

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

**MULT - uma nova referência internacional para
avaliação nutricional de crianças e adolescentes**

MARIANE HELEN DE OLIVEIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Nutrição em Saúde Pública para obtenção do título de doutor (a) em Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. Wolney Lisboa Conde

São Paulo

2023

MULT - uma nova referência internacional para avaliação nutricional de crianças e adolescentes

MARIANE HELEN DE OLIVEIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Nutrição em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de doutor (a) em Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. Wolney Lisboa Conde

Versão Corrigida

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecária da FSP/USP: Maria do Carmo Alvarez - CRB-8/4359

De Oliveira, Mariane Helen

MULT - uma nova referência internacional para avaliação nutricional de crianças e adolescentes / Mariane Helen De Oliveira; orientador Wolney Lisboa Conde. -- São Paulo, 2023.

327 p.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2023.

1. Avaliação Nutricional. 2. Estatura-Idade. 3. Índice de Massa Corporal. 4. Gráficos de crescimento. 5. Composição Corporal. I. Conde, Wolney Lisboa, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho de pesquisa, que culmina com a conclusão deste doutorado. Este é um momento de profunda gratidão, e gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e entidades:

Em primeiro lugar, quero expressar minha gratidão a Deus e Nossa Senhora, cuja orientação espiritual e força me acompanharam ao longo dessa jornada acadêmica desafiadora. Suas bênçãos e inspiração foram fundamentais para que eu persistisse nos momentos difíceis.

À minha família, em especial ao meu pai, que sempre acreditou em mim, me incentivou e me apoiou incondicionalmente. Sua confiança foi essencial para minha busca pelo conhecimento.

Ao meu querido amigo-irmão Luís Jardim, que me apoiou durante todo o meu percurso acadêmico e me socorreu em várias análises estatísticas.

Ao meu amado marido, Samuel Thé, que esteve ao meu lado em todas as etapas deste caminho. Sua paciência, compreensão e incentivo constante foram essenciais para que eu pudesse me dedicar à pesquisa.

Ao meu orientador, Wolney Lisboa Conde, pela sua orientação sólida, conhecimento profundo e apoio inestimável ao longo de todo o processo de pesquisa. Suas orientações foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Às professoras Elisabete Ramos e Joana Araújo, pela orientação e suporte durante o período de pesquisa no exterior, que contribuíram significativamente para o aprimoramento deste estudo.

Aos professores Camila Mazzeti, Milton Severo e Roberto Costa por todo o auxílio nas análises envolvendo a avaliação nutricional de menores de 20 anos e à Professora Aline Martins

por me conceder a oportunidade de ser sua monitora nas disciplinas de Alimentação Coletiva e de fazer parte do Sustentarea. Foi uma honra trabalhar ao seu lado.

Às queridas pesquisadoras do ISPUP, da Universidade do Porto, que me receberam de braços abertos e me proporcionaram um ambiente acolhedor durante o período em que estive na universidade. A generosidade e colaboração de vocês foi fundamental para o sucesso desta pesquisa.

À Mabel, que me recebeu no "cafofo" do Niassa no Porto, proporcionando um lar acolhedor durante minha estadia na cidade. Sua amizade e hospitalidade tornaram minha experiência ainda mais especial.

Às colegas do LANPOP, em especial, Débora Pereira, Iolanda Santos, Stephani Mashki, Graciela Gregolin, Cláudia Pastorello e Jéssica Cumpian-Silva, que compartilharam conhecimento e experiências, enriquecendo meu percurso acadêmico.

À Secretaria da Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP), em especial a Alessandra e Cidinha. O profissionalismo e a amabilidade com que desempenham suas funções tornam nossa jornada educacional e de pesquisa mais fluida e agradável. Suas contribuições inestimáveis garantem que a FSP continue a ser um ambiente propício para o crescimento intelectual e o avanço do conhecimento.

Aos *Avanters*, ao grupo de resistência do CRUSP e a Esquerda Marxista que me acolheram com carinho e apoio, lutando incansavelmente por melhores condições na moradia estudantil. O suporte e solidariedade de vocês foram motivadores para mim.

Aos "Alecrins Dourados do CRUSP", em especial à Denise Eulálio, Dafne Martins e Érika Suca que foram verdadeiros alicerces para mim durante minha estadia no Bloco G. Elas transformaram minha experiência na moradia estudantil em algo muito mais do que eu poderia ter imaginado, tornando-a uma verdadeira família. Suas amizades e apoio constante fizeram toda a diferença, tornando meu tempo no CRUSP inesquecível. Muito obrigada, por serem os

pilares da minha jornada acadêmica e por tornarem cada dia uma aventura única e enriquecedora.

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a Alexandra Elbakyan por sua incansável luta em prol da acessibilidade à ciência. Ao desafiar o sistema tradicional de publicação científica, Alexandra tornou possível o acesso gratuito a uma riqueza de informações vitais, democratizando a educação e a pesquisa para inúmeras pessoas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) que fomentou o desenvolvimento deste estudo (Código de Financiamento 001).

Este trabalho é resultado do esforço conjunto de muitas pessoas e instituições, e estou profundamente grata a cada um de vocês por terem feito parte dessa jornada. Que este seja apenas o início de muitas outras conquistas e contribuições para a ciência e para a sociedade. Muito obrigada a todos.

EPÍGRAFE

*“Onde há amor e sabedoria, não tem
temor e nem ignorância.”*

*“Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível, e de repente
você estará fazendo o impossível.”*

- São Francisco de Assis

(1182-1226)

RESUMO

De Oliveira MH. MULT - uma nova referência internacional para avaliação nutricional de crianças e adolescentes. [Tese]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2023.

Introdução: A disponibilidade de várias curvas de crescimento propostas por diversas instituições e modeladas com diferentes populações dificulta a adoção de uma referência internacional. **Objetivo:** Elaborar uma nova referência internacional e comparar seu desempenho com o de outras curvas de referências já existentes. **Métodos:** Dados sociodemográficos, antropométricos e de composição corporal de participantes com idades entre zero e 23 anos foram coletados dos inquéritos populacionais: *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES), Porto Alegre, Santos, *Young Lives: an International Study of Childhood Poverty* (YL), *Millennium Cohort Study* (MCS), Geração XXI (G21), *Epidemiological Health Investigation of Teenagers in Porto* (EPITeen) e Estudo Longitudinal de Avaliação Nutricional de Adolescentes (ELANA). A nova referência internacional denominada MULT apresentou curvas de altura, índice de massa corporal (IMC) e índice alométrico de massa corporal (IAMC) para a idade construídas por meio do método LMS e o *Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape* (GAMLSS). A eficiência da referência MULT foi comparada com as das referências internacionais da *World Health Organization* (WHO), *International Task Force Obesity* (IOTF) e *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC). A precisão diagnóstica das curvas foi realizada por meio da análise de adiposidade corporal e o risco de sobrepeso na pré-adolescência foi estimado a partir da análise da canalização de crescimento de IMC (CC-IMC). Ademais, uma ferramenta para avaliação nutricional baseada nos valores de referência MULT foi elaborada no Microsoft Excel e disponibilizada *online*. **Resultados:** Em comparação com as curvas da WHO, IOTF e CDC, as curvas de altura da MULT mostraram meninos mais altos nos períodos de 61-174 e 196-240 meses, e meninas mais altas nos períodos de 61-147 e 181-240 meses, com relação as de IMC, a MULT apresentou os valores médios mais baixos para as idades de 102-240 meses para os meninos e de 114-220 meses para meninas. Já as de IAMC apresentaram as maiores diferenças nas idades de 138-150 meses para meninos e de 114-132 meses para meninas, coincidindo com a puberdade. As curvas de IAMC apresentaram as melhores performances para diagnosticar obesidade a partir da análise da composição corporal (meninos=0,95; IC95%:0,94-0,95/meninas=0,92; IC95%:0,92-0,93) e a análise de risco relativo (RR) apontou que crianças eutróficas durante a infância que aumentaram seu CC-IMC em $\geq 0,67$ e $< 0,86$ apresentaram maior probabilidade de estarem com excesso do peso aos 9,5-13,5 anos [IOTF-RR=2,31; IC95%:1,82-2,93/MULT-RR=2,49; IC95%:2,00-3,09/WHO-RR=2,47; IC95%:1,96-3,12], em comparação com aquelas que permaneceram dentro do seu canal. **Conclusão:** Para diagnóstico da obesidade, a referência MULT teve um desempenho melhor entre as referências de IMC, enquanto que as curvas de IAMC da MULT apresentaram o melhor desempenho entre todas, sendo a única capaz de detectar que as meninas apresentavam, proporcionalmente, mais massa de gordura do que os meninos para os mesmos valores de índice. Além disso, a análise da canalização apontou que um aumento no CC-IMC $\geq 0,67$ DP durante a infância foi associado a um risco de excesso de peso aos 9,5-13,5 anos. Esses resultados apontam que a referência MULT pode ser uma excelente opção para avaliação nutricional de crianças e adolescentes.

Descritores: Avaliação Nutricional; Estatura-Idade; Índice de Massa Corporal; Gráficos de crescimento; Composição Corporal; Estágios do Ciclo de Vida.

ABSTRACT

De Oliveira, MH. [MULT - a new international growth reference to assess the nutritional status of children and adolescents]. Thesis. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2023. Portuguese.

Introduction: The availability of several growth references proposed by different institutions and modeled with different populations complicates the adoption of an international growth reference. **Objective:** To develop a new international reference and compare its performance with other existing growth references. **Methods:** Sociodemographic, anthropometric, and body composition data from birth to 23 years old were collected from the population surveys: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), Porto Alegre, Santos, Young Lives: an International Study of Childhood Poverty (YL), Millennium Cohort Study (MCS), Generation XXI (G21), Epidemiological Health Investigation of Teenagers in Porto (EPITeen), and Longitudinal Study of Nutritional Assessment of Adolescents (ELANA). A new international reference called MULT was developed, which included height, BMI, and allometric body mass index (ABMI) growth charts. These curves were constructed using the LMS method and the generalized additive models for location, scale, and shape (GAMLSS). The efficiency of this reference was compared with the international growth references of the World Health Organization (WHO), International Task Force Obesity (IOTF), and Centers for Disease Control and Prevention (CDC). The diagnostic accuracy of the growth references was assessed through the analysis of body adiposity, and the risk of overweight in pre-adolescence was estimated from the analysis of the BMI growth channeling (BMI-GC). In addition, a nutritional assessment tool based on MULT reference values was developed in Microsoft Excel and made available online. **Results:** In comparison to the WHO, IOTF, and CDC, the MULT height reference showed taller boys during the periods of 61-174 and 196-240 months, and taller girls during the periods of 61-147 and 181-240 months. Regarding the BMI, the MULT presented the lowest mean values for the ages of 102-240 months for boys and for the ages of 114-220 months for girls. The ABMI reference presented the largest differences at ages 138-150 months for boys and 114-132 months for girls, coinciding with the pubertal stage. The ABMI reference demonstrated the best performance in diagnosing obesity based on body composition analysis (boys=0.95;95%CI:0.94-0.95/girls=0.92;95%CI:0.92-0.93). The analysis of relative risk (RR) indicated that normal weight children who increased their BMI-GC during childhood by ≥ 0.67 and < 0.86 were more likely to be overweight at 9.5-13.5 years [IOTF-RR=2.31; 95% CI: 1.82-2.93/MULT-RR=2.49; 95% CI: 2.00-3.09/WHO-RR=2.47; 95% CI: 1.96-3.12] compared to those who remained within their channel. **Conclusion:** For diagnosing obesity, the MULT reference performed better among the BMI references, while the ABMI reference showed the best performance overall, being the only one capable of detecting that girls had proportionally higher fat mass (FM) than boys for the same index values. Moreover, the canalization analysis indicated that an increase in BMI-GC ≥ 0.67 during childhood was associated with a significantly higher risk of overweight at 9.5-13.5 years. These results suggest that the MULT reference can be an excellent option to assess the nutritional status of children and adolescents.

Keywords: Nutrition Assessment; Stature by Age; Body Mass Index; Growth Charts; Body Composition; Life Cycle Stages.

