidências na literatura de que a validade das equações preditivas pode variar devido à idade, composição corporal, etnicidade e status nutricional dos pacientes avaliados para gerar estas equações (POLI *et al.*, 2016; HASSON *et al.*, 2011; WEIJS, 2008). Isto explica por que é necessário testar possíveis diferenças entre populações de grandes obesas para a futura aplicação de equações preditivas, que podem não ser adequadas a uma população diferente da que permitiu a obtenção destas mesmas equações. Além disto, a redução de massa corporal tem sido também mostrada como um fator de influência sobre o gasto energético, pois causa a sua redução (RUIZ *et al.*, 2011).

Para acompanhar populações de grandes obesos em períodos após tratamentos para emagrecimento é preciso cautela quanto à derivação e uso de equações preditivas. Havendo cuidados para o acompanhamento de indivíduos com obesidade ao longo dos tratamentos para perda de peso, ele pode ser beneficiado por equações específicas para prever a TM antes e depois da perda de peso, como foi desenvolvido por Nachmani *et al.* (2021).

Em uma pesquisa para avaliar o gasto energético e a composição corporal de mulheres obesas com IMC similares, submetidas ou não à cirurgia bariátrica, Bertato *et al.* (2009) observaram que não houve diferença no gasto energético entre os grupos. Mas, encontraram diferença significativa na dobra cutânea do bíceps, na água extracelular entre os grupos e gordura corporal tanto entre os grupos analisados quanto entre os dois métodos utilizados – bioimpedância e somatória das dobras. Estes autores concluíram que há diferenças na composição corporal das mulheres de mesmo IMC que realizaram ou não a cirurgia.

Neste contexto, avaliações futuras que comparem indivíduos que realizaram cirurgia bariátrica com indivíduos que não realizaram devem ter cautela quanto à

aplicação da mesma equação preditiva para a atividade metabólica, pois isto dependerá das características destes grupos serem comparáveis ou não. O desenvolvimento destes métodos de predição quanto a atividades metabólicas possui uma grande demanda, considerando-se que, em última instância, a obesidade é causada por um desequilíbrio entre a ingestão e o gasto energético (SICHERI *et al.*, 1998). A variação neste balanço é decisiva para o desenvolvimento e tratamento da doença (FARIAS JR., 2001).

Como foi exemplificado acima, variando caso a caso para populações diferentes, pode haver dificuldades de aplicação dos modelos preditivos quando as equações propostas mais recentemente para populações específicas e as equações preditivas mais antigas e comumente usadas não possuem uma acurácia adequada para as populações específicas com obesidade (OLIVEIRA *et al.*, 2018; WRIGHT *et al.*, 2016; TSENG *et al.*, 2011).

Na revisão de Macena *et al.* (2022), foi indicado que o uso de dados de composição corporal nas equações preditivas não pareceu produzir melhores resultados para a predição de TM. Além disso, também é recomendável o desenvolvimento provisório de equações que não dependam de parâmetros que impliquem em maiores custos (como os que necessitam de medidas de BIA dos pacientes), aumentando a acessibilidade, desde que o procedimento seja suficientemente preciso, já que a realização de uma avaliação mais confiável do gasto calórico em pacientes com obesidade grave é importante para a prescrição de uma dieta mais adequada.

Existe necessidade de se avaliar e propor métodos seguros e acurados, de baixo custo e de facilidade técnica que possam ser utilizados, amplamente, pelos profissionais de saúde na avaliação de indivíduos em centros de saúde, clínicas e em estudos populacionais, a fim de garantir adequado direcionamento das medidas de intervenção e das políticas de saúde (RESENDE *et al.*, 2007), como é o caso deste presente estudo. Neste sentido, são apresentadas as seguintes recomendações para os próximos estudos:

1. Comparar as equações desenvolvidas com avaliações por DEXA e calorimetria indireta;

2. Comparação das vantagens e desvantagens de utilizar os valores brutos e os índices normalizados pela estatura, desenvolvendo pontos de cortes para resultados que tenham viés de tendência que possam limitar a validação;
3. Desenvolver e validar equações de predição também para pacientes obesos grau III do sexo masculino.
4. Testar se as equações desenvolvidas para pacientes em período pré-operatório seriam válidas para pacientes em período pós-operatório, para os sexos feminino e masculino.

8.CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, em atendimento aos objetivos estabelecidos foram desenvolvidas e validadas equações para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III por meio da utilização do IMC como variável preditora, possibilitando as seguintes conclusões:

1. Os resultados do presente estudo reforçam que existe uma ampla aplicabilidade do IMC, maior do que tem sido explorado na literatura, quanto à sua validade para uso em modelos preditivos sobre composição corporal;
2. Os modelos preditivos para a estimativa da taxa metabólica, desenvolvidos neste estudo, também demonstraram que existe aplicabilidade do IMC maior do que tem sido explorado na literatura;
3. Os índices normalizados pelo quadrado da estatura desenvolvidos neste estudo apresentaram melhor validação do que para os dados não normalizados, exceto para o IPGC. Apenas as equações desenvolvidas para o PGC e o IPGC não puderam ser validadas, porque não apresentaram uma boa previsibilidade para estimar seus respectivos parâmetros;
4. Todas as demais equações desenvolvidas a partir da utilização dos índices, tiveram sua validação constatada estatisticamente, indicando que elas podem ser usadas na avaliação de mulheres com obesidade grau III, assim como equações de Harris-Benedict e Bernstein, em relação à taxa metabólica;
5. As equações que não foram desenvolvidas utilizando os índices, também tiveram sua validação constatada estatisticamente, indicando que elas podem ser usadas na avaliação de mulheres com obesidade grau III. Porém, devemos considerar uma ressalva para essa utilização, pois foi observado em vários casos o viés de tendência, que significa valores mais altos e mais baixos serem menos precisos quanto à capacidade de predição dos modelos de regressão.

9. Referências bibliográficas

ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade**. 4. ed. São Paulo: Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica, 2016.

AKINDELE, M. O.; PHILLIPS, J. S.; IGUMBOR, E. U. The relationship between body fat percentage and body mass index in overweight and obese individuals in an urban african setting. **Journal of Public Health in Africa**, 2016. DOI 10.4081/jphia.2016.515. Disponível em: <https://www.publichealthinafrica.org/index.php/jphia/article/view/515>. Acesso em: 25 jan. 2023.

AMANN, V. R.; SANTOS, L. P. dos; GIGANTE, D. P. Associação entre excesso de peso e obesidade e mortalidade em capitais brasileiras e províncias argentinas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 12, p. e00192518, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00192518>.

ANJOS, L. A. Índice de massa corporal (massa corporal.estatura-2) como indicador do estado nutricional de adultos: revisão da literatura. **Revista de Saúde Pública**, v. 26, n. 6, p. 431–436, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101992000600009>.

ANJOS, L. A.; WAHRLICH, V. Composição corporal na avaliação do estado nutricional. In: KAC, G.; SICHIERI, R.; GIGANTE, D. P. (orgs.). **Epidemiologia nutricional (on line)**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ/Atheneu, 2007. Disponível em: <http://books.scielo.org>.

ARCH, J. R. S.; HISLOP, D.; WANG, S. J. Y.; SPEAKMAN, J. R. Some mathematical and technical issues in the measurement and interpretation of open-circuit indirect calorimetry in small animals. **International Journal of Obesity**, v. 30, n. 9, p. 1322–1331, 2006. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803280>.

AZEVEDO, B. dos S. S.; SILVA, F. A. e; DIAS, B. K. B.; SOUZA, M. R. de; FAGUNDES, C. F.; ALMEIDA, V. R. de. Análise da Perda de Massa Muscular Esquelética a partir de achados de bioimpedância em uma coorte de pacientes submetidos à Cirurgia Bariátrica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e4889119874, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9874>.

BARROS, F. de. What is the major public health problem: the morbid obesity or bariatric surgery coordinated for health system single? (Part I). **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 42, n. 2, p. 69–69, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-69912015002001>.

BENTES, C. M.; SILVEIRA, A. L. B. da; DI MASI, F.; RESENDE, M.; NETTO, C.; MARINHEIRO, L. P. F. Reliability of bioimpedance and indirect calorimetry to evaluate resting metabolic rate in Brazilian women with metabolic syndrome. **Diabetes &**

Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, v. 15, n. 2, p. 493–497, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.02.018>.

BERNSTEIN, R. S.; THORNTON, J. C.; YANG, M. U.; WANG, J.; REDMOND, A. M.; PIERSON, R. N.; PI-SUNYER, F. X.; VAN ITALLIE, T. B. Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 37, n. 4, p. 595–602, 1983. <https://doi.org/10.1093/ajcn/37.4.595>.

BERTALO, M. P.; NOVAIS, P. F. S.; SATTTLER, M. C.; RASERA JR., I.; ALVES, S. C. C.; OLIVEIRA, M. R. M. Estimativa do consumo, gasto energético e composição corporal num estudo de caso-controle com mulheres obesas praticantes de atividade física programada, submetidas ou não à cirurgia bariátrica. **Rev. Simbio-Logias**, v. 2, n. 1, p. 114–131, 2009.

BIOSPACE. **Health care & human care inbody230**. [S. l.: s. n.], [s. d.].

BIRNBAUMER, P.; MÜLLER, A.; TSCHAKERT, G.; SATTTLER, M. C.; HOFMANN, P. Performance Enhancing Effect of Metabolic Pre-conditioning on Upper-Body Strength-Endurance Exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 963, 2018. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00963>.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v. 327, p. 307–310, 1986.

BORGES, K. A.; ANDRADE, L. F.; CHAGAS, L. M. de O.; BORGES, M. D. F.; CASTRO, S. S. de. Confiabilidade e Validade do World Health Organization Disability Assessment Schedule para Pessoas com Obesidade Mórbida. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 30, n. 2, p. 94–101, 2019. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v30i2p94-101>.

BRANSON, R. D.; JOHANNIGMAN, J. A. The Measurement of Energy Expenditure. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 19, n. 6, p. 622–636, 2004. <https://doi.org/10.1177/0115426504019006622>.

BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigitel Brasil 2019: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2019**. [S. l.]: Brasília: Ministério da Saúde: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis, 2020.

BRAULIO, V. B.; FURTADO, V. C. S.; SILVEIRA, M. G.; FONSECA, M. H.; OLIVEIRA, J. E. Comparison of body composition methods in overweight and obese Brazilian women. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 54, n. 4, p. 398-405, 2010.

BRÚSIK, M.; ŠTRBOVÁ, Z.; PETRÁŠOVÁ, D.; POBEHA, P.; KUKLIŠOVÁ, Z.; TKÁČOVÁ, R.; JOPPA, P. Increased Resting Energy Expenditure and Insulin Resistance in Male Patients With Moderate-to Severe Obstructive Sleep Apnea. **Physiological Research**, p. 969–977, 2016. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933277>.

BURLANDY, L.; TEIXEIRA, M. R. M.; CASTRO, L. M. C.; CRUZ, M. C. C.; SANTOS, C. R. B.; SOUZA, S. R. de; BENCHIMOL, L. S.; ARAÚJO, T. da S.; RAMOS, D. B. das N.; SOUZA, T. R. Modelos de assistência ao indivíduo com obesidade na atenção básica em saúde no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. e00093419, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00093419>.

CABALLERO, B. The Global Epidemic of Obesity: An Overview. **Epidemiologic Reviews**, v. 29, n. 1, p. 1–5, 2007. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxm012>.

CARPENTER, C. L.; YAN, E.; CHEN, S.; HONG, K.; ARECHIGA, A.; KIM, W. S.; DENG, M.; LI, Z.; HEBER, D. Body Fat and Body-Mass Index among a Multiethnic Sample of College-Age Men and Women. **Journal of Obesity**, v. 2013, p. 1–7, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/790654>.

CARVALHO, A. S.; ALVES, T. C.; ABDALLA, P. P.; VENTURINI, A. C. R.; LEITE, P. D. L.; MACHADO, D. R. L. Composição corporal funcional: breve revisão. **Caderno de Educação Física e Esporte**, v. 16, n. 1, p. 235–246, 2018. <https://doi.org/10.36453/2318-5104>.

CARVALHO, L. S.; SOUSA, C. B.; BESERRA, J. B.; CABRAL, S. M. R.; CARDOSO, O. O.; SANTOS, M. M. Reflexões sobre os desafios e perspectivas no enfrentamento da obesidade no âmbito da atenção básica no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. 1-7 e6810716331, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.16331>.

CESAR, M. C.; OLIVEIRA JR., A. V.; RASERA JR., I.; SHIRAGA, E. C.; MONTESANO, F. T.; WAJSBERG, M.; MONTEIRO, C. R.; BARROS, T. L. Avaliação da taxa metabólica basal de mulheres com obesidade grau III residentes no interior do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 8, n. 1, p. 38–44, 2012.

CHAVES, L. G. C. M.; GONÇALVES, T. J. M.; BITTENCOURT, A. G. V.; RSTOM, R. A.; PEREIRA, T. R.; VELLUDO, S. F. Avaliação da composição corporal pela densitometria de corpo. **Radiol Bras.**, v. 55, n. 5, p. 305-311, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2021.0155>

CHEN, K. K.; WEE, S.-L.; PANG, B. W. J.; LAU, L. K.; JABBAR, K. A.; SEAH, W. T.; NG, T. P. Relationship between BMI with percentage body fat and obesity in Singaporean adults – The Yishun Study. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1, p. 1030, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11070-7>.

CHEN, W.; BERENSON, G. S. Metabolic syndrome: definition and prevalence in children. **Metabolic syndrome: definition and prevalence in children**, v. 83, n. 1, p. 1–3, 2007.

COUTINHO, W. Consenso Latino-Americano de Obesidade. **Federação Latino-Americana de Sociedades de Obesidade - FLASO**, v. 43, n. 1, p. 21–67, 1999.

CUNNINGHAM, J. J. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 6, p. 963–969, 1991. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.6.963>.

DEURENBERG, P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, n. suppl, p. 449s–452s, 1996.

DIAS, P. C.; HENRIQUES, P.; ANJOS, L. A. dos; BURLANDY, L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 7, 2017. DOI 10.1590/0102-311x00006016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017000705001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 25 jan. 2023.

DOB RATZ, J. R.; SIBLEY, S. D.; BECKMAN, T. R.; VALENTINE, B. J.; KELLOGG, T. A.; IKRAMUDDIN, S.; EARTHMAN, C. P. Predicting Energy Expenditure in Extremely Obese Women. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 31, n. 3, p. 217–227, 2007. <https://doi.org/10.1177/0148607107031003217>.

ESTIVALETI, J. M.; GUZMAN-HABINGER, J.; LOBOS, J.; AZEREDO, C. M.; CLARO, R.; FERRARI, G.; ADAMI, F.; REZENDE, L. F. M. Time trends and projected obesity epidemic in Brazilian adults between 2006 and 2030. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 12699, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16934-5>.

FAO/WHO/UNU. **Energy and protein requirements**. [S. l.]: World Health Organization, 1985.

FARIAS JR., J. C. Associação entre nível de atividade física, composição da dieta e gordura corporal em adultos. **Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 3, p. 34–42, 2001.

FERRAZ, E. M.; ARRUDA, P. C. L. de; BACELAR, T. S.; FERRAZ, Á. A. B.; ALBUQUERQUE, A. C. de; LEÃO, C. S. Tratamento cirúrgico da obesidade mórbida. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias**, v. 30, n. 2, p. 98–105, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-69912003000200004>.

FETT, C. A.; FETT, W. C. R.; MARCHINI, J. S. Gasto energético de repouso medido vs. estimado e relação com a composição corporal de mulheres. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 6, p. 1050–1058, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000600011>.

FIGUEIREDO, B. Q. de; SOUTO, B. O. V.; NOGUEIRA, C. F. R.; SILVA, I. T.; BERNARDES, L. B. R.; PERES, M. L. A.; OLIVEIRA, R. C. O enorme custo da obesidade para a saúde pública brasileira: Uma breve revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e33610918276, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18276>.

FLEGAL, K. M.; KIT, B. K.; ORPANA, H.; GRAUBARD, B. I. Association of All-Cause Mortality With Overweight and Obesity Using Standard Body Mass Index Categories: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA**, v. 309, n. 1, p. 71, 2013. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.113905>.

FRANCISCHI, R. P. P. de; PEREIRA, L. O.; FREITAS, C. S.; KLOPPER, M.; SANTOS, R. C.; VIEIRA, P.; LANCHÁ JR., A. H. Obesidade: atualização sobre sua etiologia, morbidade e tratamento. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 1, p. 17–28, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732000000100003>.

FRANKENFIELD, D. C.; ROWE, W. A.; COONEY, R. N.; SMITH, J. S.; BECKER, D. Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. **Nutrition**, v. 17, n. 1, p. 26–30, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00471-8](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00471-8).

GÓMEZ-AMBROSI, J.; SILVA, C.; GALOFRÉ, J. C.; ESCALADA, J.; SANTOS, S.; MILLÁN, D.; VILA, N.; IBAÑEZ, P.; GIL, M. J.; VALENTÍ, V.; ROTELLAR, F.; RAMÍREZ, B.; SALVADOR, J.; FRÜHBECK, G. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. **International Journal of Obesity**, v. 36, n. 2, p. 286–294, 2012. <https://doi.org/10.1038/ijo.2011.100>.

GRUNDY, S. M.; CLEEMAN, J. I.; DANIELS, S. R.; DONATO, K. A.; ECKEL, R. H.; FRANKLIN, B. A.; GORDON, D. J.; KRAUSS, R. M.; SAVAGE, P. J.; SMITH JR., S. Diagnosis and management of the metabolic syndrome an american heart association/national heart, lung, and blood institute scientific statement. **Circulation**, v. 112, n. 17, p. 2735–2752, 2005.

GURRICI, S.; HARTRIYANTI, Y.; HAUTVAST, J.; DEURENBERG, P. Relationship between body fat and body mass index: differences between Indonesians and Dutch Caucasians. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, n. 11, p. 779–783, 1998. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600637>.

HAINER, V.; TOPLAK, H.; MITRAKOU, A. Treatment Modalities of Obesity. **Diabetes Care**, v. 31, n. Supplement_2, p. S269–S277, 2008. <https://doi.org/10.2337/dc08-s265>.

HAROUN, D.; TAYLOR, S. J. C.; VINER, R. M.; HAYWARD, R. S.; DARCH, T. S.; EATON, S.; COLE, T. J.; WELLS, J. C. K. Validation of Bioelectrical Impedance Analysis in Adolescents Across Different Ethnic Groups. **Obesity**, v. 18, n. 6, p. 1252–1259, 2010. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.344>.

HARRIS, J. A.; BENEDICT, F. G. **A biometric study of basal metabolism in man.** Washington: Carnegie Institution of Washington, 1919.

HASLAM, D. W.; JAMES, W. P. T. Obesity. **The Lancet**, v. 366, n. 9492, p. 1197–1209, 2005. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67483-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67483-1).

HASSON, R. E.; HOWE, C. A.; JONES, B. L.; FREEDSON, P. S. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, n. 4, p. 344–351, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.02.010>.

HO-PHAM, L. T.; LAI, T. Q.; NGUYEN, M. T. T.; NGUYEN, T. V. Relationship between Body Mass Index and Percent Body Fat in Vietnamese: Implications for the Diagnosis of Obesity. **PLOS ONE**, v. 10, n. 5, p. e0127198, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127198>.

HORIE, L. M.; GONZALEZ BARBOSA-SILVA, M. C.; TORRINHAS, R. S.; DE MELLO, M. T.; CECCONELLO, I.; WAITZBERG, D. L. New body fat prediction equations for severely obese patients. **Clinical Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 350–356, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.03.011>.

HUANG, K.-C.; KORMAS, N.; STEINBECK, K.; LOUGHNAN, G.; CATERSON, I. D. Resting Metabolic Rate in Severely Obese Diabetic and Nondiabetic Subjects. **Obesity Research**, v. 12, n. 5, p. 840–845, 2004. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.101>.

HUBÁČEK, J. A.; PIKHART, H.; PEASEY, A.; KUBÍNOVÁ, R.; BOBÁK, M. FTO Variant, Energy Intake, Physical Activity and Basal Metabolic Rate in Caucasians. The HAPIEE Study. **Physiological Research**, p. 175–183, 2011. <https://doi.org/10.33549/physiolres.932066>.

HUDDA, M. T.; NIGHTINGALE, C. M.; DONIN, A. S.; FEWTRELL, M. S.; HAROUN, D.; LUM, S.; WILLIAMS, J. E.; OWEN, C. G.; RUDNICKA, A. R.; WELLS, J. C. K.; COOK, D. G.; WHINCUP, P. H. Body mass index adjustments to increase the validity of body fatness assessment in UK Black African and South Asian children. **International Journal of Obesity**, v. 41, n. 7, p. 1048–1055, 2017. <https://doi.org/10.1038/ijo.2017.75>.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009.** [S. l.]: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

JACKSON, A. S.; STANFORTH, P. R.; GAGNON, J.; RANKINEN, T.; LEON, A. S.; RAO, D. C.; SKINNER, J. S.; BOUCHARD, C.; WILMORE, J. H. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. **International Journal of Obesity**, v. 26, n. 6, p. 789–796, 2002. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802006>.

JAKICIC, J. M.; WING, R. R.; LANG, W. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: The effect of ethnicity. **International Journal of Obesity**, v. 22, n. 3, p. 243–249, 1998. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800576>.

JEQUIER, E. Human Whole Body Direct Calorimetry. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, v. 5, n. 2, p. 12–14, 1986. <https://doi.org/10.1109/MEMB.1986.5006277>.

JIN, M.; DU, H.; ZHANG, Y.; ZHU, H.; XU, K.; YUAN, X.; PAN, H.; SHAN, G. Characteristics and reference values of fat mass index and fat free mass index by bioelectrical impedance analysis in an adult population. **Clinical Nutrition**, v. 38, n. 5, p. 2325–2332, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.10.010>.

KASOVIĆ, M.; ŠTEFAN, L.; NELJAK, B.; PETRIĆ, V.; KNJAZ, D. Reference Data for Fat Mass and Fat-Free Mass Measured by Bioelectrical Impedance in Croatian Youth. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 8501, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168501>.

KRÜGER, R. L.; LOPES, A. L.; GROSS, J. da S.; MACEDO, R. C. O.; TEIXEIRA, B. C.; REISCHAK-OLIVEIRA, Á. Validação de equações de predição da taxa metabólica basal em sujeitos eutróficos e obesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 17, n. 1, p. 73, 2014. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p73>.

KRUIZENGA, H. M.; HOFSTEENGE, G. H.; WEIJS, P. J. M. Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. **Nutrition & Metabolism**, v. 13, n. 1, p. 85, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0145-3>.

KUSHNER, R. F. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 199–209, 1992.

KYLE, U. G.; BASAEUS, I.; LORENZO, A. D. de; DEURENBERG, P.; ELIA, M.; GÓMEZ, J. M.; HEITMANN, B. L.; KENT-SMITH, L.; MELCHIOR, J.-C.; PIRLICH, M.; SCHARFETTER, H.; SCHOLS, A. M. W. J.; PICHARD, C. Bioelectrical impedance analysis?part I: review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226–1243, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>.

KYLE, U. G.; GENTON, L.; GREMION, G.; SLOSMAN, D. O.; PICHARD, C. Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 1, p. 79–88, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0261-5614\(03\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0261-5614(03)00092-X).

LAZZER, S.; AGOSTI, F.; SILVESTRI, P.; DERUMEAUX-BUREL, H.; SARTORIO, A. Prediction of resting energy expenditure in severely obese Italian women. **J Endocrinol Invest**, v. 30, p. 20–27, 2007.

LEAN, M. E.; HAN, T. S.; DEURENBERG, P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 4–14, 1996. <https://doi.org/10.1093/ajcn/63.1.4>.

LEE, R. C.; WANG, Z.; HEO, M.; ROSS, R.; JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S. B. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 3, p. 796–803, 2000. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>.

LING, C. . H. Y.; DE CRAEN, A. J. M.; SLAGBOOM, P. E.; GUNN, D. A.; STOKKEL, M. P. M.; WESTENDORP, R. G. . J.; MAIER, A. B. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. **Clinical Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 610–615, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.04.001>.

LOPES, A. L.; CUNHA, G. S.; SILVA, D. P.; ZACCAR, R.; CASTRO, F. A. S.; OLIVEIRA, A. R. Validação de equações de predição da taxa metabólica basal por meio de calorimetria indireta em indivíduos obesos. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 15, n. 4, p. 234–238, 2010.

LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n. 4, p. 537–556, 1987. <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.4.537>.

LUKASKI, H. C. Soft Tissue Composition and Bone Mineral Status: Evaluation by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. **The Journal of Nutrition**, v. 123, n. suppl_2, p. 438–443, 1993. https://doi.org/10.1093/jn/123.suppl_2.438.

LUTOSLAWSKA, G.; MALARA, M.; TOMASZEWSKI, P.; MAZUREK, K.; CZAJKWSKA, A.; KESKA, A.; TKACZYK, L. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 33, n.10, p. 2-6, 2014. <http://www.jphysiolanthropol.com/content/33/1/10>

MACENA, M. de L.; PAULA, D. T. da C.; SILVA JR., A. E. de; PRAXEDES, D. R. S.; PUREZA, I. R. de O. M.; DE MELO, I. S. V.; BUENO, N. B. Estimates of resting energy expenditure and total energy expenditure using predictive equations in adults with overweight and obesity: a systematic review with meta-analysis. **Nutrition Reviews**, v. 80, n. 11, p. 2113–2135, 2022. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac031>.

MAKNI, E.; MOALLA, W.; LAC, G.; AOUICHAOUI, C.; CANNON, D.; ELLOUMI, M.; TABKA, Z. The Homeostasis Model Assessment-adiponectin (HOMA-AD) is the most

sensitive predictor of insulin resistance in obese children. **Annales d'Endocrinologie**, v. 73, n. 1, p. 26–33, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2011.12.002>.

MALTA, D. C.; SILVA, A. G. da; TONACO, L. A. B.; FREITAS, M. I. de F.; VELASQUEZ-MELENDZ, G. Tendência temporal da prevalência de obesidade mórbida na população adulta brasileira entre os anos de 2006 e 2017. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 9, p. e00223518, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00223518>.

MARRA, M.; PASANISI, F.; SCALFI, L.; COLICCHIO, P.; CHELUCCI, M.; CONTALDO, F. The prediction of basal metabolic rate in young adult, severely obese patients using single-frequency bioimpedance analysis. **Acta Diabetologica**, v. 40, n. 0, p. s139–s141, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0047-5>.

MARTINEZ, J. A. Body-weight regulation: causes of obesity. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 59, n. 3, p. 337–345, 2000. <https://doi.org/10.1017/S0029665100000380>.

MAZZEO, S. E.; SAUNDERS, R.; MITCHELL, K. S. Binge eating among African American and Caucasian bariatric surgery candidates. **Eating Behaviors**, v. 6, n. 3, p. 189–196, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2004.12.001>.

MAZZOCCANTE, R. P.; MORAES, J. F. V. N.; CAMPBELL, C. S. G. Gastos públicos diretos com a obesidade e doenças associadas no Brasil. **Rev. Ciênc. Méd.**, v. 21, p. 25–34, 2012.

MELANSON, E. L.; DYKSTRA, J. C.; SZUMINSKY, N. A novel approach for measuring energy expenditure in free-living humans. *In*: 2009 ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2009. **2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society** [...]. Minneapolis, MN: IEEE, 2009. p. 6873–6877. DOI 10.1109/IEMBS.2009.5333124. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5333124/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MELO, C. M.; TIRAPEGUI, J.; RIBEIRO, S. M. L. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 52, n. 3, p. 452–464, 2008.

MIFFLIN, M. D.; JEOR, S. T. S.; HILL, L. A.; SCOTT, B. J.; DAUGHERTY, S. A.; KOH, Y. O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. **American Society for Clinical Nutrition**, v. 51, p. 241–247, 1990.

MITSIOPOULOS, N.; BAUMGARTNER, R. N.; HEYMSFIELD, S. B.; LYONS, W.; GALLAGHER, D.; ROSS, R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. **Journal of Applied**

Physiology, v. 85, n. 1, p. 115–122, 1998.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.1.115>.

MONTEIRO, A. B.; FERNANDES FILHO, J. Análise da composição corporal: uma revisão de métodos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 4, p. 80–92, 2002.

MÜLLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; HELLER, M. “Functional” body composition: differentiating between benign and non-benign obesity. **F1000 Biology Reports**, v. 1, 2009. DOI 10.3410/B1-75. Disponível em: <https://facultyopinions.com/prime/reports/b/1/75/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MÜLLER, M. J.; BOSY-WESTPHAL, A.; LATER, W.; HAAS, V.; HELLER, M. Functional body composition: insights into the regulation of energy metabolism and some clinical applications. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 9, p. 1045–1056, 2009. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.55>.

MUSCOGIURI, G.; EL GHOSH, M.; COLAO, A.; HASSAPIDOU, M.; YUMUK, V.; Busetto, L. European Guidelines for Obesity Management in Adults with a Very Low-Calorie Ketogenic Diet: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Obesity Facts**, v. 14, n. 2, p. 222–245, 2021. <https://doi.org/10.1159/000515381>.

NACHMANI, M.; LAHAV, Y.; ZEEV, A.; GROSMAN-RIMON, L.; EILAT-ADAR, S. Weight change adjusted equations for assessing resting metabolic rate in overweight and obese adults. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 15, n. 3, p. 221–226, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2021.03.001>.

NILSON, E. A. F.; ANDRADE, R. da C. S.; BRITO, D. A. de; OLIVEIRA, M. L. de. Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 44, p. 1, 2020. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.32>.