LISTA DE TABELAS

ARTIGOS ORIGINAIS

Primeiro Artigo

Table 1. Number of observations from the advantage quintile included in the construction of the LMS parameters of the MULT height references.....	122
Table 2. MULT LMS reference values of height-for-age for boys and girls.	123
Table 3. Height-for-age z-score concordance (CCC) and nutritional status agreement (Kappa) among WHO, CDC and MULT height references, by age group and sex.	124

Segundo Artigo

Table 1. Number of observations per age group and sex included in the construction of the LMS parameters of the MULT BMI reference.	155
Table 2. MULT BMI LMS reference values for boys and girls.	156
Table 3. BMI nutritional status classification corresponding to the CDC, WHO, IOTF, DUTCH and MULT BMI references.	157

Terceiro Artigo

Table 1. Number of observations per age group and sex included in the construction of the LMS parameters of the MULT ABMI reference.....	189
Table 2. MULT ABMI LMS reference values and ABMI p-coefficients specified by age for boys and girls.....	195

Quarto Artigo

Table 1. Demographic Characteristics of the study population by survey, age and sex.....	226
Table 2. Sensitivity, specificity, diagnostic accuracy, and the positive and negative likelihood of the three BMI references.	227
Table 3. The prevalence of stunting, underweight, normal weight, overweight, and obesity estimated by three international growth references.	228
Table 4. Concordance (CCC) and reliability (Kappa) among WHO, IOTF, and MULT growth references, by age group and sex.	229

Quinto Artigo

Table 1. Obesity percentile corresponding to the value of 30 kg/m ² at 17, 18, 19, and 20 years old of the international growth references MULT ABMI reference, and MULT, CDC, WHO, and IOTF BMI references for boys and girls.....	252
Table 2. FMI and AFMI cut-off points for obesity (95 th percentile) and exponent values applied in the ABMI reference specified by age (years) and sex.....	253
Table 3. Sensitivity, specificity, diagnostic accuracy, and the positive and negative likelihood of the four BMI references and of the ABMI reference according to the body fat mass.	254

Sexto Artigo

Table 1. Characteristics of the study population.....	280
Table 2. BMI-for-age z-score concordance (CCC) and nutritional status agreement (Kappa) among WHO, IOTF, and MULT BMI references, by age group and sex.....	281
Table 3. Risk of overweight in early adolescence according to the growth channel changes during childhood. Log-Binomial regression adjusted for sex, ethnicity, and socioeconomic status.	282

Sétimo Artigo

Table 1. Percentiles of the five options estimated as cutoff points from the BMI-for-age of the MULT reference.	300
Table 2. Height cutoff values (cm) for age (years) from the MULT reference.	301
Table 3. Five BMI cutoff options for age (years) from the MULT reference for male children and adolescents.	302
Table 4. Five BMI cutoff options for age (years) from the MULT reference for female children and adolescents.	303

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Delineamento da estratégia PECOS aplicada na RS.	47
Quadro 2 – Seleção das variáveis e seguimento dos inquéritos populacionais incluídos nos artigos originais.	50
Quadro 3 - Agrupamento dos inquéritos populacionais de acordo com as investigações/análises realizadas e artigos originais produzidos.	57
Quadro 4 – Processo de seleção dos indivíduos para a construção das curvas de crescimento.	59
Quadro 5 – Processos metodológicos aplicados na construção das curvas de altura, IMC e IAMC para a idade da referência MULT.	65

ARTIGO DE REVISÃO

Quadro 1. Pontos de corte em percentis dos indicadores de comprimento/altura para a idade e IMC para a idade do CDC (2000), OMS (2006/2007) e do IOTF (2012).	93
Quadro 2. Identificação e características dos estudos incluídos que avaliaram a acuidade das curvas de crescimento para crianças menores de cinco anos.	94
Quadro 3. Identificação e características dos estudos incluídos que avaliaram a acuidade das curvas de crescimento para crianças e adolescentes maiores de cinco anos.	95
Quadro 4. Identificação e características dos estudos incluídos que avaliaram a acuidade das curvas de crescimento para crianças e adolescentes com idades entre 0 e 20 anos.	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais componentes do modelo de cinco níveis.....	30
Figura 2 – Equações referentes aos cálculos do IMC e IAMC e gráficos explicativos da relação isométrica e alométrica.	34
Figura 3 – Equação para cálculo do escore-z.	36
Figura 4 – Linha do tempo com as principais curvas de crescimento desenvolvidas para avaliação do estado nutricional de crianças e adolescentes.....	39
Figura 5 – Exemplos de CUG e CDG no canal de crescimento.....	42
Figura 6 – Processo de seleção dos indivíduos e medidas incluídos na construção de cada curva de crescimento.	61
Figura 7 – Equação para cálculo do escore-z a partir dos valores de LMS.....	72

ARTIGO DE REVISÃO

Figura 1. Fluxograma da seleção dos estudos. São Paulo, SP, Brasil, 2021.	98
Figura 2. Análise da qualidade dos artigos incluídos nesta revisão.	99

ARTIGOS ORIGINAIS

Primeiro Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject selection.	125
Figure 2. Median height (M Curve) of the four height references in boys and in girls.....	126
Figure 3. Coefficient of variation (S Curve) of the four height references in boys and in girls.	126
Supplementary Information 1. MULT Height-for-age growth chart for boys (0 to 20 years)	127
Supplementary Information 2. MULT Height-for-age growth chart for girls (0 to 20 years)	128

Segundo Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject and anthropometric data selection	158
Figure 2. Median BMI and z-score differences of the five BMI references in boys and in girls.	159
Figure 3. <i>S</i> and <i>L</i> curves of the five BMI references in boys and in girls.	160
Figure 4. BMI cutoffs for underweight and obesity of the five BMI references in boys and in girls.	161
Figure 5. BMI-for-age growth chart for boys aged 0–20 years old. Underweight, overweight and obesity percentile cutoffs established at 17, 18, 19, and 20 years old applying the BMI values of 17, 25 and 30 kg/m ²	162
Figure 6. BMI-for-age growth chart for girls aged 0–20 years. Underweight, overweight and obesity percentile cutoffs established at 17, 18, 19, and 20 years old applying the BMI values of 17, 25 and 30 kg/m ²	163
Supplementary Information 1. Worm plot for BMI of boys.....	164
Supplementary Information 2. Worm plot for BMI of girls.....	165

Terceiro Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject and anthropometric data selection.	196
Figure 2. Allometric body mass index p-coefficient values for boys and girls.....	197
Figure 3. M curve and z-score differences of the five BMI references and the MULT ABMI reference in boys and girls.....	198
Figure 4. S and L curves of the five BMI references and the ABMI reference in boys and girls.	199
Figure 5. BMI percentile cutoffs for obesity at 18, 19, and 20 years old of the five BMI references and the ABMI reference in boys and girls.	200
Figure 6. ABMI-for-age growth chart for boys aged 0 to 20 years old.....	201
Figure 7. ABMI-for-age growth chart for girls aged 0 to 20 years old.	202
Supplementary Information 1. Worm plot of the ABMI reference for boys.....	203
Supplementary Information 2. Worm plot of the ABMI reference for girls.	204

Quarto Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject selection.....	230
Figure 2. Pearson's correlation matrix among the BMI z-scores of WHO (2007), IOTF (2012), and MULT (2023), and four skinfolds.	231
Figure 3. Bland-Altman plot for comparing the three international growth references.	232

Quinto Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject selection.....	255
Figure 2. Scatterplots of the FMI and BMI, AFMI and ABMI, FM/FFM ² and BMI, and FM/FFM ^{pt} and ABMI.	256
Figure 3. Roc curve and AUC comparison among the four BMI references and the ABMI reference to diagnose obesity in boys according to the body fat mass 95 th percentile.	257
Figure 4. Roc curve and AUC comparison among the four BMI references and the ABMI reference to diagnose obesity in girls according to the body fat mass 95 th percentile.	258

Sexto Artigo

Figure 1. Flowchart of the subject selection.....	283
Figure 2. Prevalence of underweight, normal weight, overweight, and obesity estimated by the IOTF, MULT, and WHO BMI references, in three periods of time.	284

Sétimo Artigo

Figure 1. Model of the first tool screen, presenting the covered contents.....	304
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABMI – *Allometric Body Mass Index*

ABMI_{p_t} – *Allometric Body Mass Index p-coefficients*

AFMI – *Allometric Fat Mass Index*

ASF – *Abdominal Skinfold*

AUC – *Área Sob a Curva ROC*

BIC – *Bayesian Information Criterion*

BMI – *Body Mass Index*

BMI-GC – *Body Mass Index Growth Channeling*

BVS – *Biblioteca Virtual de Saúde*

CAPES – *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*

CC – *Circunferência de Cintura*

CCC – *Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin/ Lin's Concordance Coefficient*

CC-IMC – *Canal de Crescimento de IMC*

CD – *Critical Difference*

CDC – *Centers for Disease Control and Prevention*

CDG – *Catch-Down Growth*

CI – *Confidence Interval*

CID-10 – *Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde*

CNPq – *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ National Council for Scientific and Technological Development*

CNS – *Conselho Nacional de Saúde*

CUG – *Catch-Up Growth*

CURVA ROC – *Receiver Operating Characteristic Curve*

DCAB – Dobra Cutânea Abdominal

DCNT – Doenças Crônicas Não Transmissíveis

DCSE – Dobra Cutânea Subescapular

DCSI – Dobra Cutânea Supra Ilíaca

DCT – Dobra Cutânea Tricipital

DCV – Doenças Cardiovasculares

DeCS – Descritores em Ciências da Saúde

DM2 – Diabetes Mellitus tipo 2

DP – Desvio-Padrão

DUTCH – *Dutch Growth Study*

DXA – Absorciometria de raios-x de dupla energia

ELANA – Estudo Longitudinal de Avaliação Nutricional de Adolescentes

EPITeen – *Epidemiological Health Investigation of Teenagers in Porto*

EPIUnit – *Epidemiology Research Unit*

EUA – Estados Unidos

FAPERJ – Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

FCT – Fundação para Ciência e Tecnologia/ *Foundation for Science and Technology*

FEC – Fluídos Extracelulares

FFM – *Fat-Free Mass*

FM – *Fat Mass*

FMI – *Fat Mass Index*

FSP – Faculdade de Saúde Pública

GAMLSS – *Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape*

g.l – Graus de Liberdade

G21 – Geração XXI/ *Generation XXI*

HS – Ensino Médio/ *High School*

IAMC – Índice Alométrico de Massa Corporal

IAMG – Índice Alométrico de Massa Gorda

IARC – Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer

ICESP – Instituto do Câncer do estado de São Paulo

ICF – *Informed Consent Form*

IMC – Índice de Massa Corporal/ *Índice de Masa Corporal*

IMG – Índice de Massa Gorda

IOTF – *International Obesity Task Force*

ISPUP – Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto

kappa – Coeficiente Kappa de Cohen/ *Cohen's Kappa coefficient*

kg – quilos

LMS – L: *Skewness/Assimetria/Asimetría*; M: *Median/ Mediana/ Mediana*; S: *Coefficient of Variation/ coeficiente de variação/ coeficiente de variación*

m – metros

MCS – *Millennium Cohort Study*

Medline – *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*

MeSH – *Medical Subject Headings*

MG – Massa Gorda

MLG – Massa Livre de Gordura

MLE – *Maximum Likelihood Estimation*

MS – Ensino fundamental/ *Middle School*

n – *Number*

NCD-Risc – *NCD Risk Factor Collaboration*

NCDs – *Noncommunicable Diseases*

NCHS – *National Center for Health Statistics*

- LR *Negative Likelihood Ratio*

NHANES – *National Health and Nutrition Examination Survey*

NIH – *National Institutes of Health*

OBE – *Obesity*

OW – *Overweight*

OBS – *Number of Observations*

OMS – *Organização Mundial da Saúde*

ONU – *Organização das Nações Unidas*

PICOS – *Participants, Intervention, Comparison, Outcome, Study design*

+ LR *Positive Likelihood Ratio*

Pr – *Percentile*

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

PROSPERO – *International Prospective Register of Systematic Reviews*

PubMed – *Publicly Accessible MEDline*

p_t – *Expoentes que variam de acordo com a idade*

r – *Coefficiente de Pearson*

RCE – *Relação Cintura-Estatura*

RR – *Risco Relativo/ Relative Risk*

RS – *Revisão Sistemática*

RV- *Razão de Verossimilhança Negativa*

RV+ *Razão de Verossimilhança Positiva*

SciELO – *Scientific Electronic Library Online*

SD – *Standard Deviation*

SEC – Sólidos Extracelulares

SEPE – *Social-Economic-Political-Emotional*

SISF – *Suprailiac Skinfold*

SSF – *Subscapular Skinfold*

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TNO – Department of Child Health of the Netherlands Organization for Applied Scientific Research

TSF – *Triceps Skinfold*

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ *Federal University of Rio Grande do Sul*

UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo/ *Federal University of São Paulo*

US – *United States*

USP – Universidade de São Paulo/ *University of São Paulo*

UW - *Underweight*

WHO – *World Health Organization*

y – *Years*

YL – *Young Lives: an International Study of Childhood Poverty*

YLOC – *Young Lives Older Cohort*

YLYC – *Young Lives Younger Cohort*

ZIOTF – *BMI z-score of IOTF*

ZMULT – *BMI z-score of MULT*

ZWHO – *BMI z-score of WHO*

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	23
2	INTRODUÇÃO.....	26
2.1	EPIDEMIOLOGIA NUTRICIONAL	26
2.2	COMPOSIÇÃO CORPORAL	29
2.3	INDICADORES ANTROPOMÉTRICOS.....	32
2.4	CURVAS DE CRESCIMENTO	35
2.5	JUSTIFICATIVA.....	43
3	OBJETIVOS.....	45
3.1	OBJETIVO GERAL	45
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
4	MÉTODOS	47
4.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	47
4.2	METODOLOGIAS APLICADAS NOS ARTIGOS ORIGINAIS.....	49
4.2.1	Inquéritos Populacionais e Delineamento	49
4.2.2	Compilação dos Inquéritos Populacionais para as Análises	57
4.2.3	Modelagem das Curvas	63
4.2.4	Comparação entre as Curvas Internacionais de Crescimento	66
4.2.5	Correlação entre Adiposidade e IMC.....	68
4.2.6	Acurácia das Curvas de IMC e IAMC para Diagnosticar Obesidade.....	68
4.2.7	Análise da Canalização nas curvas de IMC para a idade.....	70
4.2.8	Ferramenta para Avaliação Nutricional	71

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	ARTIGO DE REVISÃO	73
5.2	ARTIGOS ORIGINAIS	100
5.2.1	Artigo 1	100
5.2.2	Artigo 2	129
5.2.3	Artigo 3	166
5.2.4	Artigo 4	205
5.2.5	Artigo 5	233
5.2.6	Artigo 6	259
5.2.7	Artigo 7	285
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	305
7	REFERÊNCIAS	307
8	ANEXOS	318
8.1	ANEXO 1: REGISTRO DA RS NO PROSPERO.	318
9	CURRÍCULO LATTES	326
9.1	CURRÍCULO LATTES DA AUTORA	326
9.2	CURRÍCULO LATTES DO ORIENTADOR	327

1 APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado, apresentada em formato de artigos foi elaborada de acordo com as normas regimentais do Programa de Pós-Graduação Nutrição em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP), como requisito para a conclusão do curso de Doutorado Direto da discente Mariane Helen de Oliveira. A discente foi orientada pelo Professor Doutor Wolney Lisboa Conde e realizou um período de doutorado sanduíche no Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto (ISPUP), sob a supervisão das Professoras Doutoras Elisabete Ramos e Joana Araújo.