OLIVEIRA, B. A. P. de; GARDIM, C. B.; FERREIRA, C. N.; CAYRES, S. U.; FREITAS JUNIOR, I. F. Body composition and resting metabolic rate in obese adolescents. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 48, n. 4, p. 359–366, 2015. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v48i4p359-366>.

OLIVEIRA, B. A. P. de; NICOLETTI, C. F.; DE OLIVEIRA, C. C.; PINHEL, M. A. de S.; QUINHONEIRO, D. C. G.; NORONHA, N. Y.; MARCHINI, J. S.; NONINO, C. B. A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. **Nutrition**, v. 49, p. 1–6, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.11.024>.

OROZCO-RUIZ, X.; PICHARDO-ONTIVEROS, E.; TOVAR, A. R.; TORRES, N.; MEDINA-VERA, I.; PRINELLI, F.; LAFORTUNA, C. L.; GUEVARA-CRUZ, M. Development and validation of new predictive equation for resting energy expenditure

in adults with overweight and obesity. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 6, p. 2198–2205, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.10.022>.

PAYNE, J. H.; DEWIND, L. T.; COMMONS, R. R. Metabolic Observations in Patients with Jejunocolic Shunts*. **Obesity Research**, v. 4, n. 3, p. 304–315, 1996. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1996.tb00552.x>.

PELTZ, G.; AGUIRRE, M. T.; SANDERSON, M.; FADDEN, M. K. The role of fat mass index in determining obesity. **American Journal of Human Biology**, v. 22, n. 5, p. 639–647, 2010. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21056>.

PEREIRA, M. P.; ROCHA, G. T.; SANTOS, L. G. M. Avaliação das equações de predição da taxa metabólica basal em homens e mulheres ativos residentes em Brasília, DF, Brasil. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 2, n. 8, p. 67–75, 2008.

POLI, V. F. S.; SANCHES, R. B.; MORAES, A. dos S.; FIDALGO, J. P. N.; NASCIMENTO, M. A.; ANDRADE-SILVA, S. G.; CLEMENTE, J. C.; YI, L. C.; CARANTI, D. A. Resting energy expenditure in obese women: comparison between measured and estimated values. **British Journal of Nutrition**, v. 116, n. 7, p. 1306–1313, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0007114516003172>.

PONCE-GARCIA, I.; SIMARRO-RUEDA, M.; CARBAYO-HERENCIA, J. A.; DIVISÓN-GARROTE, J. A.; ARTIGAO-RÓDENAS, L. M.; BOTELLA-ROMERO, F.; PALAZÓN-BRU, A.; MARTÍNEZ-ST. JOHN, D. R. J.; GIL-GUILLÉN, V. F. Prognostic Value of Obesity on Both Overall Mortality and Cardiovascular Disease in the General Population. **PLOS ONE**, v. 10, n. 5, p. e0127369, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127369>.

QUETELET, M. A. **A treatise on man and the development of his faculties**. Edinburgh: Publisher by William and Robert Chambers, 1842.

RADETTI, G.; FANOLLA, A.; GRUGNI, G.; LUPI, F.; TAMINI, S.; CICOLINI, S.; SARTORIO, A. The Role of Different Indexes of Adiposity and Body Composition for the Identification of Metabolic Syndrome in Women with Obesity. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 9, p. 1975, 2021. <https://doi.org/10.3390/jcm10091975>.

RENQUIST, K. Obesity Classification. **Obesity Surgery**, v. 7, n. 6, p. 523–523, 1997. <https://doi.org/10.1381/096089297765555331>.

RESENDE, F.; ROSADO, L. E. F. P. L.; RIBEIRO, R. C. L.; VIDIGAL, F. F.; VASQUES, A. C. J.; BONARDO, I. S.; CARVALHO, C. R. Body mass index and waist circumference: association with cardiovascular risk factors. **Arq Bras Cardiol**, v. 87, n. 6, p. 666–671, 2006.

RESENDE, F.; ROSADO, L.; FRANCESCHINNI, S.; ROSADO, G. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 57, n. 4, p. 327–334, 2007.

ROCHA FILHO, J. O. da; MATKOVSKI, P. D.; ZUCCO, F. M.; RISTOW, B. D.; MORAES, P.; KOLESKI, F. J.; PINTO, R. D.; PONCE, F. S. de A. Trombose da veia porta em gastrectomia vertical laparoscópica: série de casos. **Jornal Vasculare Brasileiro**, v. 19, p. e20200013, 2020. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.200013>.

ROMERO, C. E. M.; ZANESCO, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 85–91, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000100009>.

RUIZ, J. R.; ORTEGA, F. B.; RODRÍGUEZ, G.; ALKORTA, P.; LABAYEN, I. Validity of Resting Energy Expenditure Predictive Equations before and after an Energy-Restricted Diet Intervention in Obese Women. **PLoS ONE**, v. 6, n. 9, p. e23759, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023759>.

SAN MARTIN, R.; BRANDAO, C. F. C.; JUNQUEIRA-FRANCO, M. V. M.; JUNQUEIRA, G. P.; CHUEIRE, F. B.; OLIVEIRA, J. C. S. de; CUNHA, S. F. C. da; SUEN, V. M. M.; MARCHINI, J. S. Concepts of indirect calorimetry on metabolic disorders: a narrative review. **Revista de Medicina**, v. 99, n. 6, p. 581–590, 2020. <https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v99i6p581-590>.

SANTO, M. A.; CECCONELLO, I. Morbid obesity: risks control. **Arq Gastroenterol**, v. 45, n. 1, p. 1–2, 2008.

SANTOS, I. C.; MARQUES, C. S.; BRANCO, B. H.; PANDELÓ JR., D. R. Elaboração de uma equação para predição da taxa metabólica basal (TMB) via regressão linear. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 11, p. 42368–42373, 2020.

SCAGLIUSI, F. B.; LANCHÁ JR., A. H. Estudo do gasto energético por meio da água duplamente marcada: fundamentos, utilização e aplicações. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 4, p. 541–551, 2005.

SCHNEIDER, P.; MEYER, F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 3, p. 193–196, 2005.

SICHERI, R.; PEREIRA, R. A.; MARINS, V. M. R. de; PERRELLI, R. de C.; COELHO, M. A. S. C.; MOLINA, M. D. C. Relação entre o consumo alimentar e atividade física com índice de massa corporal em funcionários universitários. **Revista de Nutrição**, v. 11, n. 2, p. 185–195, 1998. <https://doi.org/10.1590/S1415-52731998000200009>.

SILVA, G. H.; CAVALCANTE, R. B.; SUAZO, S. V.; AGUIAR, B. G. de; RODRIGUES, S. B.; MACHADO, R. M. Cirurgia bariátrica: Acurácia perceptiva, satisfação corporal e qualidade de vida. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e43710918260, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18260>.

SOUZA, R. G. M. de; GOMES, A. C.; PRADO, C. M. M. do; MOTA, J. F. Métodos de análise da composição corporal em adultos obesos. **Revista de Nutrição**, v. 27, n. 5, p. 569–583, 2014. <https://doi.org/10.1590/1415-52732014000500006>.

SPEAKMAN, J. R.; SELMAN, C. Physical activity and resting metabolic rate. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 3, p. 621–634, 2003. <https://doi.org/10.1079/PNS2003282>.

STRAIN, G. W.; WANG, J.; GAGNER, M.; POMP, A.; INABNET, W. B.; HEYMSFIELD, S. B. Bioimpedance for Severe Obesity: Comparing Research Methods for Total Body Water and Resting Energy Expenditure. **Obesity**, v. 16, n. 8, p. 1953–1956, 2008. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.321>.

TAVARES, T. B.; NUNES, S. M.; SANTOS, M. O. Obesidade e qualidade de vida: revisão da literatura. **Rev Med Minas Gerais**, n. 3, p. 359–366, 2010.

TSENG, C.-K.; HSU, H.-S.; HO, C.-T.; HUANG, H.-Y.; LIU, C.-S.; LIN, C.-C.; LIN, W.-Y. Predictive equation of resting energy expenditure in obese adult Taiwanese. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 5, n. 4, p. e313–e319, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2011.03.009>.

TURCATO, E.; BOSELLO, O.; DI FRANCESCO, V.; HARRIS, T. B.; ZOICO, E.; BISSOLI, L.; FRACASSI, E.; ZAMBONI, M. Waist circumference and abdominal sagittal diameter as surrogates of body fat distribution in the elderly: their relation with cardiovascular risk factors. **International Journal of Obesity**, v. 24, n. 8, p. 1005–1010, 2000. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801352>.

VAN HAUTE, M.; RONDILLA, E.; VITUG, J. L.; BATIN, K. D.; ABRUGAR, R. E.; QUITORIANO, F.; DELA MERCED, K.; MAAÑO, T.; HIGA, J.; ALMORO, J. G.; TERNIDA, D.; CABRERA, J. T. Assessment of a proposed BMI formula in predicting body fat percentage among Filipino young adults. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 21988, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79041-3>.

VAN ITALLIE, T. B. “Morbid” obesity: a hazardous disorder that resists conservative treatment. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 33, n. 2, p. 358–363, 1980. <https://doi.org/10.1093/ajcn/33.2.358>.

VAN ITALLIE, T. B.; HEYMSFIELD, S. B.; FUNK, R. C.; BOILEAU, R. A. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. **Am J Clin Nutr**, v. 52, p. 953–959, 1990.

VASCONCELOS, K. S. de S.; DIAS, J. M. D.; DIAS, R. C. Impacto do grau de obesidade nos sintomas e na capacidade funcional de mulheres com osteoartrite de joelhos. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 15, n. 2, p. 125–130, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1809-29502008000200003>.

WAHRLICH, V.; ANJOS, L. A. dos. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 4, p. 801–817, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2001000400015>.

WEIJS, P. J. M. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18–65 y. **Am J Clin Nutr**, v. 88, p. 959–970, 2008.

WEIJS, P. J. M.; KRUIZENGA, H. M.; VAN DIJK, A. E.; VAN DER MEIJ, B. S.; LANGIUS, J. A. E.; KNOL, D. L.; STRACK VAN SCHIJNDEL, R. J. M.; VAN BOKHORST-DE VAN DER SCHUEREN, M. A. E. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult outpatients and inpatients. **Clinical Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 150–157, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2007.09.001>.

WEIJS, P. J. M.; VANSANT, G. A. A. M. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in Belgian normal weight to morbid obese women. **Clinical Nutrition**, v. 29, n. 3, p. 347–351, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.09.009>.

WILLIS, E. A.; HERRMANN, S. D.; PTOMEY, L. T.; HONAS, J. J.; BESSMER, C. T.; DONNELLY, J. E.; WASHBURN, R. A. Predicting resting energy expenditure in young adults. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 10, n. 3, p. 304–314, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2015.07.002>.


WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Obesidade e sobrepeso. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Acesso em: 9 mar. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 64, n. 6, p. 929–941, 1986.

WRIGHT, T. G.; DAWSON, B.; JALLEH, G.; GUELFY, K. J. Accuracy of resting metabolic rate prediction in overweight and obese Australian adults. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 10, p. S74–S83, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2015.07.008>.

10. ANEXOS

10.1. Anexo I – Parecer do Comitê de Ética

<p>HOSPITAL UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO FRAGA FILHO (HUCFF/ UFRJ)</p> 
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA
Título da Pesquisa: Estudo comparando o exercício em plataforma de vibração corporal e de caminhada para verificar a perda de peso e melhora da saúde em pessoas obesas
Pesquisador: Valeria Bender Braulio
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 38740314.4.0000.5257
Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Patrocinador Principal: FUN CARLOS CHAGAS F. DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FAPERJ FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
DADOS DO PARECER
Número do Parecer: 934.494
Data da Relatoria: 14/01/2015
Apresentação do Projeto:
Protocolo 262-14, do grupo III. Respostas recebidas em 4.1.2015.
Documentos anexados à Plataforma em 04/01/2015 e analisados:
- Carta-resposta ao CEP.doc;
- Folha de Rosto.pdf;
- PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_395244.pdf;
- Projeto de Doutorado Obesidade.doc;
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.doc.
Objetivo da Pesquisa:
Ver Parecer Consubstanciado do CEP nº 908.750, de 14/12/2014.
Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Ver Parecer Consubstanciado do CEP nº 908.750, de 14/12/2014.
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Ver Parecer Consubstanciado do CEP nº 908.750, de 14/12/2014.
Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255 Sala 01D-46
Bairro: Cidade Universitária CEP: 21.941-913
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 Fax: (21)3938-2481 E-mail: cep@hucff.ufrj.br

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
CLEMENTINO FRAGA FILHO
((HUCFF/ UFRJ))



Continuação do Parecer: 934.494

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

1. De acordo com o item X.1.3.b, da Resolução CNS n.º 466/12, o pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais que permitam ao CEP acompanhar o desenvolvimento dos projetos.
2. Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas, com justificativa, ao CEP, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada.

RIO DE JANEIRO, 19 de Janeiro de 2015

Assinado por:
Carlos Alberto Guimarães
(Coordenador)

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco Nº255 Sala 01D-46
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

10.2. Anexo II – Termo de consentimento livre e esclarecido



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Saúde
Faculdade de Medicina
Departamento de Clínica Médica
Serviço de Nutrologia

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Desenvolvimento e validação de equações a partir do IMC para estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III

Você está sendo convidada a participar de uma pesquisa local sobre o desenvolvimento e validação de equações para estimar e composição corporal e gasto de energia em pacientes com obesidade grau III, atendidas no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (PROCIBA/HUCFF). O objetivo desse estudo é desenvolver e validar equações a partir do IMC que possam estimar a composição corporal e a taxa metabólica de mulheres com obesidade grau III.

Procedimentos

A Anamnese será explicada e entregue pelo pesquisador no dia da consulta ambulatorial do Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica, com duração máxima de quarenta e cinco minutos, após o término da consulta com a equipe multidisciplinar. O questionário abordará questões relativas à sua saúde e qualidade de vida. As medidas de estatura e da composição corporal serão realizadas no Laboratório de Nutrologia (no 4º andar) e/ou em uma sala reservada no local do ambulatório onde se localiza o Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica. Caso no dia você esteja se sentindo mal, poderá ser combinado outro dia para a realização da avaliação.

Riscos/Desconfortos/Assistência

Este estudo constará de uma entrevista inicial de apresentação (Anamnese), Avaliação da medida da estatura e avaliação da composição corporal por Bioimpedância, que é um procedimento não-invasivo e indolor, portanto oferece risco mínimo. Caso ocorra alguma alteração que cause sintomas que não permita continuar as avaliações, elas serão interrompidas e caso necessário a participante receberá atendimento médico.



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Saúde
Faculdade de Medicina
Departamento de Clínica Médica
Serviço de Nutrologia

Confidencialidade

Todos os dados coletados serão utilizados apenas para análises relativas a esta pesquisa. Os resultados serão apresentados em revistas e congressos científicos. E você terá direito de saber sobre os resultados das suas avaliações. Os dados pessoais não serão divulgados. Somente os pesquisadores desse estudo e os profissionais que estarão auxiliando terão acesso aos dados, não sendo permitido que outras pessoas vejam suas informações.

Benefícios

Além dos benefícios proporcionados pelas avaliações que irão indicar seu estado de saúde atual, com os resultados desse estudo com pacientes que são atendidos no Programa de Obesidade e Cirurgia Bariátrica do HUCFF, poderemos beneficiar outras pessoas que tenham obesidade grau III, que poderão utilizar essa pesquisa como fonte de informação para compor o tratamento da obesidade.

Alternativas

Se você não quiser participar do estudo ou desejar sair do projeto durante o seu andamento, sua situação presente ou futura como paciente não será afetada.

Despesas/Compensação

Não haverá despesas pessoais com o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. A participação será voluntária não havendo nenhum tipo de patrocínio nem ajuda de custo (financeira) para os participantes.

Esclarecimento durante a pesquisa

Em qualquer momento do estudo, você poderá contatar o seguinte profissional: João Felipe Machado, tel. (21) 998768251. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do

Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) – Rua Rodolpho Paulo Rocco, nº 255, Cidade Universitária/Ilha do Fundão, sala 01D-46/1º andar, pelo telefone 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas, ou por email: cep@hucff.ufrj.br. O Comitê de Ética em Pesquisa atua para que as pesquisas realizadas no Hospital sigam as normas técnicas estabelecidas pelo CONEP – Conselho Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências da Saúde
Faculdade de Medicina
Departamento de Clínica Médica
Serviço de Nutrologia

Indenização

Não há nenhum tipo de indenização prevista em caso de eventual dano devido aos procedimentos do estudo, apenas se comprovado ser o experimento a causa do dano, com avaliação de acordo com a lei.

Consentimento

Admito ter sido suficientemente esclarecida a respeito das informações sobre o estudo acima citado que li ou que foram lidas para mim. Eu discuti com o pesquisador João Felipe Machado supracitado(a) sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho a garantia de acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar desse estudo e poderei retirar meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos e sem perda de atendimento nesta instituição ou de qualquer benefício que eu possa ter adquirido. Eu recebi uma cópia desse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra cópia ficará com o pesquisador responsável por essa pesquisa. Além disso, estou ciente de que eu e o pesquisador responsável deveremos rubricar todas as folhas desse TCLE e assinar na última folha.

_____ Data ____/____/____
Assinatura do Participante da Pesquisa

_____ Data ____/____/____
Assinatura do Pesquisador

10.3. Anexo III – Preparação e recomendações para avaliação da Bioimpedância

Preparação e Recomendações para avaliação da Bioimpedancia

1. **Estatura; Peso**
2. **Alimentação:** faça a avaliação 2 a 3 horas após a refeição;
3. **Urinar:** urinar no mínimo até 30 minutos antes da avaliação
4. **Medicação:** diuréticos podem alterar resultados
3. **Exercícios:** não se deve praticar atividade física durante às 12 horas precedentes à avaliação (podem alterar a quantidade de água do organismo)
4. **Permanecer em pé por cerca de 5 minutos**
5. **Não REALIZAR o teste após o banho ou sauna.**
6. **Mulheres:** (meio do ciclo menstrual onde a retenção hídrica é menor);
7. **Realizar os testes em ambiente com temp entre 20 e 25°**
8. **Ao conduzir um novo teste com a mesma pessoa certifique-se que seja conduzido em condições idênticas ao anterior para garantir a precisão nos resultados(vestir mesmo tipo de roupa, antes de comer ou exercitar)**
9. **Álcool:** não ingerir bebidas alcoólicas (diurético) durante às 24 horas precedentes à avaliação
10. **Café ou chá:** não ingerir café, chás, bebidas efervescentes ou bebidas energéticas durante às 24 horas precedentes à avaliação;

10.4. Anexo IV – Ficha de avaliação da Bioimpedância

InBody		Universidade Federal do Rio de Janeiro Hospital Universitário Clementino Fraga Filho		LABIMH Laboratório de Bioimpedância UFRRJ	
ID	ALTURA	Data			
IDADE	SEXO	Hora			
Composição Corporal					
	Abaixo	Normal	Acima	Unidade %	Faixa Normal
Peso					
Massa muscular Massa muscular esquelética					
Massa de gordura					
ACT Água Corporal Total			MLG Massa Livre de Gordura		
Diagnóstico da obesidade					
	Valor	Faixa Normal			
IMC Índice de Massa Corporal (kg/m ²)				$IMC = \frac{\text{Peso, kg}}{(\text{Altura, cm})^2}$	
PGC Porcentagem de Gordura Corporal (%)				$PGC = \frac{\text{Massa gorda, kg}}{\text{Peso, kg}} \times 100$	
RCQ Relação Cintura-Quadril				$RCQ = \frac{\text{Circunferência da cintura, cm}}{\text{Circunferência do quadril, cm}}$	
TMB Taxa Metabólica Basal (kcal)					
Controle Músculo-Gordura					
Controle muscular		Controle da gordura			
* Use seus resultados como referência quando consultar seu médico, nutricionista ou preparador físico.					
Copyright ©1996-2006 by Biospace Co., Ltd. All rights reserved. BR-PDR-40-A-06023					

Massa magra segmentar Massa magra Avaliação

Esquerda Tronco Direita

Gordura segmentar PGC Massa gorda Avaliação

Esquerda Tronco Direita

* a gordura segmentar é estimada

Impedância

10.5. Anexo V – Artigo 1

Equations based on BMI for body composition estimations of women presenting grade III obesity

João Felipe Machado, Flávia Lúcia Conceição, João Régis Carneiro, Valéria Bender
Bráulio, José Fernandes Filho

JFM: Prof. Ed. Física. M. Sc. Laboratório de Biociência do Movimento Humano (LABIMH), Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. prof.jfmachado@gmail.com

FLC: MD. End. Ph.D. Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. flavia_lucia@yahoo.com.br

JRC: MD. End. Ph.D. Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. endoregis.carneiro@uol.com.br

VBB: MD. Nutróloga. Ph. D. Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. vbender2001@yahoo.com.br

JFF: Prof. Ed. Física, Ph.D. Laboratório de Biociência do Movimento Humano (LABIMH), Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil / Centro de Excelência em Avaliação Física (CEAF), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. jff@ceafbr.com.br

Corresponding author: João Felipe Machado, Laboratório de Biociência do Movimento Humano (LABIMH), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: prof.jfmachado@gmail.com

Conflict of interest: none.

Abstract

Objective: The aim of this study was to develop and validate predictive equations to estimate the body composition of women with grade III obesity, using the body mass index (BMI) as a predictive variable.

Methods: This cross-sectional study involved 104 patients treated at the hospital of the Universidade Federal do Rio de Janeiro randomly divided into two groups, the Equation Group, used to generate regression equations, and the Validation Group, used to validate the equations. Body fat mass (BFM), body fat percentage (BFP), skeletal muscle mass (SMM), fat-free mass (FFM) and total body water content (TBW) were valued employing the bioimpedance method (InBody® 230).

Results: Polynomial equations exhibited the best fit and a general trend of results normalized by height squared presenting higher coefficients of determination (r^2) was noted, positively affecting equation validations. Only one exception was observed, since the body fat percentage index (BFPI) resulted in an even lower correlation with BMI. Only these variables exhibited low r^2 (0.11 to 0.29), while r^2 values ranged from 0.51 to 0.94 for the other results.

Conclusion: Except for the BFP and BFPI, body composition can be estimated by the application of predictive BMI-based models. The equations employed for the indices normalized by the square of height were better predictors, while the use of equations that do not employ this normalization should consider the caveat that individuals with extreme BMI values (40 to 76 Kg/m²) present greater estimate deviations in relation to the measured values.

Keywords: Severe Obesity, Body Mass Index, Body Composition, Bioimpedance.

Introduction

Obesity is a chronic non-communicable disease (NCD) considered the most important nutritional disorder in both developing and developed countries (1). It is not a single disorder, but a heterogeneous group of conditions with multiple causes that ultimately result in the obesity phenotype (2) and is considered one of the most serious public health issues. Its prevalence has increased sharply in recent decades, which has led to a global obesity epidemic (3).

Epidemiological data regarding obesity have become alarming, whether in terms of increasing rates of prevalence and incidence, or in the implications related to associated diseases, also known as comorbidities (4). Due to higher incidence rates and a high risk factor, obesity is often associated to other metabolic and systemic comorbidities, such as primary hypertension and diabetes mellitus (1).

In this context, the body mass index (BMI) is universally accepted as an obesity indicator for the quantitative classification of obesity, as proposed by Quetelet (1835) (5). BMI has been widely applied because there is evidence of its use as a marker of mortality and metabolic changes (6,7). The World Health Organization (WHO) defines three levels of obesity severity in relation to health risk: Grade I obesity, with BMI values between 30 and 34.9 Kg/m²; Grade II, with BMI values between 35 and 39.9 Kg/m²; and Grade III (severe), with BMI values greater than 40 Kg/m². Two more levels were added to this classification by The American Society for Bariatric Surgery (ASBS), in order to adapt it to the severely obese population, namely super obesity, with BMI values between 50-60 Kg/m², and super/super obesity, with a BMI greater than 60 Kg/m² (8). However, it has the drawback of not differentiating body fat mass from fat-free body mass. For example, very muscular individuals can be wrongly classified as obese, even with a low fat percentage, if the evaluator is not aware of this fact.

Several methods for assessing body composition are available, but even the simplest ones require specialized training (9), just as the equipment for the use of these methods is not always available. In addition to this limitation, although body composition assessment methods in obese individuals have been widely discussed, these evaluations are difficult in individuals with grade III obesity due to equipment limitations and the characteristics of the employed method. Some examples in this regard include the difficulty of the use of skinfold calipers due to the amplitude of skinfolds in obesity grade III, while methods such as such as DEXA, MRI and computed tomography are difficult to apply to patients with body mass above 150 Kg.

According to Ling *et al.* (10), bioimpedance is a valid tool for the assessment of total and segmental body composition in the general population. Excellent agreements for women have been reported in comparison with DEXA for whole body lean mass (0.95), fat mass (0.97) and body fat percentage (0.93). In this context, in addition to being widely applied to non-obese individuals (11–13), bioimpedance is a more accessible method for the evaluation of obese individuals, with none of the aforementioned operational limitations, as results are obtained through the resistance of an electric current to body tissues. Although the use of this technique is affected by clinical status (*e.g.*, hydration, fluid retention, among others), Kyle *et al.* (14) indicate the need for further studies employing this technique regarding populations displaying altered clinical status, including obesity.

Several efforts have been made to develop models to predict certain parameters like fat percentage from easily acquired data, such as the BMI (15–17), however, no studies specifically dedicated to the use of BMI to predict the body composition of women with grade III obesity are available.

According to Frankenfield *et al.* (18), body composition assessment methods through the compartmentalized analysis of the total body mass allow for the determination of the different portions that each body tissue occupies in the body, offering more accurate results regarding each portion. In this context, this research aims to develop and validate equations to predict different body composition parameters in women with obesity grade III using BMI.

Methods

A cross-sectional design was applied in which adult female patients with grade III obesity were evaluated regarding their body composition using the bioimpedance technique (InBody® 230). Convenience sampling was applied, and the sample consisted of 104 patients under treatment for obesity, before undergoing bariatric surgery, at the Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) from the Bariatric Surgery Program (PROCIBA) of the Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). These patients were divided into two groups, the first formed by 62 participants whose data were used to generate the predictive equations, comprising the Equation Group (EG), and a second group formed by 42 participants, whose data were used to test and validate the equations, consisting of the Validation Group (VG).

The present study was approved by the HUCFF/UFRJ Ethics and Research Committee, protocol CAAE:38740314.4.0000.5257. The research was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki, resolution 196/96 of the National Research Ethics Council and subsequent determinations in force.

Body composition assessments were performed using height measurements and the bioimpedance method. Height was measured using a Sanny® brand stadiometer (0.1 cm precision).

Bioimpedance measures body composition by employing an electrical current. The bioimpedance assessment was performed herein by using an InBody® 230 scale coupled to a multifrequency, segmental direct body composition analyzer and a tetrapolar system with eight electrodes (tactile electrodes). Multi-frequency bioimpedance (as applied herein) is considered more suitable for the assessment of obese individuals (19).

The following results obtained by the bioimpedance analysis were analyzed in this study: body mass (BM) in Kg; body mass index (BMI) in Kg/m²; body fat percentage (BFP) in %; fat body mass (FBM) in Kg; skeletal muscle mass (SMM) in Kg; fat-free mass (FFM) in Kg and total body water content (TBW) in Kg.

Considering previous evaluations that test the applicability of expressing the results of body composition in the form of indices normalized by the square of height (20,14), the values of the evaluated parameters were thus normalized in this way, generating the following indices: body fat percentage index (BFPI), fat body mass index (FBMI), skeletal muscle mass index (SMMI), fat-free mass index (FFMI), total body water index (TBWI).

Statistical analyses

The results are presented through descriptive statistics (means, standard deviations, medians, minimum and maximum values). Nonlinear regression models were applied, due to a better fit (with a higher r^2 value) and underwent a validation step based on comparisons between the EG and VG. Regression model validation allows for assessments on whether these predictive models perform well on data independent of adjusted models.

To compare the measured and calculated data from the regression models, the Shapiro-Wilk test was first used to test data normality, resulting in significant differences ($p < 0.05$). Thus, nonparametric tests were used, and the Mann-Whitney test was used for mean comparisons. Subsequently, differences between measured and calculated data were evaluated using Bland-Altman diagrams (21), as well as regression analyses to evaluate the possible occurrence of proportion bias regarding the variability of these differences in relation to the means between measured and

calculated results. In addition, a Student's t test was applied to assess whether the differences between measured and calculated results differed significantly from zero.

Results

The study sample consisted of 104 women with BMI values between 40 and 76.6 Kg/m² (average of 50.7 Kg/m²) and ages ranging from 20 to 68 anos old (average of 45.2 anos). These patients were randomly divided into two groups for the validation treatment of the predictive equations. In addition to the absolute parameters, index calculations normalized by the square of height for each were also calculated. The Equation Group (EG) consisted of 62 women (ages 20 to 68), while the Validation Group (VG) comprised 42 women (ages 23 to 68).

Table 1 presents the descriptive statistical analyses for age, height and body composition, in relation to the total number of obese women sampled. As the application of data from a certain VG group can be limited to BMI values outside the range of variation of the EG values of the employed group, it is noteworthy that a similar BMI variation was observed between the two groups (Mann-Whitney test $p = 0.13$), indicating this was not a concern for the present study. The VG group exhibited BMI ranging between 41.3 and 76.6 Kg/m², while the EG group presented BMI values ranging between 40.0 and 73.0 Kg/ m².