A presente tese abrange: (i) uma introdução geral sobre a importância da avaliação nutricional, que inclui a composição corporal, os indicadores antropométricos e as curvas de crescimento que atuam como ferramentas para o diagnóstico nutricional de menores de 20 anos; (ii) os objetivos propostos; (iii) os aspectos gerais da metodologia aplicada que são abordados mais detalhadamente em cada um dos artigos; (iv) a seção de resultados e discussão, composta por oito artigos que foram formatados de acordo com as instruções de cada revista considerada para a submissão/publicação; (v) as considerações finais elencando a relevância das descobertas e as contribuições do estudo no âmbito da avaliação nutricional de crianças e adolescentes; (vi) as referências bibliográficas; (vii) os anexos; e os (viii) currículos lattes.

Os oito artigos que constituem esta tese estão descritos a seguir, assim como a revista considerada para a submissão/publicação.

Artigo de Revisão – *“Acurácia das Curvas Internacionais de Crescimento na Avaliação do Estado Nutricional de Crianças e Adolescentes: uma Revisão Sistemática”*, publicado na Revista Paulista de Pediatria em abril de 2022. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2022/40/2021016>

Artigo Original 1 – “***MULT: New height references and their efficiency in multi-ethnic populations***”, publicado na *American Journal of Human Biology* em janeiro de 2023. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23859>

Artigo Original 2 – “***MULT: A new BMI reference to assess nutritional status of multi-ethnic children and adolescents***”, publicado na *American Journal of Human Biology* em junho de 2023. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23946>

Artigo Original 3 – “***MULT: An allometric body mass index (ABMI) growth reference to assess nutritional status of multi-ethnic children and adolescents***”, submetido na *American Journal of Human Biology*.

Artigo Original 4 – “***Comparison of international height and BMI-for-age references and their correlation with adiposity in Brazilian schoolchildren***”, submetido na *British Journal of Nutrition*.

Artigo Original 5 – “***Accuracy of the international growth charts to diagnose obesity according to the body composition analysis in US children and adolescents***”, formatado para a *British Journal of Nutrition*.

Artigo Original 6 – “***Overweight risk at early adolescence according to children’s body mass index (BMI) growth channeling changes in international growth references***”, formatado para o *International Journal of Obesity*.

Artigo Original 7 – “*A new tool to assess the nutritional status of children and adolescents based on the MULT growth reference*”, formatado para a Revista Paulista de Pediatria.

2 INTRODUÇÃO

2.1 EPIDEMIOLOGIA NUTRICIONAL

O balanço entre o consumo dos nutrientes e o gasto energético provenientes dos processos de ingestão, absorção, utilização e excreção de nutrientes refletem-se no estado nutricional do indivíduo (1–3). Essa condição é mensurada pela avaliação nutricional, que pode ser realizada por meio da antropometria, que envolve medidas como altura, massa corporal (peso), circunferências e dobras cutâneas, ou através da análise dos componentes corporais (1–3). Após a avaliação, o estado nutricional do indivíduo pode ser classificado primordialmente em três categorias: a) Eutrófico, que é uma condição que reflete a estabilidade metabólica e a estabilidade da massa corporal, conceituada como a quantidade total de matéria presente em um corpo humano; b) Depleção, que reflete quadros catabólicos e tecidos corporais reduzidos; c) Excessos, que reflete o aumento das reservas teciduais, principalmente as do tecido adiposo (1).

Na categoria de depleção, a desnutrição crônica, um fenômeno persistente em muitas regiões do mundo, estabelece uma intrincada relação com os processos infecciosos, desencadeando uma série de desafios para a saúde global (4). A falta crônica de nutrientes essenciais compromete a integridade do sistema imunológico, tornando os indivíduos mais suscetíveis a infecções (4). Crianças submetidas a desnutrição crônica frequentemente enfrentam atrasos no desenvolvimento, incluindo no sistema imunológico, predispondo-as a um risco aumentado de complicações durante infecções (4). Por outro lado, na categoria de excessos, a denominação de “excesso de peso” é a classificação do estado nutricional que engloba o sobrepeso e a obesidade (5,6). Nessa condição o indivíduo apresenta depósito anormal e excessivo de tecido adiposo, que é um tipo de tecido conjuntivo formado em sua

maioria por células adiposas (adipócitos), e cuja função principal é o depósito de energia excedente em forma de triglicerídeos (5,6). E para este tipo de tecido é importante analisar não apenas a quantidade presente no indivíduo, mas também como está a sua distribuição subcutânea e visceral (5,6).

O ganho acentuado de tecido adiposo faz com que o indivíduo passe da classificação de sobrepeso para obesidade, que em unidade escalar é a fase mais severa (5,6). A obesidade é considerada pela *World Health Organization* (WHO) como uma doença crônica não transmissível (DCNT), na qual o aumento da gordura corporal promove disfunção do tecido adiposo, resultando em alterações bioquímicas, metabólicas, fisiológicas e psicossociais (6,7). Ela é multifatorial e pode ser influenciada por fatores ambientais, como por exemplo, o consumo excessivo de energia combinado com um gasto energético reduzido e prática irregular de atividade física, e por se tratar de uma doença, apresenta o código E66 na classificação internacional de doenças e problemas relacionados à saúde (CID-10) (6,7).

O excesso de peso é um fator de risco para diversas doenças em adultos, como diabetes mellitus do tipo 2 (DM2), hipertensão arterial, acidentes vasculares cerebrais, cardiopatias, dislipidemias e alguns tipos de câncer, além de apresentar alto custo social (8). Estudos desenvolvidos em 2002 pela Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer (IARC) da WHO concluíram que o excesso de peso aumentava o risco para desenvolvimento de câncer de cólon, reto, esôfago, rim, mama na pós-menopausa e endométrio (9). E a pesquisa de Lauby-Secretan et al., de 2016, constatou que indivíduos nesta condição estariam susceptíveis a desencadear tumores em mais outras regiões do corpo como estômago, fígado, vesícula biliar, pâncreas, ovário, tireoide, meninge e nos plasmócitos (10). Em 2016, o Instituto do Câncer do estado de São Paulo (ICESP) relatou que 87% das mulheres que desenvolveram câncer de endométrio no Brasil estavam com sobrepeso ou obesidade, reforçando que o excesso de peso é um fator que pode contribuir para o desenvolvimento de câncer (11).

A prevalência de sobrepeso e obesidade tem atingido todos os gêneros, todas as faixas etárias e todos os estratos sociais (12). O excesso de peso que antes era um problema de saúde pública relatado apenas em países de alta renda, hoje está aumentando consideravelmente em países de baixa e média renda, principalmente em regiões urbanizadas (6,12,13). Dados de 2016 da WHO reportaram que mais de 1,9 bilhão de adultos e idosos (a partir dos dezoito anos) estavam com sobrepeso e 650 milhões estavam obesos, e entre os menores de 20 anos, mais de mais de 380 milhões apresentavam excesso de peso (13). Crianças com sobrepeso e obesidade são mais propensas a manter essas condições na idade adulta, bem como desenvolver precocemente DM2 e doenças cardiovasculares (DCV) (12).

Além disso, em menores de vinte anos a denominada dupla carga de má nutrição, que envolve a coexistência de déficits nutricionais em conjunto com o excesso de peso na mesma população, tem atingido diversas nações (12,14–16). A velocidade com que essa transição nutricional está ocorrendo tem sido apontada como um fator preocupante para a saúde pública (16). Um estudo com 2.416 inquéritos de base populacional com crianças e adolescentes analisou a tendência secular de desnutrição, sobrepeso e obesidade entre os anos de 1975 e 2016 e observou que a prevalência de obesidade global padronizada por idade aumentou de 0,7% para 5,6% em meninas e de 0,9% para 7,8% em meninos (12). Em contrapartida, a prevalência de desnutrição diminuiu apenas de 9,2% para 8,4% em meninas e de 14,8% para 12,4% em meninos (12). Dados mundiais de 2022, apontaram que enquanto 37 milhões de crianças menores de cinco anos apresentava sobrepeso ou obesidade, cerca de 45 milhões apresentavam desnutrição e 148.1 milhões estavam com déficit de altura (17).

Esse fenômeno indica a necessidade de planejamento de políticas públicas para combate de desnutrição e de obesidade simultaneamente, e por isso o enfrentamento à obesidade ganhou destaque na agenda pública internacional (15,16,18,19). A Organização das Nações Unidas (ONU) incorporou como meta o combate ao aumento da prevalência da obesidade em

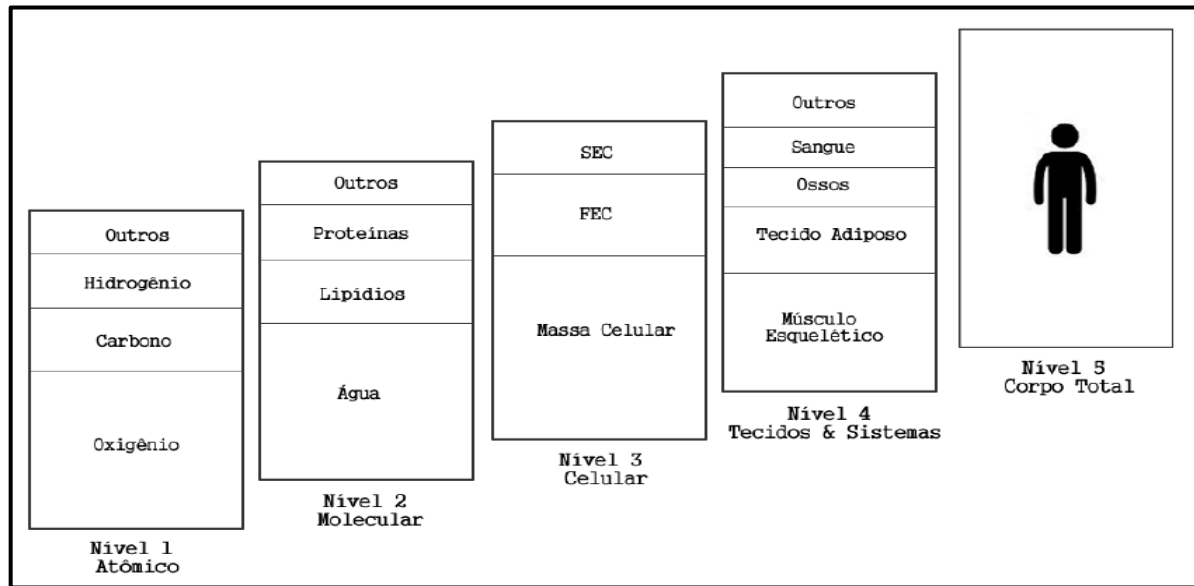
adolescentes e adultos na “Década das Nações Unidas para a Ação sobre Nutrição, 2016-2025” e na “Agenda 2030” dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Ademais, a WHO divulgou em 2017 novas diretrizes para tratar a obesidade em menores de cinco anos que incluem o aconselhamento em conjunto com a dieta, a avaliação dos hábitos alimentares e as aferições constantes de peso e altura (15,16,18,19). O primeiro passo para contenção do aumento da prevalência do excesso de peso em menores de vinte anos é o diagnóstico adequado do estado nutricional, que pode ser realizado a partir de diferentes métodos, dentre eles destacam-se os indicadores antropométricos, fundamentados pela análise da composição corporal (3,19,20).

2.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL

A avaliação da composição corporal pode ser empregada para identificação de excesso de massa corporal e/ou do tecido adiposo (21). Ela pode ser realizada através de diferentes métodos baseados em elementos químicos constituintes do organismo vivo (21). A análise desses elementos possibilita a identificação dos componentes corporais que são produtos das ações do ambiente em conjunto com o acúmulo de nutrientes e substratos ao longo da vida (21).

Para a avaliação da composição corporal existem na literatura diferentes níveis de organização do corpo humano, dentre eles podemos destacar o de Wang et al. (22), publicado em 1992, que dividiu a organização em cinco níveis, conforme **Figura 1**.

Figura 1 – Principais componentes do modelo de cinco níveis.



Fonte: Traduzido de Wang et al⁽²²⁾, (1992).

Abreviações: SEC, Sólidos extracelulares; FEC, Fluídos extracelulares.

- 1) Nível Atômico: através do átomo de carbono, cálcio, fósforo, sódio, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, etc. (22).
- 2) Nível Molecular: através de lipídios, minerais, água, glicogênio e/ou proteínas (22).
- 3) Nível Celular: através da gordura, massa celular corporal, sólido e líquidos extracelulares (22).
- 4) Nível Funcional (tecidos e sistemas): através do tecido (adiposo, esquelético, muscular) e órgãos viscerais e residuais (22).
- 5) Nível Corpo Total: através de toda a composição corpórea, considerando tamanho do corpo, forma, características exteriores e físicas (22).

A avaliação da composição corporal pode ser realizada a partir de um, dois ou mais compartimentos, e a seleção dependerá do método ou técnica escolhida para a análise (21). Devido à simplicidade e à objetividade do modelo de dois compartimentos, esse tem sido o mais utilizado, sendo que um compartimento é a massa gorda (MG), composta basicamente por gordura e o outro compartimento a massa livre de gordura (MLG) que é constituída pelos

demais componentes do corpo humano como água, proteína, ossos, glicogênio, lipídeos essenciais e etc. (21).

Para avaliação da composição corporal, pode-se utilizar o método direto (a partir da dissecação de cadáveres) ou métodos indiretos, subdivididos em: a) validados a partir do método direto, como por exemplo, os densitométricos e baseados na quantidade de água total corporal ou b) duplamente indiretos que são aqueles validados a partir de um método indireto, como por exemplo, a antropometria e a impedância elétrica (21,23).

Esses métodos não estabelecem o valor real, apenas estimam a quantidade de gordura corporal, podendo sofrer influência da etnia, idade, estado fisiológico, grau de adiposidade, distribuição da gordura corporal e nível de atividade física (20,24,25). Além disso, a escolha da técnica ou do método a ser empregado dependerá do tipo de estudo clínico a ser realizado, dos custos de operação e manutenção, do treinamento dos avaliadores, da precisão e da acurácia esperada (20,21,24,26,27).