The evaluation of the applied regressions in relation to body composition as a function of BMI indicated that polynomial equations exhibited the best fit in relation to the EG. Table 2 displays each equation with its respective statistical parameters, namely the determination coefficient (r^2), the adjusted coefficient of determination (r^2_{adjust}); and standard error of the estimate (SEE).

A general trend was observed for higher coefficients of determination and lower SEE values for height-normalized results, indicating that normalization positively affected equation validation. Only one exception was noted, in relation to the BFP, as the BFPI result in an even lower coefficient of determination ($r^2 = 0.11$). However, the

result is that low coefficients of determination were observed for the BFP and BFPI, not justifying their applicability, while all other tested variables exhibited high values ($r^2 = 0.51$ to 0.94). Figure 1 demonstrates that these trends were consistent across the data sets and were not due to spurious correlations.

The Mann-Whitney test indicated no significant difference ($p > 0.05$) between the measured and calculated regression results for all variables. The Figure 2 presents the plotted Bland-Altman graphs, indicating a comparatively low difference between measured and calculated data when compared to the mean results, although some exceptions were observed. The mean differences between measured and calculated data were not significantly different from zero according to the t test ($p > 0.05$). On the other hand, simple linear regression tests between the differences between measured and calculated data (Table 3) indicate a bias, both above and below the means of the differences ($p < 0.05$), in relation to the non-normalized data by the square of the height and for the BFPI. These observations confirm a generally greater applicability of predictive equations after normalization by the square of the height.

All results except for the BFP and BFPI (*i.e.*, low correlation values with the BMI), point to the validation of most of the predictive equations. However, the trend bias indicates that lower values tend to present a certain overestimation and higher values tend to present a certain underestimation of the data calculated by the regression models in relation to the means between measured and calculated data.

Discussion

The results of the present study reinforce a greater applicability of the BMI than has been explored in the literature regarding its application to predictive models on the body composition of large obese women. Furthermore, although the BMI does not exactly represent the body composition of individuals, it is easy to determine and a wide availability of data on body mass and height is available, which may be sufficient reasons to apply the BMI in epidemiological studies, in association or not with other anthropometric measurements (22).

The results also confirm that parameter normalization by the square of the height may comprise an even better option than that of non-normalized data, as indicated previously for non-obese individuals (20). This may be important when applied to different populations around the globe, indicating the need for further studies in this regard, especially for groups presenting more severe obesity, which are still scarcely studied in terms of prediction models based on the BMI.

There is, however, limited information on predictive equations for large obese subjects. Several previous studies that developed these kind of equations have included only a small number of large obese subjects in the populations sampled, usually evaluated within groups comprising predominantly non-obese individuals and those presenting less severe obesity (23,24,16). This is not interesting, as it has hindered understanding on how the very obese may require more specific predictive models for better treatment. For example, Jackson *et al.* (25), evaluated only 10 women with a BMI between 40 and 50 Kg/m², to assess the effects of sex, age and race on the relationship between the BMI and BFP in a sample of 665 men and women, black and white, aged between 17 and 65 anos old. The following nonlinear

(polynomial) regression was obtained for the relationship between the BMI and BFP for women:

$$\text{BFP} = (4.35 \times \text{BMI}) - (0.05 \times \text{BMI}^2) - 46.24 \quad (r^2 = 0.78, \text{EPE} = 4.63\%)$$

However, literature findings indicate that the BMI and BFP ratio are not independent of age and sex, displaying a race effect for women but not for men. Failure to adjust for these sources of bias resulted in substantial differences in the proportion of individuals defined as obese by the BFP measured (25). Thus, these relationships must be interpreted cautiously.

It is worth noting that there is a temporal trend of increase in obesity grade III in the adult population of Brazilian capitals, with a greatest concern for women (26), requiring further epidemiological data. It is also recommended that more studies on predictive models be developed, for different populations from different regions.

It is also important to note that the findings reported herein for a female population in Rio de Janeiro indicates that the generated predictive models must be used cautiously, as:

1. The BFP and BFPI did not display good predictability compared to the other evaluated parameters;
2. A bias was observed in several cases, with higher and lower values being less accurate in terms of the predictive ability of the developed regression models.

The equations developed and validated herein serve as a contribution to the development and improvement of the knowledge about body composition. They are

also of particular relevance due to their specificity for women with severe obesity, as obesity is currently one of the main diseases worldwide and is still difficult to treat and monitor. The lack of data on body composition and metabolic rate variables makes it difficult to advance in this regard, as current existing equipment is expensive and or not suitable for use by obese people presenting grade III obesity.

These results also contribute to meet the need to develop simple anthropometric nutritional status indicators that do not require a standard for comparison, in the sense of reflecting body composition, as highlighted previously (27).

The predictive equations available in the literature, which would be lower-cost methods, present some limitations as they were not created specifically for this high-obesity population. Therefore, our equations specifically created for women with grade III obesity comprise original contributions to help fill this worldwide gap, enabling a more accurate treatment and monitoring for this specific population.

In the context of obesity grade III, standardized and validated tools that measure functionality and health according to current WHO criteria and concepts are not available (28). This reinforces the demand for further validation studies on the body composition of individuals presenting this degree of obesity, as proposed in this study.

The bioimpedance technique employs different body characteristics that undergo several physical effects concerning hydration status, fat fraction, and body geometry on tissue conductivity, which in part explains why empirical predictive equation models are specific to certain populations (19). For example, Deurenberg (29) pointed out that, when evaluating individuals within the BMI classes from <18 to >35 Kg/m^2 , bioimpedance presented greater uncertainties in more advanced obesity cases, due to the wide variability of the relationship between body composition and body bioimpedance, which may be due to relative increases in body water and

extracellular water, leading to body fat underestimations and different body geometry leading to body fat overestimations. This explains why the BFP was not an adequate predictor in the present study.

Previous studies that developed BFP prediction models based on the BMI for both obese and non-obese individuals together indicate a slope in the BFM curves as a function of the BMI, where they lose the correlation trend as they reach obese BMI results (25,16,17).

The results confirm the possible limitation of the BMI for the prediction of body fat indicated for different populations, indicating low accuracy for grade III obese women, with r^2 values (Table 2) explaining only 29% and 11% of the variability of BFM and BFMI results, respectively. On the other hand, a medium to high predictive capacity was observed in this application of the BMI for the other investigated body composition parameters, with r^2 values explaining 51% to 87% of the data variability not normalized by the square of height. This prediction capacity was increased to 85% to 94% in relation to normalized data (except for the BFPI, as mentioned above). This corroborates the hypothesis that normalization can improve parameter prediction using BMI.

Bioimpedance can be used to monitor changes, diagnose deficiencies and formulate treatment recommendations in post-surgical assessments concerning how exercise positively influences body mass composition (30). In the case of the BFM, the use of predictive equations in expanding the possibilities of this type of assessment to more people with grade III obesity was not valid when employing the BMI, but the results indicate that this is possible for several other parameters.

On the other hand, Horie *et al.* (31) concluded that, although standard bioimpedance technique equations developed for the general population are not

accurate to assess the BFM in severely obese patients, the new equations developed for this population as a function of age, current weight and height are more accurate when compared to the original standard equation.

Thus, the results of the predictive equations generated in the present study (Table 2) corroborate that the BFM prediction can be adequately validated, as previously reported by Horie *et al.* (31).

The BMI is widely used as a measure of overweight and obesity, but underestimates the prevalence of both conditions, defined as excess body fat, as pointed out by Gómez-Ambrosi *et al.* (33). That study, which employed a total of 6123 Caucasian individuals (924 thin, 1637 overweight and 3562 obese, classified according to their BMI), aged between 18 and 80, reported that 29% of individuals classified as thin and 80% of individuals classified as overweight according to their BMI exhibited BFPs within the obesity range. Considering the high cardiometabolic risk factors reported in non-obese individuals according to the BMI but obese based on body fat, the authors concluded that it is desirable to include body composition measures alongside morbidity assessments in everyday medical practice, both for diagnoses and for decision-making regarding the establishment of adequate obesity treatments.

Validated predictive equations can contribute to support obesity treatments, as evidenced in the scientific literature. For example, Azevedo *et al.* (34), when evaluating the development of SMM values below estimated threshold, drew attention to the importance of long-term follow-up of patients undergoing bariatric surgery in order to obtain healthy weight loss. These authors suggested that further studies should include a higher number of patients and with longer follow-up periods, in order to implement specific interventions for patients undergoing bariatric surgery.

With the validation of SMM predictions from the BMI, monitoring the muscle mass maintenance in the postoperative period becomes more accessible and feasible. This study, thus, contributes in this sense for the SMM, as well as for the other evaluated parameters.

This development of the ability to predict the body composition of large obese women is particularly desirable, considering that obesity is one of the contemporary problems significantly affecting the social life and health of millions of Brazilian women, and that obesity grade III has led to increasing bariatric surgeries, especially among women (35).

It is clear that the pathophysiology of obesity can be associated to later comorbidities, such as SAH, diabetes mellitus and dyslipidemia. Besides that, non-communicable chronic diseases represent a significant burden for the public health system in Brazil, given that they are one of the main causes of death and illness in the Brazilian population. Due to its direct negative health effects, in addition to indirect effects resulting from associated chronic diseases, obesity, thus, represents a double burden on health systems. (1).

In Brazil, the Ministry of Health, within the scope of the Unified Health System (SUS), through primary health care, is the main proposer of actions aimed at the prevention and treatment of obesity in recent anos (36). Estimates of the costs attributable to the main chronic diseases associated with inadequate nutrition indicate the significant economic burden of these diseases for the SUS. The data indicate the need to prioritize integrated and intersectoral policies for the prevention and control of hypertension, diabetes and obesity (37).

Obesity is considered a global public health priority due to its magnitude and relationship with chronic diseases (38). Overweight and obesity in Brazil are important

risk factors for hypertension and diabetes, coexisting in most diabetics and hypertensive patients. According to data from the 2013 National Health Survey (PNS), more than a third of diabetics and hypertensive patients were obese and 75% of diabetics and 74% of hypertensive patients were overweight (37).

Thus, adding obesity to these comorbidities allows for a more complete estimate of the economic impact of obesity on the SUS. With the incorporation of obesity costs as a risk factor for hypertension and diabetes, the total costs attributable to obesity increase to R\$ 669 million in hospitalizations and outpatient expenses and to R\$ 722 million in drug spending, totaling R\$ 1.39 billion in 2018. Over 60% of total expenditure attributable to obesity was with women, given the higher prevalence of obesity and the higher relative risk of some outcomes, particularly cardiovascular disease, in females (37).

This scenario increases the need to evaluate and propose safe and accurate, low cost and technically easy methods that can be widely employed by health professionals in the evaluation of individuals in health centers and clinics and in population studies, in order to ensure adequate targeting of intervention measures and health policies (32), as in the present study.

Conclusions

The present evaluation allowed the following conclusions regarding the application of predictive models for women with obesity grade III:

1. The results of the present study reinforce the wide applicability of the BMI, greater than what has been explored to date in the literature regarding its validity for use in predictive body composition models;
2. The equations developed for the BFP and the BFPI could not be validated, due to inadequate predictability to estimate their respective parameters;
3. All other equations developed from the use of indices were validated verified statistically, indicating that they can be used in the evaluation of women with obesity grade III;
4. The equations not developed using the indices were also statistically validated, indicating that they can be used in the assessment of women with grade III obesity. However, we must consider a caveat for this use, as a bias was observed in several cases, in which higher and lower values are less accurate in terms of the predictive capacity of the developed regression models.

Acknowledgements: The authors are grateful for the support given to this project by the Clementino Fraga Filho University Hospital, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ). JFM acknowledges the doctoral scholarship received from the Fundação Aperfeiçoamento de Pessoas de Ensino Superior (CAPES).

References

1. Figueiredo BQ, Souto BOV, Nogueira CFR, Silva IT, Bernardes LBR, Peres MLA, et al. O enorme custo da obesidade para a saúde pública brasileira: Uma breve revisão de literatura. *Res Soc Dev.* 2021;10(9):e33610918276.
2. Francischi RPP, Pereira LO, Freitas CS, Klopfer M, Santos RC, Vieira P, et al. Obesidade: atualização sobre sua etiologia, morbidade e tratamento. *Rev Nutr.* 2000;13(1):17–28.
3. Coutinho W. Consenso Latino-Americano de Obesidade. 1999;43(1):21–67.
4. Santo MA, Cecconello I. Morbid obesity: risks control. *Arq Gastroenterol.* 2008;45(1):1–2.
5. Quetelet MA. A treatise on man and the development of his faculties. Edinburgh: Publisher by William and Robert Chambers; 1842.
6. Van Itallie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* 1990;52:953–9.
7. Van Itallie TB. "Morbid" obesity: a hazardous disorder that resists conservative treatment. *Am J Clin Nutr.* 1980;33(2):358–63.
8. Renquist K. Obesity classification. *Obes Surg.* 1997;7(6):523–523.
9. Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr.* 1987;46(4):537–56.
10. Ling CHY, de Craen AJM, Slagboom PE, Gunn DA, Stokkel MPM, Westendorp RGJ, et al. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clin Nutr.* 2011;30(5):610–5.
11. Jakicic JM, Wing RR, Lang W. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: The effect of ethnicity. *Int J Obes.* 1998;22(3):243–9.
12. Strain GW, Wang J, Gagner M, Pomp A, Inabnet WB, Heymsfield SB. Bioimpedance for Severe Obesity: Comparing Research Methods for Total Body Water and Resting Energy Expenditure. *Obesity.* 2008;16(8):1953–6.
13. Haroun D, Taylor SJC, Viner RM, Hayward RS, Darch TS, Eaton S, et al. Validation of Bioelectrical Impedance Analysis in Adolescents Across Different Ethnic Groups. *Obesity.* 2010;18(6):1252–9.
14. Kyle UG, Genton L, Gremion G, Slosman DO, Pichard C. Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. *Clin Nutr.* 2004;23(1):79–88.

15. Gurruci S, Hartriyanti Y, Hautvast J, Deurenberg P. Relationship between body fat and body mass index: differences between Indonesians and Dutch Caucasians. *Eur J Clin Nutr.* 1998;52(11):779–83.
16. Peltz G, Aguirre MT, Sanderson M, Fadden MK. The role of fat mass index in determining obesity. *Am J Hum Biol.* 2010;22(5):639–47.
17. Ho-Pham LT, Lai TQ, Nguyen MTT, Nguyen TV. Relationship between Body Mass Index and Percent Body Fat in Vietnamese: Implications for the Diagnosis of Obesity. Blachier F, organizador. *PLOS ONE.* 2015;10(5):e0127198.
18. Frankenfield DC, Rowe WA, Cooney RN, Smith JS, Becker D. Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. *Nutrition.* 2001;17:26–30.
19. Kyle UG, Bosaeus I, Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis? Part i: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226–43.
20. Van Itallie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr.* 1990;52:953–9.
21. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;327:307–10.
22. Anjos LA. Índice de massa corporal (massa corporal.estatura-2) como indicador do estado nutricional de adultos: revisão da literatura. *Rev Saúde Pública.* 1992;26(6):431–6.
23. Van Haute M, Rondilla E, Vitug JL, Batin KD, Abrugar RE, Quitoriano F, et al. Assessment of a proposed BMI formula in predicting body fat percentage among Filipino young adults. *Sci Rep.* 2020;10(1):21988.
24. Akindele MO, Phillips JS, Igumbor EU. The relationship between body fat percentage and body mass index in overweight and obese individuals in an urban african setting. *J Public Health Afr [Internet].* 2016 [citado 30 de agosto de 2022]; Disponível em: <https://www.publichealthinafrica.org/index.php/jphia/article/view/515>
25. Jackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, et al. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. *Int J Obes.* 2002;26(6):789–96.
26. Malta DC, Silva AG, Tonaco LAB, Freitas MIF, Velasquez-Melendez G. Tendência temporal da prevalência de obesidade mórbida na população adulta brasileira entre os anos de 2006 e 2017. *Cad Saúde Pública.* 2019;35(9):e00223518.
27. World Health Organization W. Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. *Bull World Health Organ.* 1986;64(6):929–41.
29. Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr.* 1996;64(suppl):449S-52S.

30. Metcalf B, Rabkin RA, Rabkin JM, Metcalf LJ, Lehman-Becker LB. Weight loss composition: the effects of exercise following obesity surgery as measured by bioelectrical impedance analysis. *Obesity*. 2005;15:183–6.
31. Horie LM, Barbosa-Silva MCG, Torrinhas RS, Mello MT, Cecconello I, Waitzberg DL. New body fat prediction equations for severely obese patients. *Clin Nutr*. 2008;27(3):350–6.
32. Resende F, Rosado L, Franceschini S, Rosado G, Ribeiro R, Marins JCB. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. *Arch Latinoam Nutr*. 2007;57(4):327–34.
33. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Galofré JC, Escalada J, Santos S, Millán D, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. *Int J Obes*. 2012;36(2):286–94.
34. Azevedo BSS, Silva FA, Dias BKB, Souza MR, Fagundes CF, Almeida VR. Análise da perda de massa muscular esquelética a partir de achados de bioimpedância em uma coorte de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica. *Res Soc Dev*. 2020;9(11):e4889119874.
35. Mazzeo SE, Saunders R, Mitchell KS. Binge eating among African American and Caucasian bariatric surgery candidates. *Eat Behav*. 2005;6(3):189–96.
36. Dias PC, Henriques P, Anjos LA, Burlandy L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2017 [citado 15 de maio de 2022];33(7). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017000705001&lng=pt&tlng=pt
37. Nilson EAF, Andrade RCS, Brito DA, Oliveira ML. Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. *Rev Panam Salud Pública*. 2020;44:1.
38. Burlandy L, Teixeira MRM, Castro LMC, Cruz MCC, Santos CRB, Souza SR, et al. Modelos de assistência ao indivíduo com obesidade na atenção básica em saúde no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2020;36(3):e00093419.

Table 1. Descriptive statistics regarding body composition characteristics for the total number of individuals.

GROUP GT (N= 104)	Mean	St Dev	Median	Minimum	Maximum
AGE (anos)	45.2	11.7	46.0	20.0	68.0
HEIGHT (m)	1.61	0.06	1.61	1.50	1.78
BM (Kg)	132.0	21.3	130.0	88.2	196.0
BMI (Kg/m²)	50.7	7.61	48.5	40.0	76.6
BFPmed (%)	52.8	2.61	53.2	44.5	56.8
BFPcal (%)	52.9	1.54	52.9	49.6	54.9
BFPImed (%/m²)	20.4	2.06	20.4	15.8	24.8
BFPical (%/m²)	20.3	0.69	20.2	18.9	21.3
BFMmed (Kg)	69.9	12.7	68.8	46.8	109.3
BFMcal (Kg)	69.9	11.4	67.3	52.0	102.0
BFMImed (Kg/m²)	26.8	4.83	26.0	18.0	42.7
BFMical (Kg/m²)	26.9	4.69	25.8	19.7	40.8
SMMmed (Kg)	35.2	5.95	34.2	22.8	52.6
SMMcal (Kg)	35.1	4.51	33.6	29.9	53.5
SMMImed (Kg/m²)	13.5	2.03	12.9	10.1	20.4
SMMical (Kg/m²)	13.6	1.93	12.9	11.4	21.6
FFMmed (Kg)	62.1	9.60	60.6	41.4	91.1
FFMcal (Kg)	62.1	6.99	59.8	53.5	89.6
FFMImed (Kg/m²)	23.8	3.20	23.0	18.4	34.5
FFMical (Kg/m²)	23.8	2.97	22.8	20.3	35.8
TBWmed (Kg)	46.1	7.33	44.7	30.9	67.3
TBWcal (Kg)	46.2	5.64	44.4	39.5	68.7
TBWImed (Kg/m²)	17.7	2.48	17.0	13.7	26.3
TBWical (Kg/m²)	17.8	2.39	16.9	15.0	27.6

Table 2. Predictive equations derived from the EG group (n = 62). The coefficient of determination (r^2), adjusted coefficient of determination (r^2_{adjust}) and standard error of the estimate (SEE) are displayed.

Equations	r^2	r^2_{adjust}	SEE
BFP = $(-0.011 \times \text{BMI}^2) + (1.366 \times \text{BMI}) + 12.650$	0.29	0.26	2.45
BFPI = $(-0.0037 \times \text{BMI}^2) + (0.494 \times \text{BMI}) + 5.177$	0.11	0.08	2.09
BFM = $(-0.0152 \times \text{BMI}^2) + (3.144 \times \text{BMI}) - 49.453$	0.87	0.86	4.57
BFMI = $(-0.0048 \times \text{BMI}^2) + (1.136 \times \text{BMI}) - 18.064$	0.94	0.94	1.23
SMM = $(0.0073 \times \text{BMI}^2) - (0.207 \times \text{BMI}) + 26.417$	0.55	0.54	4.09
SMMI = $(0.0035 \times \text{BMI}^2) - (0.135 \times \text{BMI}) + 11.110$	0.85	0.85	0.78
FFM = $(0.0091 \times \text{BMI}^2) - (0.077 \times \text{BMI}) + 42.037$	0.51	0.50	6.86
FFMI = $(0.0048 \times \text{BMI}^2) - (0.138 \times \text{BMI}) + 18.08$	0.85	0.85	1.24
TBW = $(0.0081 \times \text{BMI}^2) - (0.145 \times \text{BMI}) + 32.28$	0.56	0.54	5.00
TBWI = $(0.0041 \times \text{BMI}^2) - (0.147 \times \text{BMI}) + 14.139$	0.87	0.86	0.93

BFP value in %; BFPI in $\%/m^2$; BFM in Kg; BFMI in Kg/m^2 ; SMM in Kg; SMMI in Kg/m^2 ; FFM in Kg; FFMI in Kg/m^2 ; TBW in Kg; ICAT in Kg/m^2 ; MR in Kcal; and MRI in Kcal/m^2 .

Table 3. Simple linear regressions used to assess whether differences between data measured and calculated by the predictive equations vary significantly as a function of the mean between these measured and calculated data (= proportion bias), as displayed in the Bland-Altman plots. Significant results ($p < 0.05$) are highlighted by p-values in bold.

Linear regressions	r ²	p
BFPdif = -26.2563 + (0.4915 x PFBmean)	0.20	0.003
BFPIdif = -30.1419 + (1.4799 x IPGCmean)	0.70	0.000
BFMdif = -13.0999 + (0.1816 x MGCmean)	0.13	0.018
BFMIdif = -0.6601 + (0.0209 x IMGcmean)	0.01	0.539
SMMdif = -9.7646 + (0.2716 x MMEmean)	0.16	0.009
SMMIdif = -0.2385 + (0.0099 x IMMEmean)	0.001	0.846
FFMdif = -20.6922 + (0.3282 x MLGmean)	0.19	0.003
FFMIdif = -0.8826 + (0.0385 x IMLGmean)	0.01	0.457
TBWdif = -12.2569 + (0.2568 x ACTmean)	0.14	0.013
TBWIdif = -0.0823 - (0.0004 x IACTmean)	0.001	0.993

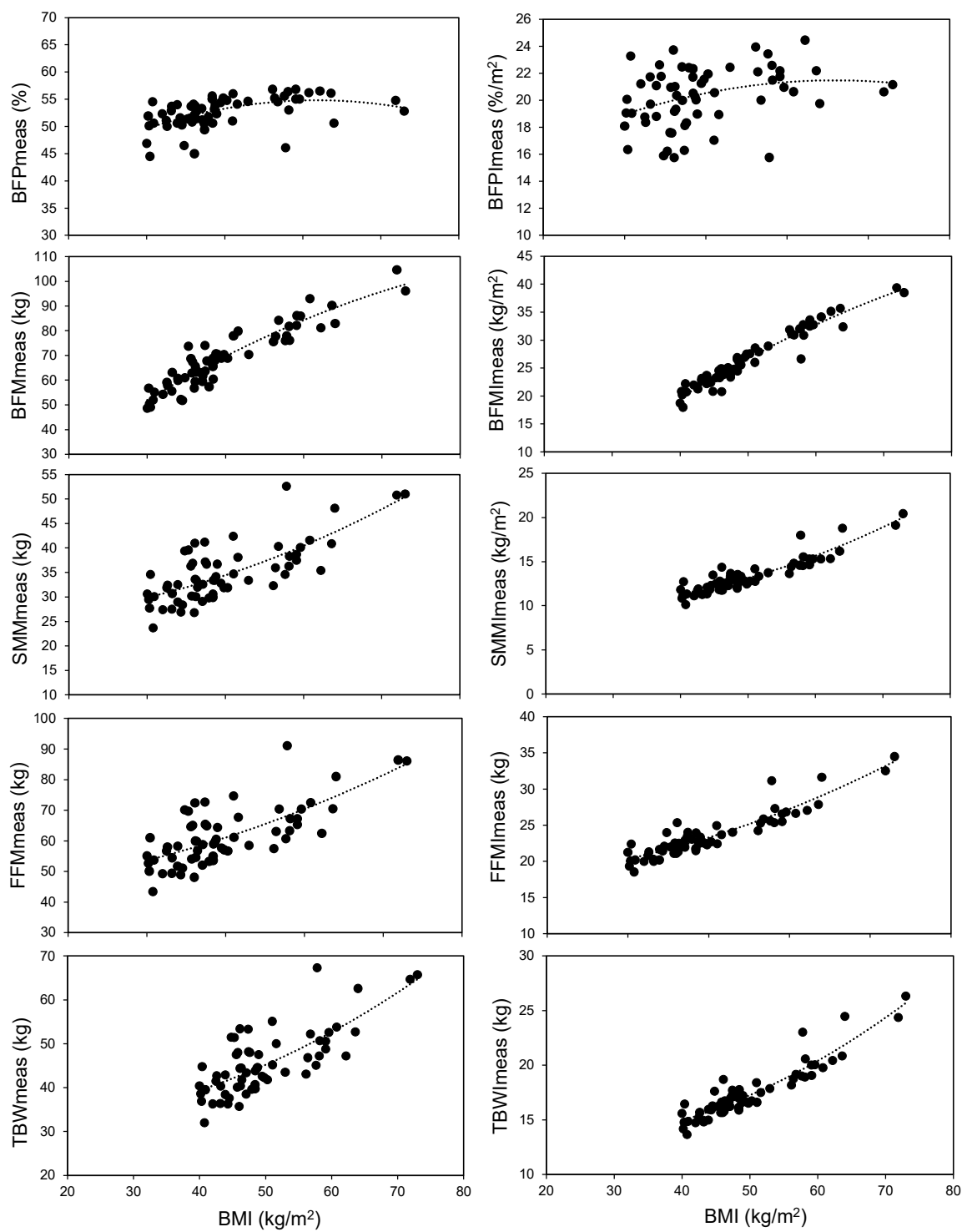


Figure 1. Regressions for body composition data as a function of the BMI.

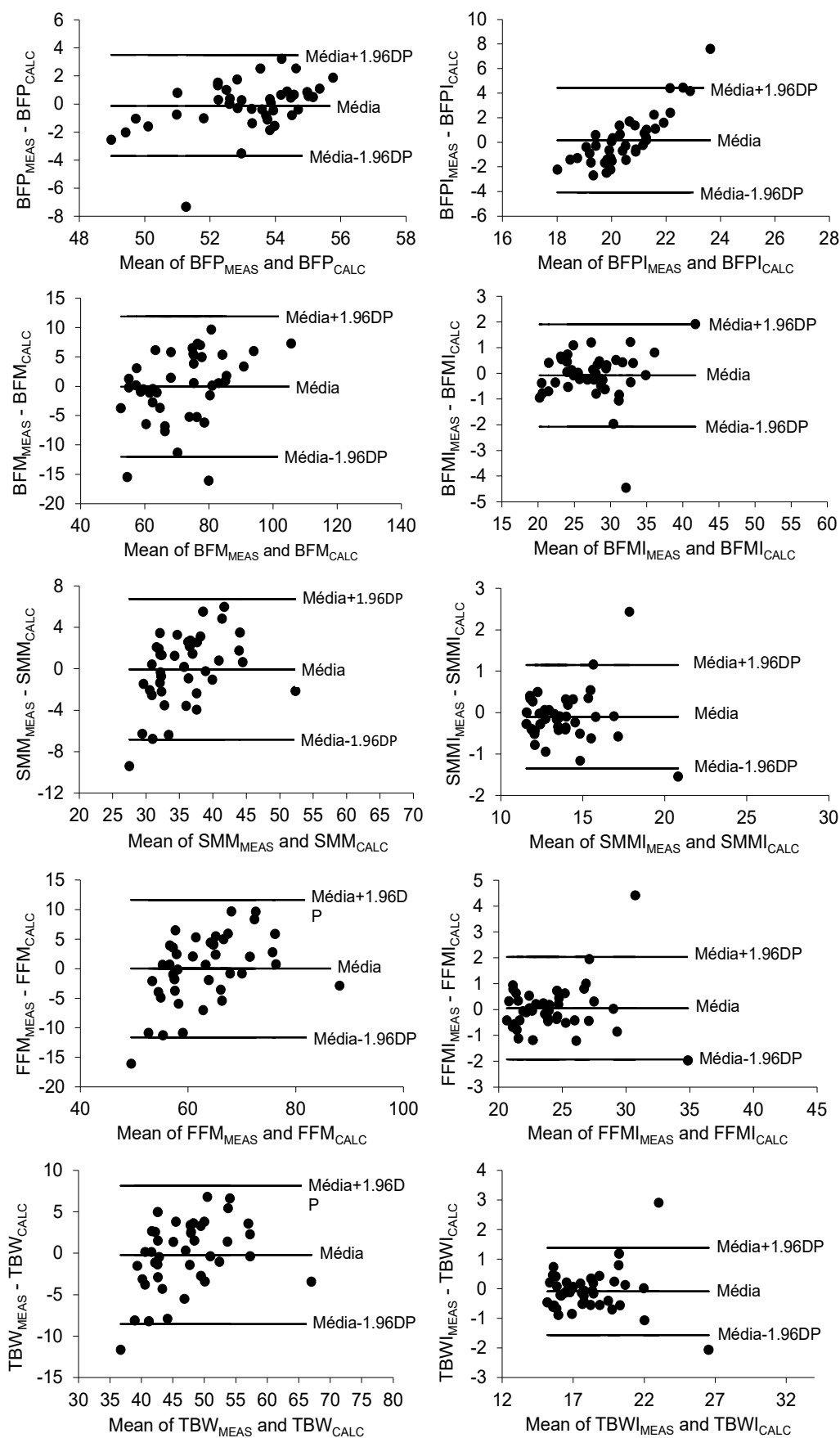


Figure 2. Bland-Altman plots for each evaluated body composition parameter.