Dentre os métodos existentes para avaliação da composição corporal, a absorciometria de raios-x de dupla energia (DXA) desenvolvida por Mazess et al., (1990) é considerado o padrão-ouro para estimativa da composição corporal e tem sido utilizada para validação de equações preditivas que aplicam dobras cutâneas (28). Apesar da excelente predição de MG e da associação com desfechos cardiometabólicos, este método apresenta dificuldade de aplicação e alto custo, sendo, portanto, não utilizado em larga escala em estudos populacionais (25,28,29).

Em resumo, para diagnóstico do estado nutricional, o uso da composição corporal é um método que auxilia na classificação do indivíduo em sobrepeso e em obesidade, pois identifica o acúmulo de gordura e sua distribuição corporal (26,30,31). E o excesso em conjunto com uma distribuição centralizada de gordura tem sido apontado como um fator de risco para o

desenvolvimento de DCNT, especialmente as DCV, tanto em adolescentes quanto em adultos (26,30,31).

2.3 INDICADORES ANTROPOMÉTRICOS

Indicadores antropométricos são determinados pela combinação de medidas que aferem o tamanho e proporção do corpo humano (5,6). Dessa forma inclui-se as medidas de comprimento/altura, peso, circunferências e dobras cutâneas (3,5,6). Devido ao baixo custo, esses indicadores em conjunto com as curvas de crescimento têm sido aplicados para avaliação do estado nutricional em estudos epidemiológicos (5,32).

Para predição de riscos de DCV e como critério de triagem para risco de síndrome metabólica em menores de vinte anos, a medida antropométrica de circunferência de cintura (CC) tem sido bastante utilizada (33). Existem três protocolos de aferição da CC para menores de 20 anos, o de Freedman et al., (1999), o de Taylor et al., (2000) e o de Fernández et al., (2004) (33–35).

Outro índice que tem sido estudado para determinação de risco para doenças cardiovasculares é a relação cintura-estatura (RCE), proposto em 1995 por Hsieh e Yoshinaga, o qual é produto da divisão entre a medida da CC pela altura do indivíduo (36,37). A princípio este índice foi desenvolvido para adultos, porém alguns pesquisadores verificaram que em crianças e adolescentes a RCE apresentou um ótimo desempenho na correlação com a gordura visceral, e que valores a partir de 0,5 estão associados à riscos cardiometabólicos (36–39).

Em menores de vinte anos, os índices de peso para a idade, altura para a idade, peso para altura e perímetro cefálico para a idade são comumente utilizados para avaliar o crescimento e desenvolvimento de crianças, enquanto que o índice de massa corporal (IMC) é

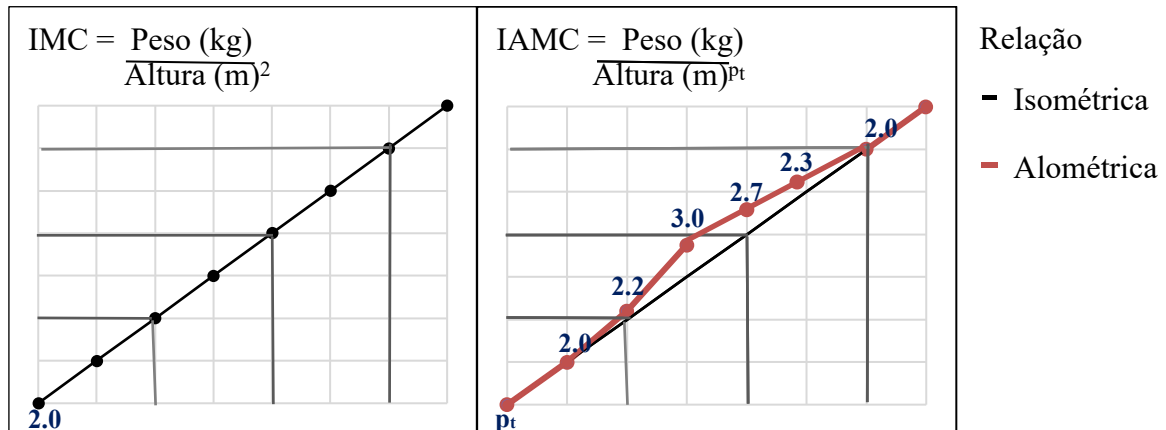
internacionalmente utilizado como principal indicador de diagnóstico nutricional, sendo inclusive recomendado pela WHO e utilizado em curvas de IMC para a idade (5,32,40,41). Isso se deve ao fato dele ser um método não invasivo, com baixo custo operacional, de fácil aplicação e apesar de não diferenciar MG de MLG, seu uso destaca-se em estudos epidemiológicos, pois seus pontos de cortes para sobrepeso e/ou obesidade têm sido correlacionados com o desenvolvimento de DCNT, principalmente as DCV (42,43). Esse índice foi desenvolvido pelo matemático belga Adolphe Quetelet em 1832, quando ele investigava as características físicas dos seres humanos e tentava determinar a lei do crescimento a nível populacional (44). Sua fórmula é o produto da relação entre o peso em quilos (kg) e o quadrado da altura em metros (m) do indivíduo, conforme equação apresentada na **Figura 2** (1,45,46).

Embora o IMC seja reconhecido como uma ferramenta eficaz para diagnosticar a obesidade, existe certa preocupação quanto ao seu uso em crianças e adolescentes, pois, em algumas idades específicas, o crescimento não apresenta uma relação isométrica entre peso e altura (expoente = 2) (46). Há evidências de que desde o primeiro ano de vida até a puberdade, o ganho de peso aumenta lentamente quase como o quadrado da altura, enquanto que durante a puberdade há um aumento expressivo no ganho de peso que gera mudanças significativas na velocidade de crescimento e na composição corporal (46). Durante essa fase de desenvolvimento, esse ganho de peso é acompanhado pela expansão óssea, portanto estudos apontam a ausência da característica isométrica na relação entre peso e altura nesse período (47).

Por esta razão, Benn (1971) propôs um índice alométrico de massa corporal (IAMC), com expoentes dinâmicos para linearizar a relação entre peso e altura ao longo dos anos, o qual ele denominou como índice ideal (48). A fórmula desse índice é similar ao do IMC, a diferença

está nos expoentes que variam de acordo com a idade (p_t), conforme equação apresentada na **Figura 2** (48).

Figura 2 – Equações referentes aos cálculos do IMC e IAMC e gráficos explicativos da relação isométrica e alométrica.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023, segundo as fórmulas extraídas de WHO⁽⁵⁾, 1995; e Benn⁽⁴⁸⁾, 1971.

Recentemente foi proposto por Mazzeti et al., (2018) expoentes diferenciados que variam por idade e por sexo para serem aplicados no IAMC (49). Esses expoentes foram estimados através da análise de dados antropométricos de cinco países (Brasil, Estados Unidos, México, Coreia do Sul e Inglaterra) e sua validação ocorreu por meio da análise de composição corporal estimada por DXA (49). Essa abordagem de utilizar expoentes diferentes de 2 em períodos onde há alteração na velocidade de crescimento, como por exemplo, durante a puberdade é defendida por diversos pesquisadores, embora não exista curvas de IAMC, ou pontos de cortes definidos para estabelecer o diagnóstico nutricional a partir desse indicador, o que dificulta sua aplicação (49–52).

2.4 CURVAS DE CRESCIMENTO

A curva de crescimento é uma ferramenta gráfica que pode exibir tanto o tamanho da criança em uma série de idades quanto sua taxa ou velocidade de crescimento ao longo do tempo, com base na inclinação da curva (53). A primeira curva foi construída com os dados coletados por Count Philibert Gueneau de Montbeillard (1720-1788). Ele anotou a cada seis meses a altura de seu próprio filho desde o nascimento até os 18 anos (53). Esses dados de altura foram publicados por George Buffon (1707-1788) como a primeira curva de altura para a idade (53).

Desde a sua criação, as curvas de crescimento são reconhecidas como uma ferramenta essencial para avaliar o estado de saúde de crianças e muito utilizada na prática clínica de pediatras (53). Existem as curvas de crescimento que são referências ou padrão, as de referência são elaboradas com base nas características antropométricas de uma população, e tem a finalidade de descrever o crescimento daquela população, apresentando um resumo estatístico de suas características de acordo com a região e a época em que os dados foram coletados (53). A construção do padrão é semelhante ao da referência, com a exceção de que a amostra é selecionada com base em critérios de saúde, portanto o objetivo é descrever o crescimento de crianças consideradas saudáveis, que vivem em condições socioambientais e econômicas ideais para um desenvolvimento adequado (53). Essas curvas são construídas diferenciadas por sexo (determinado no nascimento pela presença ou ausência do cromossomo *Y*) e a partir de estudos longitudinais ou transversais. Ademais, elas são consideradas bastante sensíveis para a avaliação do estado nutricional, propiciando intervenções e prevenção de agravos à saúde, pois expressam as distribuições em percentis ou escores-z, que são calculados a partir dos valores de referência, conforme **Figura 3** (5,54–57).

Figura 3 – Equação para cálculo do escore-z.

$$\text{Escore-z} = \frac{(\text{valor observado}) - (\text{valor da mediana de referência})}{\text{Desvio-padrão (DP) da população de referência}}$$

Fonte: Traduzido de WHO⁽⁵⁾, 1995.

Ao longo dos anos várias instituições propuseram curvas de crescimento (**Figura 4**) elaboradas com amostras populacionais nacionais e/ou internacionais e com critérios de inclusão diversos (32). Como exemplos temos as curvas de Iowa, elaboradas na década de 1940, com dados antropométricos da coorte *Iowa Child Welfare Study* (32). Contudo, a falta de diversidade étnica, fez com que essa curva de referência apresentasse performance insatisfatória em populações de outras nações (32). Cerca de 20 anos depois, apareceram duas propostas de curvas de crescimento, a de Harvard construída com dados de crianças de Boston nos Estados Unidos (EUA) e a de Tanner com dados de crianças britânicas (32).

A instituição de Harvard apresentou as curvas de peso para a idade e altura para a idade para crianças e adolescentes com idades entre dois e 18 anos e peso para comprimento para os menores de 36 meses (32). Seu uso foi recomendado pela WHO, e apesar de ter muita aderência entre pediatras, havia críticas com relação a amostra utilizada, já que não era representativa do país (32). As de Tanner descreviam a velocidade de crescimento, o que foi uma inovação para a época, contudo seu uso não foi disseminado, devido à falta de uma amostra representativa (32). Em 1977, surgiram as curvas da *National Center for Health Statistics* (NCHS), que foram elaboradas com dados de crianças e adolescentes dos EUA com idades até 18 anos, foram recomendadas pela WHO e utilizada internacionalmente (32). Entretanto, várias críticas surgiram com relação a metodologia estatística e aos limites de percentis aplicados (32). E foi somente a partir dos anos 2000 que surgiram curvas de crescimento com metodologias mais robustas que foram recomendadas pela WHO e passaram a ser aplicadas em larga escala em

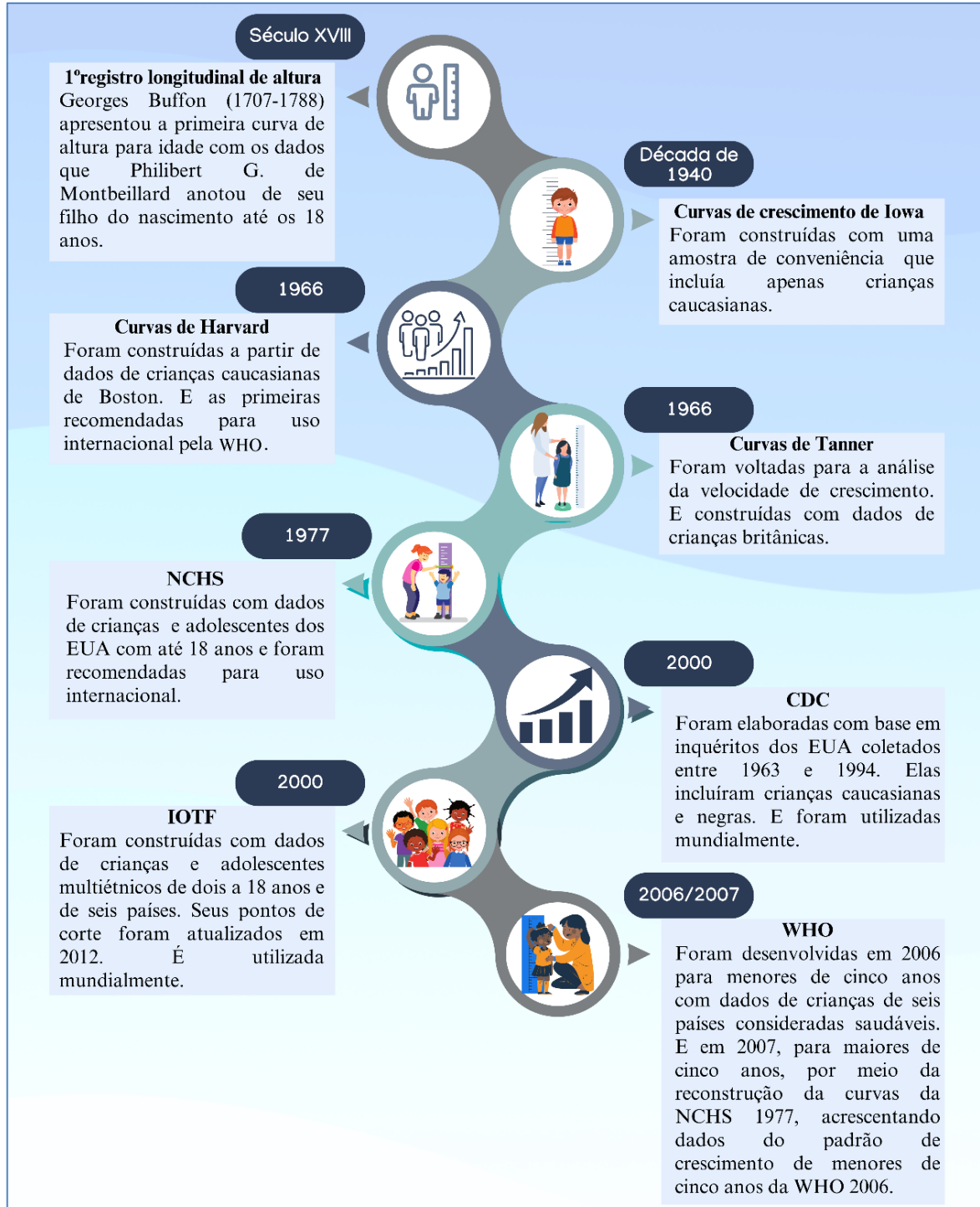
programas de vigilância nutricional, proporcionando a análise de comparação de prevalências do estado nutricional entre os países (32,53).