10.6 Anexo VI – Artigo 2

Developing equations to estimate the metabolic rate of women presenting grade III obesity

João Felipe Machado^{1,4}, Flávia Lúcia Conceição², João Régis Carneiro², Valéria Bender Bráulio², José Fernandes Filho^{1,3}

¹ Laboratório de Biociência do Movimento Humano (LABIMH), Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

² Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

³ Centro de Excelência em Avaliação Física (CEAF), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Bolsista da Fundação Aperfeiçoamento de Pessoas de Ensino Superior (CAPES)

Corresponding author: João Felipe Machado, Laboratório de Biociência do Movimento Humano (LABIMH), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: prof.jfmachado@gmail.com

Abstract

Objective: Predictive equations employing the body mass index (BMI) to estimate the resting metabolic rate (RMR) of women presenting grade III obesity were developed and validated.

Methods: The study comprised a cross-sectional design in which 104 patients (45.2 ± 11.7 years old; BMI 50.7 ± 7.6 Kg/m²) of the Hospital Universitário Clementino Fraga Filho – Universidade Federal do Rio de Janeiro (HUCFF/UFRJ) were randomly divided into two groups, the first used to generate and the second used to validate the equations. RMR were obtained using bioelectrical impedance and a metabolic rate index (RMRI) was calculated through normalization by height squared. Regression models were submitted to a validation step and compared with well-known equations (Mifflin-St Jeor, Harris-Benedict, Bernstein, Lazzar and FAO/WHO/UNU).

Results: Polynomial equations exhibited the best fit, resulting in no significant differences between measured and calculated RMR and RMRI. The coefficient of determination obtained for RMR prediction (0.51) was improved after normalization to height squared (0.88). This resulted in an accuracy (percent prediction within $\pm 10\%$ of measured RMR) improvement from 88% to 98%. Concerning the well-known equations, only the Harris-Benedict and Bernstein equations were low biased and accurate (98-100%).

Conclusions: The equation employed for RMRI calculation was a better predictor. For using the equation that did not employ height normalization, the caveat that individuals with extreme BMI values presented greater bias should be considered. After considering these precautions, the use of these new validated equations may contribute for a low-cost evaluation of the metabolic rate of women with grade III obesity.

Keywords: Severe Obesity; Body Mass Index; Metabolic Rate; Bioimpedance; Predictive Equations.

Introduction

The body mass index (BMI), expressed by an individual's body mass divided by their height squared, is used by the World Health Organization (WHO) to define three levels of obesity, as follows: Grade I obesity, with BMI values between 30 and 34.9 Kg/m²; Grade II obesity, with BMI values ranging from 35 to 39.9 Kg/m²; and Grade III (or severe) obesity, with BMI values ≥ 40 Kg/m² (1). Normalization by height squared may also contribute for improving the application of other body composition aspects, such as body fat mass (BFM) and fat free mass (FFM) (2,3), and resting metabolic rate (RMR) measures (4).

The applicability of using the BFM normalized to height squared (Kg/m²), named as BFM index (BFMI), was previously evaluated, demonstrating that it reduces the bias associated with the non-normalized body fat data and the use of height-normalized indices was recommended to avoid ambiguities generated when percentages of body weight or absolute weight data are reported (2,3). Therefore, this normalization can possibly be also helpful when applying RMR values in clinical studies, though predictive equations have not been developed and validated for this alternative.

The accurate determination of RMR is one of the difficulties noted in nutritional assessments, especially for individuals presenting metabolic problems, such as grade III obesity (5). As a tool for allowing the treatment of larger numbers of patients, prediction equations concerning metabolic rates are widely employed for the general population, although these equations may present variable accuracies for different populations in relation to RMR measured by standard methods (mainly indirect calorimetry, or IC), and are often less accurate for individuals with overweight and obesity (6). Compared to other body weight classes, individuals with severe obesity

have been less evaluated in the literature in relation to the application of predictive models of metabolic activity specifically (7–9).

The predictive equations for calculating the RMR employ different anthropometric parameters (mainly weight, height and FFM), as reviewed by Macena et al. (10). Subgroups of BMI (with 30–39.9, 40–49.9 and over 50 Kg/m²) have been also adopted for developing specific predictive equations and significant linear correlations of resting energy expenditure for different subgroups of women with obesity (11), but without adopting the BMI data when the predictive equations were developed.

Therefore, the present study aimed to develop and validate equations concerning RMR of Brazilian women presenting grade III obesity, using BMI as a not previously tested, low cost and easily obtained predictive parameter. Since a predictive equation for calculating a RMR index normalized by height squared (Kcal/m²) was not tested in the literature, this study also developed and validate an equation for predicting this index and compared it with the new equation for predicting non-normalized RMR.

Material and methods

This study comprised a cross-sectional design in which the sample consisted of 104 female patients with grade III obesity, divided into two groups, the first formed by 62 participants whose data were used to generate the predictive equations, consisting of the Equation Group (EG), and a second group formed by 42 participants, whose data were used to test and validate the equations, denominated the Validation Group (VG).

Convenience sampling was conducted, consisting of adult female patients undergoing treatment without bariatric surgery at the Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/Universidade Federal do Rio de Janeiro (HUCFF/UFRJ) Obesity and Bariatric Surgery Program (PROCIBA). The inclusion criteria were being a female patient treated at the Obesity and Bariatric Surgery Program at the Clementino Fraga Filho Hospital belonging to the Federal University of Rio de Janeiro (PROCIBA/HUCFF - UFRJ), presenting an obesity III classification ($\text{BMI} \geq 40 \text{ Kg/m}^2$), being between 20 and 70 years old and being sedentary. The following exclusion criteria were applied: use of a pacemaker, gestation, untreated hyper or hypothyroidism, use of drugs that may affect the bioimpedance assessment during the assessment period, previous bariatric surgery, active neoplasm, postoperative or infectious recovery, use of prostheses or metallic pins, and not following all criteria and guidelines indicated for the assessments carried out herein.

The present study was approved by the HUCFF/UFRJ Ethics and Research Committee under protocol CAAE:38740314.4.0000.5257. The research was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki, resolution 196/96 of the National Research Ethics Council and sequential determinations in force.

The RMR values obtained by the BIA were adopted in this study considering that BIA measures obtained using a InBody 720® device strongly agreed with the RMR values obtained by the IC for obese Brazilian women (12). The patients were evaluated concerning height using a Sanny® stadiometer (0.1 cm accuracy) and body mass, BMI and RMR using an InBody® 230 bioimpedance device. For the bioimpedance assessment, the subject was initially positioned with her feet on the scale electrodes with no shoes and wearing as little clothing as possible to determine body mass. Then, values concerning individual age, height and an identification of gender were inserted

in the bioimpedance instrument. Following this initial analysis, the participants held the electrodes located on two rods at the top of the scale with both hands with their feet parallel, positioned on top of the electrodes, maintaining their legs extended, to obtain body composition. These measurements were carried out in the morning, following all the guidelines for the use of the BIA: intervals of 2 to 3 hours from the last feeding; urinate at least 30 minutes before the assessment; intervals of 2 to 3 hours from the last medication; not practicing physical activity during the 12 hours preceding the assessment; remain standing for 5 minutes before the assessment; do not perform the test after bathing or sauna; evaluation in the middle of the menstrual period; evaluation carried out in an environment with a temperature between 20°C and 25°C; and without drinking alcoholic beverages, coffee, tea, effervescent or energy drinks during the 24 hours preceding the evaluation (13).

The following results obtained by bioimpedance were analyzed: body mass (BM), in Kg, body mass index (BMI), in Kg/m², and resting metabolic rate (RMR), in Kcal. Metabolic rate assessments were performed employing height measurements and the bioimpedance method, using the following equation validated by Cunningham (14) to estimate the RMR, based on fat free mass (FFM) estimation: $RMR = FFM \times 21.6 + 370$.

These regression models were submitted to a validation step and compared with four well known and widely applied predictive equations, the most frequently used for overweight and obese individuals as reviewed by Macena et al. (10), for women RMR, as follows:

Harris-Benedict (4):

$$RMR = 655.095 + (9.563 \times \text{weight}) + (1.849 \times \text{height}) - (4.675 \times \text{age})$$

Mifflin-St Jeor (15):

$$\text{RMR} = (10 \times \text{weight}) + (6.25 \times \text{height}) - (5 \times \text{age}) - 161$$

Bernstein (16):

$$\text{RMR} = (7.48 \times \text{weight}) - (0.42 \times \text{height}) - (3 \times \text{age}) + 844$$

Lazzer (17), after conversion from the original unit in MJ to Kcal:

$$\text{RMR} = (10.03 \times \text{weight}) + (864.38 \times \text{height}) - 639.63$$

FAO/WHO/UNU (18), by age class:

$$\text{RMR (18-30 years old)} = (13.3 \times \text{weight}) + (334 \times \text{height}) + 35$$

$$\text{RMR (31-60 years old)} = (8.7 \times \text{weight}) + (25 \times \text{height}) + 865$$

$$\text{RMR (> 60 years old)} = (9.2 \times \text{weight}) + (637 \times \text{height}) - 302$$

Linear and nonlinear regression models were tested to apply that with the better fit in each case, with a higher coefficient of determination (r^2) value and underwent a validation step based on measured and calculated data. Bias was estimated as the difference between calculated RMR and measured RMR and accuracy was defined as the percent of patients with differences between calculated RMR and measured RMR within $\pm 10\%$ of RMR measured values. This $\pm 10\%$ level of variation is considered acceptable for RMR accuracy estimates (6,19).

The Shapiro-Wilk test was used to test data normality, indicating significant differences ($p < 0.05$). Thus, the non-parametric Mann-Whitney test was employed to compare measured and calculated data. The differences between measured and calculated data (bias) were also evaluated using Bland-Altman diagrams (20). Statistical analyses were performed using the software Statistica® and SPSS®.

Results

Table 1 presents the descriptive statistics concerning patient age, height, body composition and RMR data (absolute and height normalized) in relation to the total number of patients sampled herein and to the EG and VG subgroups. The total sample of 104 women showed BMI values between 40 and 53 Kg/m² (mean of 46 Kg/m²) and ages ranging from 20 to 68 years (mean of 44 years).

An evaluation of the regressions of RMR as a function of BMI demonstrated that polynomial equations presented the best fit in relation to the EG. Figure 1 presents the respective scatter plots. These are the determined equations with their respective statistical parameters:

$$\text{RMR} = (0.196 \times \text{BMI}^2) - (1.47 \times \text{BMI}) + 1272.9 \quad (r^2 = 0.51, p < 0.001, \text{SEE} = 148 \text{ Kcal/day})$$

$$\text{RMRI} = (0.108 \times \text{BMI}^2) - (3.17 \times \text{BMI}) + 534.5 \quad (r^2 = 0.88, p < 0.001, \text{SEE} = 23.8 \text{ Kcal/day})$$

A trend was noted concerning higher coefficient of determination and lower standard error of the estimate (SEE) for the height normalized results. The SEE of 148 Kcal/day correspond to 6.3–11.7% of measured RMR values (1265 to 2338 Kcal/day; Table 1), while the SEE of 23.8 Kcal/m² correspond to 2.7–4.3% of measured RMRI values (553.9 to 892.9 Kcal/m²; Table 1).

As presented in Table 2, the new predictive equations had low bias, with mean values below 2%, and a high accuracy that was improved from 88% to 98%, after height normalization. The Mifflin-St Jeor, Lazzar and FAO/WHO/UNU equations resulted in highly biased and non-accurate RMR estimates, while the Harris-Benedict and Bernstein equations presented low bias and were more accurate than the new BMI-based equation.

The Mann-Whitney tests indicated no significant difference ($p > 0.05$) between the measured results and results calculated from regression equations for RMR and RMRI (Table 1), while Bland-Altman plots pointed out a small difference between measured and calculated results (Figure 2). On the other hand, linear regression tests concerning the differences between the measured and calculated data as a function of the mean of these data indicated a significant result only for the non-normalized data ($r^2 = 0.19$, $p = 0.004$), with extreme values differing more from the measured values (Figure 2).

Discussion

Previous studies demonstrated that the application of predictive equations for different BMI intervals did not necessarily improve RMR prediction for individuals with obesity (11,19), while distinct populations can request different predictive equations, especially for groups presenting severe obesity that are comparatively less studied in terms of prediction models. As a contribution to these research needs, the results reported herein confirm the applicability of the BMI for women with severe obesity in relation to RMR predictions. This contribution was based on BIA measures for RMR after a recent study demonstrated that RMR results obtained from BIA and IC for 40 post-menopausal Brazilian women, with obesity and metabolic syndrome were highly correlated (0.91) with a very low bias for differences (mean = -0.1, +1.96 SD = 11.9, and -1.96 SD = 11.6 Kcal/day) for mean RMR values from 1249 to 1255 Kcal/day [12].

Some authors have also proposed that a 10% value is acceptable for the difference between measured RMR values and the SEE of predictive equations (21). The SEE values of the two new equations for RMR and RMRI predictions were up to

10% of the measured RMR and RMRI values in 93% and 100% of the cases, respectively, also indicating high prediction accuracy for the studied population.

Though the limitations of using these equations must be considered, as direct measurements would be preferable for more accurate measurements, and percentages of the RMR not explained by the equations demand further studies (15), the application of direct measurements may be not feasible for many populations due to the expense of equipment, training needs and requested time. To possibly help in the clinical treatment of woman with severe obesity, the new equations were developed specifically to meet the needs of these patients that do not have access to direct measurements.

The literature emphasizes that the applicability of this kind of predictions may vary considerably as a function of age, many body composition parameters, sex, ethnicity and nutritional status of the patients (8,22). Therefore, the predictive equations may not be suitable to be applied in different populations from those used to develop these equations. In addition, weight reduction has also been shown to influence energy expenditure, decreasing energy expenditure rates (23), evidencing that additional caution is requested for monitoring individuals with obesity along the weight loss treatments, as can be benefited by recent initiatives of developing specific equations tested for predicting RMR before and after weight loss (24).