As curvas de crescimento expressas em percentis e específicas por sexo e grupo etário do *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) foram apresentadas nos anos 2000 (58,59). Elas foram construídas utilizando dados de cinco inquéritos nacionais do EUA coletados entre 1963 e 1994 (58,59). Para crianças menores de três anos foram desenvolvidas as curvas de comprimento para a idade, peso para a idade e perímetro cefálico-para-idade (58,59). Para crianças menores de cinco anos foi construída a curva de peso para altura e para crianças e adolescentes dos dois aos vinte anos foram construídas as curvas de altura para a idade, peso para a idade e IMC para a idade (58,59). Os pontos de corte adotados pelo CDC definem o sobrepeso para valores de IMC para a idade igual ou superior ao percentil 85 e inferior ao percentil 95, a obesidade para valores de IMC para a idade igual ou superior ao percentil 95, e a magreza para valores de IMC para a idade inferiores ao percentil 5 (58,59). As curvas do CDC foram mundialmente utilizadas, inclusive a Direção Geral de Saúde de Portugal fez uso das curvas IMC para a idade até meados de 2013 e elas estavam incluídas no boletim de saúde infantil e juvenil (32,60,61).

No mesmo ano, o *International Obesity Task Force* (IOTF), apresentou as curvas de IMC para a idade diferenciadas por sexo, para crianças e adolescentes de dois a 18 anos (62). Essas curvas foram construídas utilizando um conjunto de dados coletados entre 1963 e 1993 do Brasil, Hong Kong, Holanda, Singapura, Reino Unido e EUA (62). Em 2012, houve uma atualização dos pontos de corte dessa referência e os valores de IMC de 16 kg/m², 17 kg/m², 18,5 kg/m², 25 kg/m², 30 kg/m² e 35 kg/m² aos 18 anos foram utilizados para definir os percentis, resultando em seis diferentes classificações, semelhantes à WHO, desde magreza acentuada até obesidade grave (63).

As curvas de crescimento da WHO (20006/2007) foram elaboradas em duas etapas diferentes, sendo a primeira para menores de cinco anos e a segunda para crianças e adolescentes dos cinco anos aos 19 anos (40,41). As curvas para menores de cinco anos são consideradas padrão, pois foram desenvolvidas em 2006 a partir do Estudo Multicêntrico de Referência do Crescimento, o qual tinha como objetivo principal descrever o crescimento de crianças saudáveis (40,64). Esse estudo foi realizado com dados longitudinais e transversais coletados de seis países: Brasil (Pelotas), EUA (Davis), Gana (Accra), Noruega (Oslo), Índia (Nova Delhi) e Omã (Muscat) e com crianças que foram amamentadas exclusivamente com leite materno nos primeiros meses de vida e tiveram condições socioambientais e econômicas propícias para um crescimento adequado (40,64). As curvas para maiores de cinco anos foram construídas com dados coletados pelo estudo transversal do NCHS (1977) que abrangia indivíduos dos EUA nascidos as décadas de 1950 e 1960 (41,65). Para elaboração dessas curvas, consideradas de referência, o comitê de especialistas da WHO reformulou os dados do NCHS (1977), selecionando apenas crianças e adolescentes não-obesos que atingiram alturas esperadas para suas idades, e incluindo informações provenientes dos padrões de crescimento dos menores de cinco anos (41). As principais curvas da WHO (2006/2007) para crianças são as de peso para a idade, peso para comprimento, peso para altura e a de IMC para a idade, já para os adolescentes, são as curvas de IMC para a idade e a altura para a idade (40,41,64,65).

Figura 4 – Linha do tempo com as principais curvas de crescimento desenvolvidas para avaliação do estado nutricional de crianças e adolescentes.



Fonte: Elaborado pela autora^(32,40,41,53,58,62,63), 2023.

Apesar de existirem essas diversas curvas de crescimento, as principais utilizadas na avaliação de crianças e adolescentes são as de comprimento/altura para a idade e as de IMC para a idade pois demonstram, respectivamente, a trajetória linear de crescimento, sendo fundamental para detectar a baixa estatura e identificam o baixo peso ou excesso de peso (64,65).

Com relação a aplicabilidade e uso dessas curvas internacionais, a WHO recomenda suas próprias curvas e elas são utilizadas em mais de 140 países (32). Entretanto, várias nações encontraram divergências ao comparar seus padrões nacionais de crescimento com os dessa referência internacional (32). Devido a isso, lugares como o Reino Unido criaram curvas para determinadas idades a partir da junção das referências da WHO (2006/2007) com os dados locais e a Holanda desenvolveu suas próprias curvas de crescimento (32,66).

As divergências entre as curvas do CDC (2000), WHO (2006/2007) e IOTF (2012) incluem a composição da população, a modelagem dos parâmetros descritivos do índice antropométrico, o limite de idade e os pontos de corte aplicados (32,55,67,68). Referente a composição da população, as curvas da WHO (2007) e do CDC (2000) usaram apenas dados da população dos EUA, enquanto a do IOTF (2012) usou dados de seis países, apresentando uma maior diversidade étnica (41,58,59,62,63).

Concernente à metodologia, o exponencial de potência de Box-Cox com suavização de curvas cúbicas juntamente com a transformação de idade de potência, que inclui a possibilidade de modelar um quarto parâmetro (curtose), foi aplicado nas curvas da WHO (2006/2007) (40,41). Na referência do CDC (2000), os percentis desejados foram estimados a partir dos dados, suavizados e então usados para criar os parâmetros LMS, enquanto que o método LMS de Cole (transformação Box-Cox) foi aplicado na curva de referência do IOTF (2012) (58,59,62,63,68). Apesar dessa diferença na abordagem metodológica dessas curvas, o comitê responsável pela construção das curvas da WHO (2006/2007) não aplicou o ajuste da curtose,

então, elas foram geradas ajustando apenas os três parâmetros de L, M e S, igual realizado nas referências do CDC (2000) e IOTF (2012) (40,41,58,59,62,63).

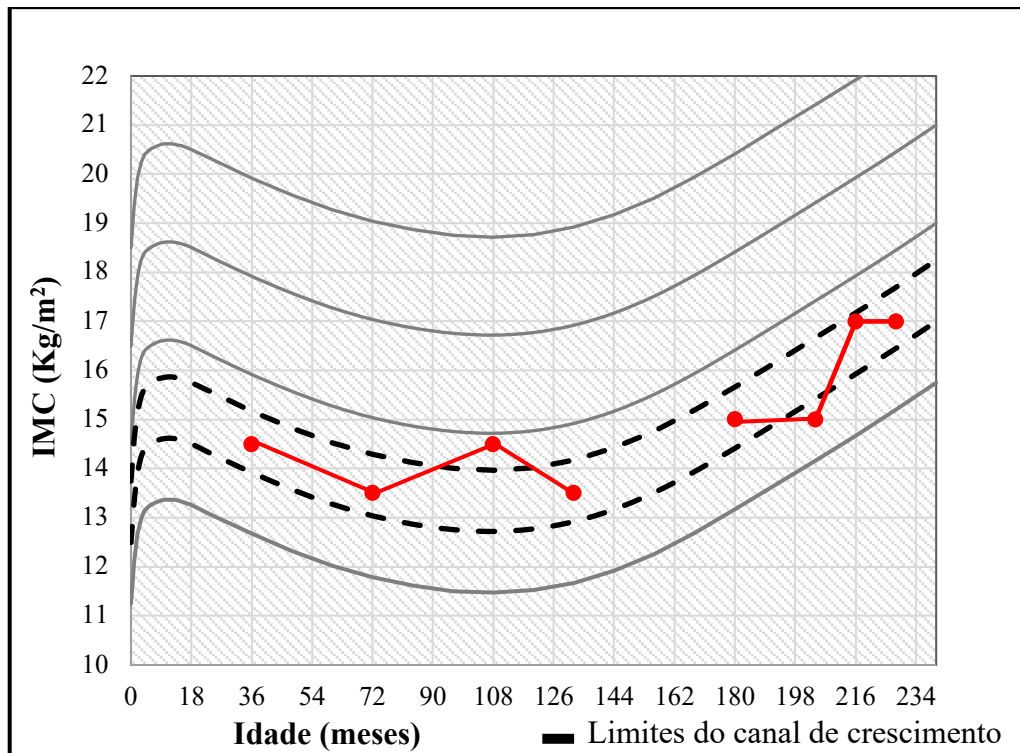
Em relação aos limites de idade e pontos de corte, as curvas de crescimento do CDC (2000) são apresentadas de dois a 20 anos, as da IOTF (2012) são apresentadas de dois a 18 anos e as da WHO (2006/2007) são apresentadas do nascimento aos 19 anos (40,41,58,59,62,63). O CDC (2000) usou escores-z e percentis da amostra para estimar seus pontos de corte aos 20 anos de idade, enquanto que a IOTF (2012) aplicou os valores de IMC de 17 kg/m², 25 kg/m² e 30 kg/m² para 18 anos para estimar seus percentis, e a WHO (2006/2007) usou o escore-z, mas também aplicou os valores de 25 kg/m² e 30 kg/m² para 19 anos para estimar os percentis de sobrepeso e obesidade (40,41,58,59,62,63). Além disso, outra desvantagem dessas referências internacionais é que elas são baseadas principalmente em dados transversais, enquanto que dados longitudinais permitiriam monitorar o estado nutricional ao longo dos anos, observando as alterações nos padrões de crescimento durante a infância e adolescência e avaliando se o crescimento não estaria restrito (69).

Outro aspecto associado aos problemas de diagnóstico supramencionados é o monitoramento do estado nutricional, no qual é feito o acompanhamento da evolução da trajetória nutricional e da velocidade de crescimento de crianças ou adolescentes (64,65). Assim, a interpretação de decréscimos ou aceleração de recuperação nutricional são diretamente relacionadas ao padrão de crescimento utilizado e por isso importantes na avaliação nutricional de crianças (55,64,65,70).

Relacionado a velocidade de crescimento, um fenômeno biológico que tem sido observado durante o desenvolvimento de crianças e adolescentes é o crescimento compensatório determinado pelo *Catch-up growth* e *Catch-down growth* (CUG/CDG), que são crescimento de altura ou peso acima (CUG) ou abaixo (CDG) dos limites estatísticos de normalidade para a idade, conforme apresentado na **Figura 5** (71–73). Esse fenômeno de

compensação da velocidade faz com que a criança em condições favoráveis de nutrição e saúde, seja capaz de reassumir a sua curva fisiológica, permanecendo em um canal previsível de crescimento, sendo que o grau de canalização e as possibilidades de recuperação variam segundo os parâmetros antropométricos (70,73).

Figura 5 – Exemplos de CUG e CDG no canal de crescimento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Alguns estudos sugerem o uso da análise de canais de crescimento (canalização) para monitorar o crescimento e desenvolvimento infantil, uma vez que o crescimento das crianças tende a permanecer dentro de um “canal” nos gráficos de crescimento entre os três anos e o início da puberdade (56,73–75). Ademais, a tendência é que crianças saudáveis sigam um canal de crescimento estreito durante esse período de tempo, e uma mudança de DP > 0,25/ano na altura raramente é vista em estudos longitudinais de crescimento, enquanto que para as curvas de peso e dobras cutâneas, esse canal apresenta uma maior amplitude, com valores de DP

próximos a 0,67 (71,73–76). Os fenômenos de decréscimo nos percentis de peso ou altura são geralmente atribuídos à subnutrição (71,77). No entanto, eles podem refletir uma verdadeira recuperação em bebês com excesso de crescimento pré-natal para o seu potencial genético (71,78). Nesse contexto, o CUG pode estar associado a um ganho de peso excessivo como resultado de superalimentação ou outros fatores genéticos/ambientais, representando um maior risco futuro de obesidade, síndrome metabólica e DM2 (71,72,79–83).

2.5 JUSTIFICATIVA

A dupla carga de má nutrição juntamente com a elevada prevalência do excesso de peso é reconhecida como um desafio significativo em termos de saúde pública, uma vez que essa situação está correlacionada com um aumento substancial nos riscos associados ao desenvolvimento DCNT, destacando-se, em particular, as DCV, que são as principais causas de mortes e incapacidades laborais em diversos países (8,12,84,85). Além disso, até o momento nenhuma nação conseguiu aplicar políticas públicas eficientes a ponto de reduzir a prevalência de excesso de peso (12,14,15,84,86).

Dentre os diferentes métodos para diagnóstico nutricional em menores de 20 anos, aqueles realizados a partir de medidas antropométricas têm sido recomendados pela WHO, especialmente as curvas de altura para a idade e IMC para a idade, devido a praticidade de aplicação em estudos populacionais e a sensibilidade da altura para a idade para diagnosticar o déficit de altura e do IMC para a idade para detectar a obesidade (5,54,64,65).

Entretanto, há preocupação com relação do uso do IMC para a idade pelo fato do crescimento não ser isométrico em todas as fases da vida e também devido a algumas curvas internacionais não estarem refletindo o padrão de crescimento de algumas populações (32,49,50,52). Além disso, algumas curvas internacionais de avaliação nutricional de crianças

e adolescentes foram construídas a partir dos pontos de cortes de sobrepeso e obesidade do IMC de adulto, e apesar de serem referenciadas para uso internacional evidências sugerem dificuldades para aplicação em determinadas etnias, tanto que diversos países criaram suas próprias curvas com os dados colhidos nacionalmente (32,62,66,87–92). Essas evidências indicam que talvez as curvas existentes não tenham sido construídas com uma diversidade étnica suficiente para serem utilizadas internacionalmente, ou que o IMC não seja adequado para ser aplicado durante algumas faixas etárias, onde há um aumento da velocidade do crescimento, o que sugere a necessidade de um indicador que represente melhor a relação entre peso e altura (50,52,62,87,91,93).

Ademais, estudos mostram que há uma tendência de crianças saudáveis em permanecer em um canal nas curvas de crescimento e que a análise da canalização pode ser uma ferramenta essencial para avaliação do estado nutricional e com meio preditivo de risco de obesidade e doenças correlacionadas (71,77). E como referido, a análise da composição corporal auxilia na identificação de excesso de tecido adiposo, e apresenta alta correlação com desfechos cardiometabólicos e risco para várias DCNT, além de mortalidade (30,31). Desse modo, há a necessidade de uma nova referência de crescimento internacional que representem padrões de crescimento baseados em dados mais recentes e coletados de diversas populações, oferecendo uma abordagem mais abrangente e inclusiva (67). Portanto, o presente estudo visa desenvolver novas curvas de altura, IMC e IAMC para a idade e analisar a precisão diagnóstica e o efeito da canalização dessas novas curvas e das já existentes, a fim de ressaltar a referência que apresenta melhor adequação para uso internacional.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma nova referência internacional para avaliação do estado nutricional de crianças e adolescentes e comparar seu desempenho com outras curvas de referências já existentes e utilizando a canalização de crescimento, a fim de evidenciar a referência com melhor precisão diagnóstica e adequação para uso global.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Revisar a acurácia das curvas internacionais de comprimento/altura e IMC para a idade no diagnóstico do estado nutricional de crianças e adolescentes.
- ✓ Desenvolver uma nova referência (MULT) para avaliação do estado nutricional de menores de vinte anos multiétnicos, apresentando curvas de altura, IMC e IAMC para a idade.
- ✓ Investigar a concordância entre as classificações do estado nutricional em crianças e adolescentes, a partir das curvas de crescimento de altura e IMC para a idade propostas para uso internacional.
- ✓ Analisar a precisão diagnóstica, sensibilidade e especificidade das curvas de IMC e /ou IAMC para diagnosticar obesidade em crianças e adolescentes de acordo com a massa de gordura corporal.

- ✓ Investigar o risco de sobrepeso na pré-adolescência a partir da análise da canalização de crescimento por dois valores de amplitude nas diferentes curvas internacionais de IMC para a idade.
- ✓ Desenvolver uma nova ferramenta que avalie e classifique o estado nutricional de menores de 20 anos baseada nas curvas de altura para a idade e de IMC pra a idade da referência MULT.

4 MÉTODOS

Esta seção foi estruturada em duas partes, sendo a primeira uma revisão da literatura e a segunda abordando as metodologias aplicadas nos artigos originais, que em sua maioria utilizaram dados de inquéritos populacionais.

4.1 REVISÃO DA LITERATURA

A fundamentação teórica sobre as principais curvas internacionais de crescimento foi realizada por meio de uma revisão sistemática (RS), que seguiu as recomendações preconizadas pela *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (94). A estratégia PECOS (*Participants, Exposure, Comparison, Outcome, Study design*) foi aplicada para a seleção dos estudos, conforme **Quadro 1**. Ademais para garantir a reprodutibilidade e qualidade da RS, o registro no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) foi realizado sob o número de protocolo CRD42020215498. Os dados e delineamentos da revisão estão no **Anexo 1** e podem ser consultados no seguinte endereço eletrônico: [www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42020215498].

Quadro 1 – Delineamento da estratégia PECOS aplicada na RS.

P	E	C	O	S
Crianças e adolescentes	Curvas de comprimento/altura-para-idade e/ou IMC-para-idade, recomendadas para uso internacional	Curvas de crescimento nacionais e/ou internacionais	Classificação do estado nutricional	Estudos de coorte, ou transversal

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A busca dos artigos foi realizada nas bases de dados eletrônicos *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (Medline), via PubMed, (*Publicly Accessible MEDline*), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e BVS (Biblioteca Virtual de Saúde). A busca foi limitada em artigos publicados em língua portuguesa, espanhola e inglesa, e entre os anos 2000 e 2020. Como estratégia de busca, os seguintes termos do *Medical Subject Headings* (MeSH) e os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) foram aplicados: “Criança”, “Adolescente”, “Avaliação Nutricional”, “Gráficos de Crescimento”, “Grupos Étnicos”, “Estatura-Idade”, “Índice de Massa Corporal”, “Comparação”, “CDC”, “WHO” e “IOTF”.

Os estudos foram considerados adequados para inclusão quando atenderam aos seguintes critérios: a) examinaram as curvas de crescimento de comprimento/altura para a idade de acordo com o CDC (2000) e/ou WHO (2006/2007) em crianças e/ou adolescentes; e/ou b) analisaram as curvas de crescimento de IMC para a idade de acordo com o CDC (2000), e/ou WHO (2006/2007), e/ou IOTF (2012) em crianças e/ou adolescentes (40,41,58,59,62,63). A seleção dos estudos foi restrita a estudos originais, excluindo revisões, estudos experimentais com animais, relatos de casos, estudos duplicados e estudos em idiomas diferentes dos mencionados anteriormente.

O processo de seleção ocorreu em três etapas: a primeira baseou-se na avaliação dos títulos, seguida pela análise dos resumos e, por fim, a leitura completa dos artigos. Essas etapas foram conduzidas por dois avaliadores, que tomaram a decisão de inclusão em cada etapa com base nos critérios de elegibilidade. Cada avaliador, de forma independente, decidiu se o estudo era "incluso" ou "excluído", e quaisquer resultados divergentes foram revisados por um terceiro avaliador. Os estudos considerados elegíveis foram submetidos a uma extração de dados realizada por dois autores independentes, que elaboraram uma planilha com as informações do delineamento do estudo, população estudada, tamanho da amostra e principais resultados relacionados aos indicadores/referências avaliadas.

A qualidade dos artigos foi avaliada por meio de uma versão adaptada da escala "*Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies*", apropriada para estudos observacionais e desenvolvida pelo *National Institutes of Health* (NIH) (95). Essa ferramenta propõe a classificação da qualidade dos artigos em Boa (*good*), Razoável (*fair*) e insatisfatória (*poor*) através da análise de quatorze itens (95). Para esta revisão, foram utilizados oito itens dessa escala referentes aos seguintes aspectos: objetivos da pesquisa, população do estudo, critérios de seleção, poder estatístico amostral, medidas de intervenção/exposição, perda de seguimento e desfecho dos estudos.

4.2 METODOLOGIAS APLICADAS NOS ARTIGOS ORIGINAIS

4.2.1 Inquéritos Populacionais e Delineamento

Os inquéritos incluídos neste estudo foram avaliados quanto aos seguintes critérios de inclusão: a) dispor de informações sociodemográficas. b) dispor de dados antropométricos e/ou de composição corporal contínuos e mensurados; c) dispor de protocolo de coleta de dados padronizado, para garantir a qualidade das medidas aferidas. No processo de seleção, foram coletados dados sociodemográficos, antropométricos e de composição corporal de participantes com idades entre zero e 23 anos. Estes dados foram obtidos a partir dos seguintes inquéritos populacionais: *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES), Porto Alegre, Santos, *Young Lives: an International Study of Childhood Poverty* (YL), *Millennium Cohort Study* (MCS), Geração XXI (G21), *Epidemiological Health Investigation of Teenagers in Porto* (EPITeen) e Estudo Longitudinal de Avaliação Nutricional de Adolescentes (ELANA), apresentados no **Quadro 2** (96–105).

Quadro 2 – Seleção das variáveis e seguimento dos inquéritos populacionais incluídos nos artigos originais.

Inquérito e ano (s) de coleta	População e idades	Delineamento do estudo	Variáveis	Artigos Originais
NHANES 1999-2006 e 2011-2018	EUA 8-20 anos	Transversal	Demográficas (sexo, idade, etnia), antropométricas (peso, altura) e composição corporal (MG e MLG)	5
Porto Alegre 2011-2012	Porto Alegre (Brasil) 5-16 anos	Transversal	Demográficas (sexo, idade) e antropométricas (peso, altura)	4
Santos 2002	Santos (Brasil) 7-10 anos	Transversal	Demográficas (sexo e idade) e antropométricas (peso, altura, dobras cutâneas do tríceps (DCT), subescapular (DCSE), supra ilíaca (DCSI) e abdominal (DCAB)	4
YL 2001-2002, 2006, 2009, 2013 e 2016	Etiópia, Índia, Peru e Vietnã 0-23 anos	Longitudinal	Sociodemográficas (sexo, idade, classe social, etnia) e antropométricas (peso e altura)	1,2,3,6
MCS 2004, 2006, 2008, 2012, 2015 e 2018	Inglaterra, Irlanda do Norte, País de Gales e Escócia 2-18 anos	Longitudinal	Sociodemográficas (sexo, idade, classe social, etnia) e antropométricas (peso e altura)	1,2,3,6
G21 2009-2011, 2012-2014 e 2015-2017	Porto (Portugal) 3-11 anos	Longitudinal	Sociodemográficas (sexo, idade, renda familiar, etnia) e antropométricas (peso, altura)	6
EPITeen 2003-2004, 2007-2008, 2011-2013, 2014-2015 e 2017-2018	Porto (Portugal) 0-23 anos	Longitudinal	Sociodemográficas (sexo, idade, escolaridade da mãe, etnia) e antropométricas (peso e altura)	1,2,3
ELANA 2010, 2011, 2012 e 2013	Rio de Janeiro (Brasil) 10-19 anos	Longitudinal	Sociodemográficas (sexo, idade, classe social, etnia) e antropométricas (peso, altura)	1,2,3

Fonte: Elaborado pela autora⁽⁹⁶⁻¹⁰⁵⁾, 2023.

4.2.1.1 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)

A NHANES é um estudo contínuo coordenado pela NCHS que tem como objetivo avaliar o estado de saúde e nutrição da população não institucionalizada dos EUA ao longo dos anos (96–98). Atualmente, a NHANES avalia uma amostra representativa de aproximadamente 5.000 pessoas por ano, e inclui questões demográficas, socioeconômicas, de consumo alimentar, medidas antropométricas, exames laboratoriais e de composição corporal (96–98).

As medidas antropométricas e de composição corporal são coletadas por profissionais treinados que seguem um protocolo padronizado de aferição, garantindo a qualidade dos dados (96–98,106–109). Todos os participantes são aferidos sem pertences pessoais que possam interferir nas avaliações e o exame de composição corporal é realizado de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante do equipamento (*Hologic Discovery*) (106,108,109). Além disso, para certificar a precisão da composição corporal estimada por esse equipamento, o *Radiology Bone Density Group* da Universidade da Califórnia - San Francisco revisa e analisa os resultados obtidos (106,108).

As pesquisas da NHANES são conduzidas de acordo com as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinki, e todos os procedimentos envolvendo seres humanos são aprovados pelo Conselho de Ética em Pesquisa do NCHS (96–98,107,110). O termo de consentimento é assinado por todos os participantes maiores de 18 anos, e um responsável legal assina a autorização para os menores de idade (96–98,107). Além disso, crianças entre sete e 17 anos também assinam um documento de consentimento, concordando em participar da pesquisa e intérpretes auxiliam os participantes que não falam ou leem inglês ou espanhol (96–98,107). Os dados da NHANES são públicos e podem ser acessados por meio da plataforma *online* do CDC disponíveis em [<https://www.cdc.gov/nchs/nhanes/index.htm>].

4.2.1.2 Inquérito de Porto Alegre

O inquérito de Porto Alegre foi realizado em 2011-2012, na capital do Rio Grande do Sul, por meio de uma parceria entre a prefeitura e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (99). Ao todo 11.952 crianças e adolescentes de 47 escolas municipais da cidade concluíram a coleta de dados, que incluía informações demográficas (sexo, idade) e antropométricas (peso, altura) (99). Para garantia da qualidade dos dados antropométricos, a aferição das medidas foi executada por assistentes de pesquisa treinados (99).

O inquérito de Porto Alegre foi conduzido de acordo com princípios éticos para pesquisa envolvendo seres humanos, conforme resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) 196/96 (99). Ele foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, sob o nº 11-0149 e os responsáveis legais das crianças e adolescentes foram informados dos objetivos do estudo e consentiram a participação assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (99). Os dados do inquérito são restritos aos investigadores principais do estudo, podendo ser utilizado em pesquisas epidemiológicas mediante autorização (99).

4.2.1.3 Inquérito de Santos

O inquérito de Santos foi realizado em 2002, por meio de uma parceria entre a prefeitura de Santos, a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e a Universidade São Marco (100). Ao todo 20.740 crianças de 99 escolas (30 públicas e 69 privadas) foram elegíveis para participar do estudo, contudo, apenas 10.822 tiveram o TCLE assinado e concluíram a coleta de dados, que incluía informações demográficas (sexo, idade) e antropométricas (peso, altura,

dobras cutâneas) (100). Para garantia da qualidade dos dados antropométricos, a aferição das medidas foi executada por estagiários de cursos de saúde, devidamente treinados (100). Os estadiômetros portáteis da marca *Kawe*, modelo 44.444, e as balanças portáteis da marca *Camry* foram utilizados para a mensuração de peso e altura das crianças (100).

O inquérito de Santos foi conduzido de acordo com princípios éticos para pesquisa envolvendo seres humanos, conforme resolução CNS 196/96 (100). Ele foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFESP, sob o nº 0074/02 e os responsáveis legais das crianças foram informados dos objetivos do estudo e consentiram a participação assinando o TCLE (100). Os dados do inquérito são restritos aos investigadores principais do estudo, podendo ser utilizado em pesquisas epidemiológicas mediante autorização (100).