A major difficulty, however, concerning prediction equations recently proposed in the literature for specific populations, as well as for older and more commonly used predictive equations, comprises the fact that they do not reach a suitable accuracy for specific populations with obesity (5,6,25). If this task is combined with those difficulties to apply direct measures commented above, these populations may not have access to better clinical monitoring. Alternative procedures may be tested, as in the case of

the height square normalization tested herein, as improvements require for the development of new equations.

In the present study, the development of a new equation and the testing of well-known equations (*i.e.*, Harris-Benedict and Bernstein equations) were both satisfactory, as well as the alternative use of height normalization, which has been suggested as helpful in evaluating other health parameters (2,3). The possibility of testing this normalization may be recommended for other populations for which non-normalized data are not suitable to produce accurate RMR information. In addition, the tentative development of equations that do not depend on parameters that imply in higher costs (such those requiring patient BIA measures) are also recommended, improving accessibility, provided that the procedure is sufficiently accurate, as carrying out more reliable caloric expenditure assessments in patients with severe obesity is important for the prescription of more adequate diets.

Previous studies also have demonstrated that the improvement of interventions and preventive measures against obesity are critical aspects of adequate public health policies, considering that increases in the prevalence of overweight in different regions of the country and in varied age groups were observed, which accompanies increased costs concerning the treatment of obesity and associated diseases (diabetes, arterial hypertension and acute myocardial infarction) by the Brazilian Health Care System (*Sistema Único de Saúde, or SUS*) (26). This also occurs in many other countries, therefore resulting in large demands of improving and increasing the use of more accessible clinical evaluations, for which the energy expenditure calculation from simple data (such as the use of BMI and others) can be used in any location without expensive efforts for the management of the patient with obesity.

Conclusion

The results obtained from patients with obesity aged from 20 and 70 yr of a Rio de Janeiro public hospital reinforce the greater applicability of BMI than been explored in the literature up to now regarding its use in predictive metabolic rate models. In addition, it is also highly applicable to predictive equations following normalization by squared height, which improved the initial prediction model developed. The coefficient of determination obtained by the regression between RMR and BMI was improved from 0.51 to 0.88, after a RMR normalization to height squared. The new equation that did not employ this normalization should consider the caveat of individuals with extreme calculated BMI values presenting greater deviations from measured values, although the observed bias was low. Bias was improved from 1.52 ± 125.7 Kcal/year to -1.09 ± 23.5 Kcal/year through normalization per body area. This normalization also led to an accuracy improvement from 88% to 98%. Only the Harris-Benedict and Bernstein equations exhibited accurate and low biased results among the comparison with well-known equations. After the considered precautions, the developed equations may contribute for the prediction of the metabolic rate, at a low cost, of women with grade III obesity.

Author contribution

JFM: contributed to the design and planning of the study, analysis and interpretation of data, writing and critical review of the manuscript. **FLC:** contributed to the study planning, data analysis and interpretation and critical review of the manuscript. **JRC:** contributed to the study planning, data interpretation and critical review of the manuscript. **VBB:** contributed to the design and planning of the study and critical review of the manuscript. **JFF:** contributed to the study design and planning, data interpretation and critical review of the manuscript. All authors approved the final version to be published.

Funding statement

The first author acknowledges the doctoral scholarship received from the Fundação Aperfeiçoamento de Pessoas de Ensino Superior (CAPES).

Declaration of competing interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

1. **Renquist K.** Obesity Classification. *Obes. Surg.* 1997;7(6):523–523.
2. **Peltz G, Aguirre MT, Sanderson M, Fadden MK.** The role of fat mass index in determining obesity. *Am. J. Hum. Biol.* 2010;22(5):639–647.
3. **Van Itallie TB, Yang MU, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA.** Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1990;52:953–959.
4. **Harris JA, Benedict FG.** *A biometric study of basal metabolism in man.* Washington: Carnegie Institution of Washington; 1919.
5. **Oliveira BAP de, Nicoletti CF, de Oliveira CC, Pinhel MA de S, Quinhoneiro DCG, Noronha NY, Marchini JS, Nonino CB.** A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. *Nutrition* 2018;49:1–6.
6. **Wright TG, Dawson B, Jalleh G, Guelfi KJ.** Accuracy of resting metabolic rate prediction in overweight and obese Australian adults. *Obes. Res. Clin. Pract.* 2015;10:S74–S83.
7. **Kruizenga HM, Hofsteenge GH, Weijs PJM.** Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. *Nutr. Metab.* 2016;13(1):85.
8. **Poli VFS, Sanches RB, Moraes A dos S, Fidalgo JPN, Nascimento MA, Andrade-Silva SG, Clemente JC, Yi LC, Caranti DA.** Resting energy expenditure in obese women: comparison between measured and estimated values. *Br. J. Nutr.* 2016;116(7):1306–1313.
9. **Dobratz JR, Sibley SD, Beckman TR, Valentine BJ, Kellogg TA, Ikramuddin S, Earthman CP.** Predicting Energy Expenditure in Extremely Obese Women. *J. Parenter. Enter. Nutr.* 2007;31(3):217–227.
10. **Macena M de L, Paula DT da C, da Silva Júnior AE, Praxedes DRS, Pureza IR de OM, de Melo ISV, Bueno NB.** Estimates of resting energy expenditure and total energy expenditure using predictive equations in adults with overweight and obesity: a systematic review with meta-analysis. *Nutr. Rev.* 2022;80(11):2113–2135.
11. **Marra M, Cioffi I, Sammarco R, Santarpia L, Contaldo F, Scalfi L, Pasanisi F.** Are Raw BIA Variables Useful for Predicting Resting Energy Expenditure in Adults with Obesity? *Nutrients* 2019;11(2):216.
12. **Bentes CM, Silveira ALB da, Di Masi F, Resende M, Netto C, Marinheiro LPF.** Reliability of bioimpedance and indirect calorimetry to evaluate resting metabolic rate in Brazilian women with metabolic syndrome. *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.* 2021;15(2):493–497.
13. **InBody.** InBody230 user's manual. 1996.

14. **Cunningham JJ.** Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991;54(6):963–969.
15. **Mifflin MD, Jeor STS, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO.** A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 1990;51:241–7.
16. **Bernstein RS, Thornton J. C, Yang MU, Wang J, Redmond AM, Pierson RN, Pi-Sunyer FX, Van Itallie TB.** Prediction of the resting metabolic rate in obese patients. *Am. J. Clin. Nutr.* 1983;37(4):595–602.
17. **Lizzer S, Agosti F, Silvestri P, Derumeaux-Burel H, Sartorio A.** Prediction of resting energy expenditure in severely obese Italian women. *J Endocrinol Invest* 2007;30(1):20–27.
18. **FAO F and AO of the UN, WHO WHO, UNU UNU.** *Energy and protein requirements.* Geneva: World Health Organization; 1985.
19. **Frankenfield DC.** Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clin. Nutr.* 2013;32(6):976–982.
20. **Bland JM, Altman DG.** Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;327:307–310.
21. **Marra M, Pasanisi F, Scalfi L, Colicchio P, Chelucci M, Contaldo F.** The prediction of basal metabolic rate in young adult, severely obese patients using single-frequency bioimpedance analysis. *Acta Diabetol.* 2003;40(0):s139–s141.
22. **Hasson RE, Howe CA, Jones BL, Freedson PS.** Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *J. Sci. Med. Sport* 2011;14(4):344–351.
23. **Ruiz JR, Ortega FB, Rodríguez G, Alkorta P, Labayen I.** Validity of Resting Energy Expenditure Predictive Equations before and after an Energy-Restricted Diet Intervention in Obese Women. *PLoS ONE* 2011;6(9):e23759.
24. **Nachmani M, Lahav Y, Zeev A, Grosman-Rimon L, Eilat-Adar S.** Weight change adjusted equations for assessing resting metabolic rate in overweight and obese adults. *Obes. Res. Clin. Pract.* 2021;15(3):221–226.
25. **Tseng C-K, Hsu H-S, Ho C-T, Huang H-Y, Liu C-S, Lin C-C, Lin W-Y.** Predictive equation of resting energy expenditure in obese adult Taiwanese. *Obes. Res. Clin. Pract.* 2011;5(4):e313–e319.
26. **Mazzocante RP, Moraes JFVN, Campbell CSG.** Gastos públicos diretos com a obesidade e doenças associadas no Brasil. *Rev Ciênc Méd* 2012;21:25–34.

Figures

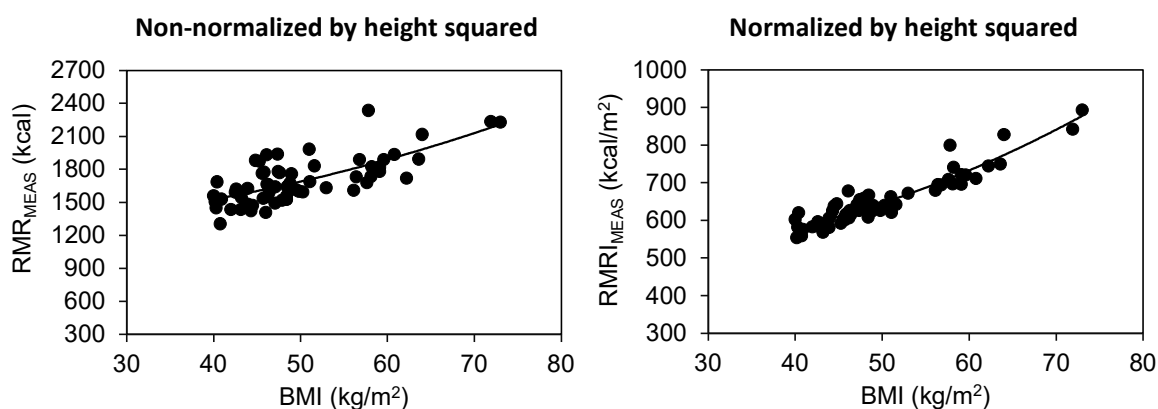


Fig. 1. Regressions concerning measured resting metabolic rate obtained by bioimpedance (RMR_{MEAS}) and its measured index by height squared ($RMRI_{MEAS}$) as a function of BMI.

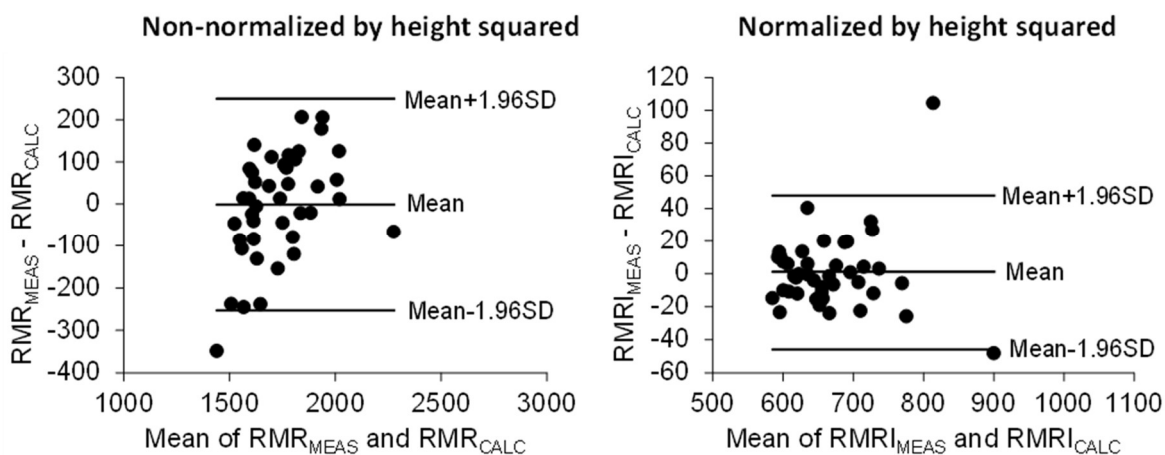


Fig. 2. Bland-Altman plots concerning measured resting metabolic rate (RMR_{MEAS}) and its measured index by height squared ($RMRI_{MEAS}$) and the calculated metabolic rate and metabolic rate index derived from the new equations (RMR_{CALC} and $RMRI_{CALC}$).

Table 1. Descriptive statistics of the results concerning the evaluated groups of patients.

	Mean	SD	Minimum	Maximum
Total (N=104)				
Age (years)	45.2	11.7	20.0	68.0
Height (m)	1.61	0.06	1.50	1.78
BM (Kg)	132.0	21.3	88.2	196.0
BMI (Kg/m ²)	50.7	7.61	40.0	76.6
RMRmeas (Kcal/day)	1 712.2	207.3	1 265.0	2 338.0
RMRlmeas (Kcal/m ²)	657.5	68.6	553.9	892.9
EG (N=62)				
Age (years)	44.4	11.9	20.0	68.0
Height (m)	1.61	0.06	1.51	1.78
BM (Kg)	130.0	20.6	95.4	191.0
BMI (Kg/m ²)	49.9	7.58	40.0	73.0
RMRmeas (Kcal/day)	1 697.9	208.9	1 307.0	2 338.0
RMRlmeas (Kcal/m ²)	650.7	68.7	553.9	892.9
VG (N=42)				
Age (years)	46.5	11.4	23.0	68.0
Height (m)	1.62	0.06	1.50	1.71
BM (Kg)	134.9	22.2	88.2	196.0
BMI (Kg/m ²)	51.9	7.58	41.3	76.6
RMRmeas (Kcal/day)	1 733.4	205.5	1 265.0	2 242.0
RMRlmeas (Kcal/m ²)	667.5	68.1	577.4	875.8
Calculated RMR values				
RMRcalc (Kcal/day)	1 734.9	153.3	1 546.4	2 308.4
RMRlcalc (Kcal/m ²)	666.4	66.6	587.6	923.8

EG: equation group; VG: validation group; SD: standard deviation.

Table 2. Summary of calculated RMR values through different equations, estimated bias (means \pm standard deviations of the differences between calculated RMR and measured RMR values) and prediction accuracy (percent of results within $\pm 10\%$ differences in relation to measured RMR values).

Prediction equation	Predicted RMR	Bias	Accuracy (%)
RMR _{calc} (Kcal/day)	1734.9 \pm 153.3	1.52 \pm 125.7	88
RMR _{lcalc} (Kcal/m ²)	666.4 \pm 66.6	-1.09 \pm 23.5	98
Harris-Benedict (Kcal/day)	1730.6 \pm 220.8	-2.85 \pm 77.9	100
Bernstein (Kcal/day)	1712,7 \pm 170,6	-20,7 \pm 71,8	98
Lazzer (Kcal/dia) ^a	2105,9 \pm 254,4	372,5 \pm 79,4	2
Mifflin-St. Jeor (Kcal/day)	967.7 \pm 230.9	-765.7 \pm 82.3	0
FAO/WHO/UNU ^b (Kcal/day)	2095.4 \pm 219.9	362.0 \pm 109.2	7

^a Converted from the original unit of MJ to Kcal.

^b Considering height and weight according to age classes.