4.2.1.4 Young Lives: an International Study of Childhood Poverty (YL)

O YL é um estudo longitudinal internacional patrocinado pelo Departamento de Desenvolvimento Internacional e conduzido por uma equipe com sede na Universidade de Oxford (101). O intuito desse inquérito é investigar as causas e consequências da pobreza infantil em quatro países em desenvolvimento (Peru, Vietnã, Etiópia e Índia) (101). O YL selecionou em 2002 cerca de 12,000 crianças, em duas coortes fechadas para seguimento, abarcando duas faixas etárias diferentes, uma entre cinco e 18 meses (*younger cohort*) e outra entre sete e oito anos (*older cohort*) (101). Ele conta com um seguimento de cerca de quinze anos (2002, 2006, 2009, 2013 e 2015) e teve como objetivo fornecer evidências que permitissem o desenvolvimento de políticas públicas eficazes. As crianças foram avaliadas por profissionais treinados, que seguiram um protocolo de exame padronizado para garantir a qualidade dos dados (101).

Os participantes da *younger cohort* (YLYC) foram avaliados com um ano, cinco anos, oito anos, 12 anos e 15 anos de idade, enquanto que os da *older cohort* (YLOC) foram avaliadas aos oito anos, 12 anos, 15 anos, 19 anos e 22 anos de idade (101). Os dados desse estudo são públicos e podem ser obtidos através da plataforma *online UK Data Service* no endereço eletrônico [<https://ukdataservice.ac.uk>] (101). Com relação aos aspectos éticos, o YL foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinki, todos os procedimentos envolvendo seres humanos foram aprovados pelo *Central University Research Ethics Committee* e o termo de consentimento foi assinado por um responsável legal (101).

4.2.1.5 Millennium Cohort Study (MCS)

O MCS é um estudo longitudinal contínuo que teve início em 2001, recrutando 18.827 crianças que nasceram entre 2000 e 2002 no Reino Unido (Inglaterra, Escócia, País de Gales e Irlanda do Norte) (102). Ele é conduzido pelo Centro de Estudos Longitudinais da Universidade de Londres e tem coletado dados socioeconômicos, demográficos e relacionados à saúde dos membros da coorte e de suas famílias, bem como informações referentes ao desenvolvimento infantil e habilidades cognitivas das crianças (102). Os participantes foram recrutados aos nove meses (2001) e até o momento reavaliados aos três anos (2004), cinco anos (2006), sete anos (2008), 11 anos (2012), 14 anos (2015), 17 anos (2018) e 23 anos (2023) (102).

A coleta de dados antropométricos foi realizada por profissionais treinados, que seguiram um protocolo de exame padronizado para garantir a qualidade dos dados, que são públicos, e podem ser obtidos através da plataforma *online UK Data Service* no endereço eletrônico [<https://ukdataservice.ac.uk>] (102). Referente aos aspectos éticos, o MCS foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinki, todos os

procedimentos envolvendo seres humanos foram aprovados pelo *UK National Health Service Research Ethics Committee* e o termo de consentimento foi assinado por um responsável legal (102).

4.2.1.6 Geração XXI (G21)

O G21 é um estudo realizado na região metropolitana da cidade do Porto, em Portugal (103,111). Tem como objetivo compreender o estado de saúde na infância, adolescência e seus desfechos na vida adulta (103,111). A amostra inicial foi composta por 8.647 recém-nascidos recrutados entre abril de 2005 a agosto de 2006, que foram reavaliados em 2009-2011 (4-5 anos), 2012-2014 (7 anos), 2015-2017 (10 anos) e 2018-2020 (13 anos) (103,111).

O estudo G21 foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinki e seu protocolo de estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética do Hospital São João e da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto (103,111). A coleta de dados antropométricos e demográficos foi realizada por profissionais treinados, que seguiram um protocolo de coleta padronizado para garantir a qualidade das medidas aferidas (103,111). Ademais, os dados do estudo são restritos à Universidade do Porto, podendo ser utilizado em pesquisas epidemiológicas mediante autorização da instituição (103,111).

4.2.1.7 Epidemiological Health Investigation of Teenagers in Porto (EPITeen)

O EPITeen é um estudo iniciado em 2003 com o objetivo de compreender como os hábitos e comportamentos adquiridos na adolescência refletem na vida adulta (104). Nesse

estudo foram acompanhados 2.942 adolescentes nascidos em 1990 e frequentadores das escolas públicas e privadas da cidade do Porto (104).

Os participantes foram aferidos por profissionais treinados, que seguiram um protocolo de exame padronizado para garantir a qualidade dos dados e as avaliações ocorreram em 2003-2004 (13 anos), 2007-2008 (17 anos), 2011-2013 (21 anos), 2014-2015 (24 anos) e 2017-2018 (27 anos) (104). Além disso, os dados antropométricos no nascimento e durante a infância também foram coletados a partir dos registros da caderneta de saúde (104).

O EPITeen foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinki e foi aprovado pelos Comitês de Ética do Hospital São João e do Instituto de Saúde Pública do Porto (ISPUP) (104). Os dados do estudo são restritos à Universidade do Porto, podendo ser utilizado em pesquisas epidemiológicas, mediante autorização (104).

4.2.1.8 Estudo Longitudinal de Avaliação Nutricional de Adolescentes (ELANA)

O ELANA foi conduzido pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) em conjunto com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e teve como objetivo principal acompanhar a trajetória de medidas antropométricas e de composição corporal e a evolução dos possíveis fatores associados a essas mudanças durante a adolescência (105). Ele foi financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e investigou 1.848 adolescentes nascidos entre 1990 e 2000, provenientes de quatro escolas privadas e duas escolas públicas da região metropolitana do Rio de Janeiro (Brasil) (105).

A amostra de conveniência foi composta por duas coortes, uma do ensino fundamental (MS) e outra do ensino médio (HS), e os adolescentes foram avaliados anualmente de 2010 a

2013, completando quatro avaliações no ELANA MS e três avaliações no ELANA HS (105). As medidas antropométricas foram realizadas por assistentes de pesquisa treinados, e seguindo os protocolos de aferição de Lohman 1988 (105,112,113). A balança eletrônica e portátil (*Kratos*®) com capacidade de até 150 kg e o estadiômetro portátil (*Altuxata*®) com uma faixa de 0 a 213 cm e uma variação de 0,1 cm foram utilizados para aferir as medidas de peso e altura (105,112).

ELANA foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Medicina Social da UERJ (número de certificado 0020.0.259.000-09) e os responsáveis legais dos adolescentes foram informados dos objetivos do estudo e consentiram a participação assinando o TCLE (105,112). Os dados desse inquérito são restritos aos investigadores principais do estudo, podendo ser utilizado em pesquisas epidemiológicas, mediante autorização (105,112).

4.2.2 Compilação dos Inquéritos Populacionais para as Análises

Os oito inquéritos populacionais foram organizados em quatro conjuntos de dados, conforme apresentado no **Quadro 3**.

Quadro 3 – Agrupamento dos inquéritos populacionais de acordo com as investigações/análises realizadas e artigos originais produzidos.

	Inquéritos	Investigações realizadas	Artigos Originais
Conjunto de Dados 1	YL, MCS, ELANA e EPITeen	1) Construção das curvas de crescimento 2) Comparação das curvas de altura, IMC e IAMC para a idade por meio da análise da trajetória de crescimento e/ou concordância e confiabilidade	1,2,3

Conjunto de Dados 2	Porto Alegre e Santos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Comparação do estado nutricional classificado pelas curvas de altura para a idade e IMC para a idade, por meio da análise de concordância, confiabilidade e prevalência do estado nutricional 2) Correlação entre adiposidade e IMC 3) Análise da precisão diagnóstica das curvas de IMC para detectar obesidade 	4
Conjunto de Dados 3	NHANES	<ol style="list-style-type: none"> 1) Análise da precisão diagnóstica, sensibilidade e especificidade das curvas de IMC para a idade e IAMC para a idade para detectar obesidade 	5
Conjunto de Dados 4	YL, MCS e G21	<ol style="list-style-type: none"> 1) Análise do risco de sobrepeso na pré-adolescência a partir da alteração na canalização de crescimento em curvas de IMC para a idade 2) Comparação do estado nutricional classificado pelas curvas de IMC para a idade, por meio da análise de concordância, confiabilidade e prevalência do estado nutricional 	6

Fonte: Elaborado pela autora⁽⁹⁶⁻¹⁰⁵⁾, 2023.

4.2.2.1 Conjunto de Dados 1

Para a construção das curvas de altura, IMC e IAMC para a idade, foram incluídos os inquéritos YL, MCS, EPITeen e ELANA, que ao total contabilizavam 32.162 indivíduos (101–104). Contudo, foram excluídos indivíduos que possuíam dados faltantes (idade, peso, altura ou indicador socioeconômico), perdas de seguimento, valores biologicamente implausíveis, classificados como escore-z de altura para a idade abaixo de -6 DP ou acima de +6 DP, ou escore-z de IMC para a idade abaixo de -5 DP ou acima de +5 DP, erros de medida (crianças

cuja altura diminuiu ao longo dos anos) e indivíduos que não atendiam aos seguintes critérios de elegibilidade: a) avaliados em todas os seguimentos para o ELANA HS (três seguimentos) ou avaliados em pelo menos em quatro seguimentos nos outros inquéritos; b) etnia classificada em uma das cinco categorias: caucasiano, indiano, negro, asiático (do leste ou sudeste da Ásia) ou peruano nativo (5,40,41). Ao final, 17.641 indivíduos continuaram no conjunto de dados, conforme apresentado no **Quadro 4**.

Quadro 4 – Processo de seleção dos indivíduos para a construção das curvas de crescimento.

Inquéritos (<i>n</i>)	Dados faltantes ou perda de seguimento		Erros de medidas		Valores Implausíveis		Não atendiam aos critérios de inclusão		Total	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
YL (11.784)	1.613	13,7	740	6,3	219	1,9	162	1,3	9.050	76,8
MCS (15.855)	8.965	56,5	5	<0,1	31	0,2	0	0,1	6.587	41,5
EPITeen (2.942)	1.531	52,0	33	1,1	0	0,0	0	0,0	1.378	46,8
ELANA (1.848)	1.186	64,2	21	1,1	0	0,0	15	0,8	626	52,8
Total = 32.162	13.295	41,3	799	2,5	250	0,8	177	0,6	17.641	54,9

Fonte: Elaborado pela autora^(101,102,104,105), 2023.

Notas:

n - número de indivíduos

% - porcentagem

Na sequência foi aplicada uma segunda etapa de seleção diferenciada entre as curvas de crescimento. Para a construção das curvas de altura para a idade, foi selecionado o quintil de melhor condição socioeconômica, para incluir apenas as crianças que tiveram as melhores condições para atingir o potencial máximo de crescimento. Esse processo de classificação foi realizado utilizando diferentes variáveis nos quatro inquéritos. Para o EPITeen, foi utilizado o

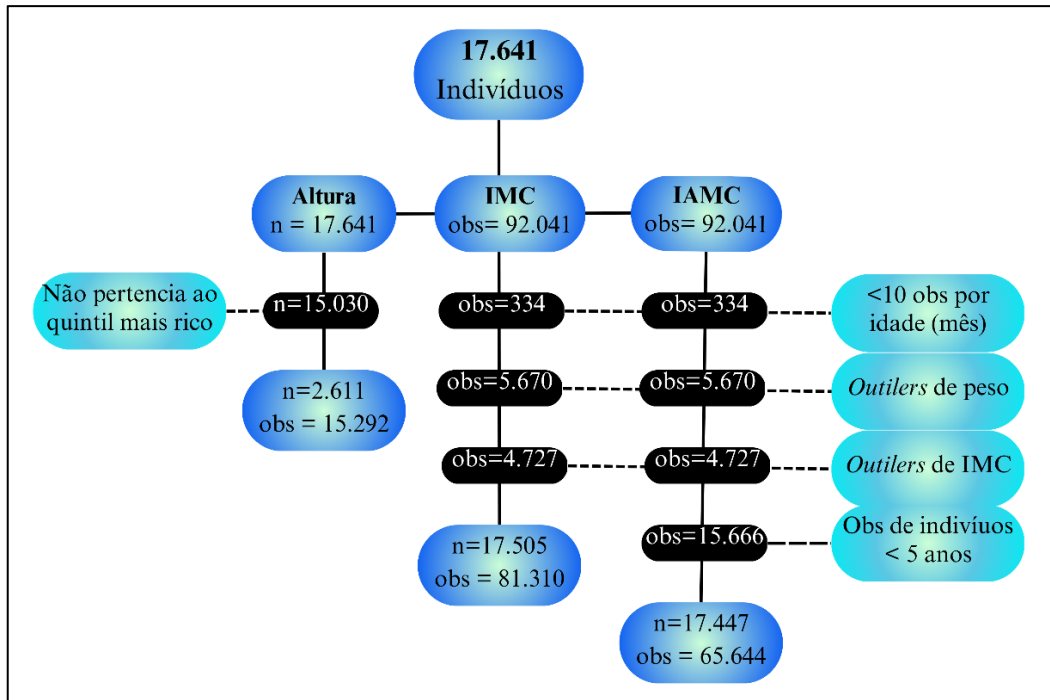
nível educacional da mãe do adolescente, para o MCS, foi selecionado a variável do quintil de renda (baseada na renda familiar e consumo/despesas); para o ELANA, foi utilizada a classe social da família, calculada através do Critério Brasil (baseado no nível educacional e no número de bens possuídos pelo domicílio); e para o YL, foi classificada com base na variável do índice de riqueza, que é uma média dos índices de qualidade de moradia, bens possuídos pelo domicílio e serviços (101–105).

Para as curvas de IMC para a idade e IAMC para a idade, com o intuito de ter uma amostra representativa de uma população saudável, sem efeito de muito indivíduos com excesso de peso, as seguintes exclusões foram realizadas:

- a) Valores de IMC com menos de 10 observações por idade em meses.
- b) Medidas de peso consideradas como *outliers*, calculadas como escores-z de peso para a idade abaixo de -2 DP ou acima de +2 DP com base nos valores de referência de peso da WHO para crianças menores de cinco anos e baseado no peso da própria amostra para maiores de cinco anos (5,40).
- c) Medidas de IMC consideradas como *outliers*, calculadas como valores abaixo de -2 DP ou acima de +2 DP do IMC individual esperado. Esse IMC esperado foi calculado para cada valor de IMC do indivíduo por meio de um modelo linear de efeitos mistos (114,115).

Como os estudos sugerem que não há alometria para crianças menores de cinco anos, apenas as medidas antropométricas de indivíduos a partir de cinco anos foram selecionadas para a construção das curvas de IAMC para a idade (47,49). O processo de seleção dos indivíduos e dos dados antropométricos da segunda etapa está apresentado na **Figura 6**.

Figura 6 – Processo de seleção dos indivíduos e medidas incluídos na construção de cada curva de crescimento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Nota:

n – número de participantes

obs – número de observações

4.2.2.2 Conjunto de dados 2

O conjunto de dados 2 foi composto pelos inquéritos de Santos e Porto Alegre (99,100). No processo de seleção de dados, participantes com erros de medidas ($n = 4$) e valores implausíveis de altura para a idade ou IMC para a idade ($n = 33$) foram removidos (5). Foram considerados erros de medidas valores de altura igual ou superior a 250 cm, e implausíveis para altura aqueles que apresentavam valores menores do que -6 DP ou valores acima de +6 DP dos valores de referência de altura da WHO (2007) (5,41). Os valores implausíveis de IMC foram aqueles menores do que -5 DP ou maiores do que +5DP, com base nos valores de referência de IMC da WHO (2007) (5,41). Do inquérito de Santos foi selecionado uma subamostra que

apresentava dados coletados de DCT, DCSE, DCSI e DCAB (100). Ao final, 22.737 indivíduos continuaram no conjunto de dados 2 e 7.292 na subamostra de Santos.

4.2.2.3 Conjunto de dados 3

O conjunto de dados 3 foi composto pela junção de oito banco de dados da NHANES coletados nos anos de 1999-2000, 2001-2002, 2003-2004, 2005-2006, 2011-2012, 2013-2014, 2015-2016, 2017-2018, contabilizando dados de 20.824 indivíduos de oito a 20 anos (5,41,96–98). No processamento dos dados, excluimos 3.509 indivíduos que tinham dados faltantes (demográficos, antropométricos ou de composição corporal) e dois indivíduos com valores implausíveis de IMC, determinados como escore-z de IMC para a idade abaixo de -5 DP ou acima de +5 DP com base nos valores de referência de IMC da WHO (2007) (5,41). Ao final, 17.313 indivíduos permaneceram no conjunto de dados 3.

4.2.2.4 Conjunto de dados 4

O conjunto de dados 4 foi composto pelos inquéritos YLYC (seguimentos de 2006, 2009 e 2013), MCS (seguimentos de 2006, 2008 e 2012) e G21 (seguimentos de 2009-2010, 2012-2014 e 2015-2017), fornecendo dados de 24.165 crianças (101–103). No processo de seleção dos indivíduos, as seguintes exclusões foram realizadas: crianças com dados demográficos e/ou antropométricos faltantes ou perdas de seguimento ($n = 6.624$); crianças com erros de medida, apresentando diminuição da altura ao longo dos anos ($n = 44$); valores de altura ou IMC considerados implausíveis, segundo os critérios e valores de referência da WHO (2006/2007) ($n = 53$ sujeitos); e crianças ($n = 4.819$) que não atenderam aos seguintes critérios

de elegibilidade: a) avaliados em três períodos (3,5-6 anos, 6,5-9 anos e 9,5-13,5 anos); b) diferença de idade entre a segunda e a primeira avaliação de ≥ 24 meses e ≤ 54 meses; c) diferença de idade entre a terceira e a segunda avaliação de ≥ 30 meses e ≤ 60 meses; d) classificação da etnia em uma das quatro categorias: caucasianos, indianos, negros ou asiáticos do leste ou sudeste; e) tamanho da amostra por país ≥ 300 crianças (5,40,41). Ao final, 12.624 crianças remanesceram no conjunto de dados 4.

4.2.3 Modelagem das Curvas

As curvas de altura, IMC e IAMC do conjunto de dados 1 foram construídas diferenciadas por sexo e utilizando o *software* estatístico R e/ou o *software RefCurv*, que possui uma interface gráfica escrita em Python e um mecanismo estatístico baseado em R (115,116). O método LMS descrito por Cole e Green em 1992 foi aplicado para estimar os valores de referência das curvas (117). Este método resume a distribuição por meio de três curvas denominadas L, M e S, que representam respectivamente a assimetria, a mediana e o coeficiente de variação (117).

Os parâmetros de suavização para as curvas L, M e S foram calculados através dos *Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape* (GAMLSS) introduzidos por Rigby e Stasinopoulos em 2005 (118). Esse modelo utiliza uma abordagem de regressão distribucional onde todos os parâmetros da distribuição condicional da variável resposta são modelados usando uma variável explicativa (118).

A classe do modelo aplicada a curva de altura foi a *normal distribution*, porque a medida de altura tende a apresentar uma distribuição simétrica, não tendo a necessidade de ajudar o parâmetro L. Em contra partida, como as curvas de IMC e IAMC tendem a apresentar

dados assimétricos, foi aplicada a classe de *Box-Cox Cole Green*, que é uma técnica estatística usada para estabilizar a variância e tornar os dados mais aproximados à normalidade, permitindo modelar os três parâmetros (L, M, S) (118). As curvas de crescimento (masculina e feminina) foram ajustadas utilizando *cubic splines* (altura), *penalized splines* (IMC e IAMC) e *B-Splines* no caso da curva M de IMC (118).

O *Bayesian Information Criterion* (BIC) foi aplicado para verificar os graus de liberdade (g.l) mais adequados para as curvas de IMC e IAMC evitando ajustes excessivos e os gráficos de “*worm plots*” introduzidos por Van Buuren e Fredriks (2001) foram aplicados para verificar a quantidade adequada de suavização para os parâmetros nas curvas de altura e a adequação do ajuste do modelo nas curvas de altura, IMC e IAMC (116,119,120).

Com relação aos pontos de corte, o déficit de altura foi estabelecido como valores menores do que o percentil 3, pois esse valor é comumente utilizado em estudo epidemiológicos e aplicado em curvas internacionais de altura para a idade (40,41,121). Para as curvas de IMC e IAMC, foi proposto quatro opções de pontos de corte estimadas aplicando os valores de IMC de 17 kg/m², 25 kg/m² e 30 kg/m², aos 17, 18, 19 e 20 anos para definir os percentis de magreza, sobrepeso e obesidade. Os valores de IMC de 25 kg/m² e 30 kg/m² foram selecionados porque são recomendados pela WHO (2000) como pontos de corte para estabelecer sobrepeso e obesidade em adultos e também foram aplicados como pontos de corte nas curvas de referências de IMC da Holanda (2011), da IOTF (2012) e da própria WHO (2006/2007) (6,40,41,63,66). Da mesma forma, o valor de 17 kg/m² foi escolhido para definir magreza, uma vez que essas referências internacionais de IMC, também aplicaram esse valor para estimar o percentil (41,63,66). O **Quadro 5** apresenta as etapas metodológicas aplicadas em cada curva de crescimento desenvolvida.

Quadro 5 – Processos metodológicos aplicados na construção das curvas de altura, IMC e IAMC para a idade da referência MULT.

	Altura	IMC	IAMC
Idades	0-23 anos	0-22 anos	5-22 anos
Software estatístico utilizado	R	<i>RefCurv</i> e R	<i>RefCurv</i> e R
Método aplicado para estimativa dos valores de referência	LMS e GAMLSS	LMS e GAMLSS	LMS e GAMLSS
Classe do Modelo para normalização da distribuição	<i>Normal Distribution</i>	<i>Box-Cox Cole Green</i>	<i>Box-Cox Cole Green</i>
Ajustes de suavização das curvas L, M e S	<i>Cubic Splines</i>	<i>Penalized splines</i> para as curvas L e S e <i>B-Spline</i> para curva M, com <i>knots</i> nos pontos de idade 0, 5 e 23 meses.	<i>Penalized splines</i> para as curvas L, M e S.
Método para controle do g.l	Gráficos de <i>worm plots</i>	BIC	BIC
Graus de liberdade selecionados	Masculino (M=13; S =7) Feminino (M=12; S =6)	Masculino (L = 1; M = 3; S = 4) Feminino (L = 1; M = 3; S = 3)	Masculino e Feminino (L=1; M=4; S=3)
Verificação do ajuste das curvas	Gráficos de <i>worm plots</i>	Gráficos de <i>worm plots</i>	Gráficos de <i>worm plots</i>
Pontos de corte	Magreza definida como percentil < 3	Quatro opções estimadas utilizando os valores de IMC de 17, 25 e 30kg/m ² aos 17, 18, 19 e 20 anos para definir os percentis de magreza, sobrepeso e obesidade	Três opções estimadas utilizando os valores de IMC de 17, 25 e 30kg/m ² aos 18, 19 e 20 anos para definir os percentis de magreza, sobrepeso e obesidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.2.4 Comparação entre as Curvas Internacionais de Crescimento

4.2.4.1 Trajetória de Crescimento

As trajetórias de altura da curva MULT foram comparadas com as das curvas da Holanda (2013), WHO (2006/2007) e CDC (2000), por meio da representação gráfica das curvas M e S dessas referências (40,41,58,59,66,122). Para o IMC e o IAMC a comparação entre as curvas MULT (2023) e as da Holanda (2011), CDC (2000), WHO (2006/2007) e IOTF (2012) foi realizada descrevendo a assimetria, o coeficiente de variação e a trajetória segundo a curva M e as diferenças nos escores-z de IMC e IAMC (40,41,58,59,63,66,123,124). Além disso, foram representados graficamente as curvas de percentis de magreza para as referências de IMC para a idade e de obesidade para as curvas de IMC e IAMC para a idade (40,41,58,59,63,66,123,124).

4.2.4.2 Concordância e Confiabilidade

As análises de concordância e confiabilidade das curvas de crescimento do CDC (2000), WHO (2006/2007), IOTF (2012) e MULT (2023) foram realizadas com os conjuntos de dados 1, 2 e 4 e por meio do coeficiente de correlação de concordância de Lin (CCC), dos coeficientes *Kappa* de Cohen, e pelo método de *Bland-Altman* (40,41,58,59,63,122,123,125–128). O CCC e o método de *Bland-Altman* foram utilizados para analisar a concordância entre os escores-z estimados pelas referências de altura e IMC para a idade (127,128). O CCC calcula a concordância combinando as medidas de precisão e exatidão para determinar a distância em que os dados se desviam da linha de concordância perfeita, enquanto que o de *Bland-Altman*

calcula a diferença média entre dois métodos, apresentando os limites de concordância de 95% como a diferença média (2 DP) (127,128).

O coeficiente de *Kappa* avalia a confiabilidade entre dois métodos para desfechos categóricos, nesse estudo o *Kappa* de Cohen foi utilizado para verificar a confiabilidade do diagnóstico de altura (desfecho dicotômico) e o *Kappa* de Cohen ponderado (linear) foi utilizado para analisar a confiabilidade do estado nutricional (desfecho categórico ordinal) classificado pelas referências de IMC (125,126).

4.2.4.3 Prevalência do Estado Nutricional

As análises das prevalências do estado nutricional classificadas pelas curvas de crescimento de altura para a idade e IMC para a idade foram realizadas para os conjuntos de dados 2 e 4. No conjunto de dados 2, as prevalências de altura adequada e déficit de altura foram estimadas segundo as curvas referências da WHO (2007) e da MULT (2023) e as prevalências de magreza, eutrofia, sobrepeso e obesidade foram calculadas de acordo com os valores de referências das curvas de IMC para a idade da WHO (2007), IOTF (2012) e MULT (2023) e apresentadas por meio de um gráfico de área empilhada especificado por sexo (40,41,63,122,123).

No conjunto de dados 4, as prevalências de magreza, eutrofia, sobrepeso e obesidade foram calculadas de acordo com as curvas de IMC para a idade da WHO (2006/2007), da IOTF (2012) e da MULT (2023) e o gráfico de área empilhada foi plotado para os três grupos etários da amostra (3,5-6 anos; 6,5-9 anos; 9,5-13,5anos) (40,41,63,123).

4.2.5 Correlação entre Adiposidade e IMC

A análise de correlação entre adiposidade e IMC foi realizada com a subamostra do inquérito de Santos (100). Foi calculada a matriz de correlação, utilizando o coeficiente de Pearson (r) para medir o grau de relação linear entre os valores de escores-z das curvas de IMC para a idade da WHO (2007), IOTF (2012) e MULT (2023) e as dobras cutâneas (DCT, DCSE, DCSI, DCAB) (41,63,123,129).

4.2.6 Acurácia das Curvas de IMC e IAMC para Diagnosticar Obesidade

A avaliação da precisão diagnóstica, definida como a proporção de todos os testes que fornecem um resultado correto foi realizada nos conjuntos de dados 2 para as curvas de IMC e no conjunto de dados 3 para as curvas de IMC e IAMC.

No conjunto de dados 2, a soma da DCT e DCSE, que é uma das medidas mais utilizadas para avaliação de adiposidade corporal em crianças e adolescentes foi calculada (130). O percentil 95 dessa soma por idade (anos) foi estimado e definido como ponto de corte para determinar valores alto de adiposidade e as crianças foram classificadas dicotomicamente segundo esse critério. A análise de precisão diagnóstica, sensibilidade, especificidade, razão de verossimilhança positiva (RV+) e negativa (RV-) a partir da classificação de alto valor de adiposidade obtido pela soma das dobras cutâneas foi realizada para as curvas de IMC da WHO (2007), IOTF (2012) e MULT (2023) (41,63,123,131).

No conjunto de dados 3 para obter uma amostra representativa de uma população saudável para estimar os percentis para obesidade com base na massa de gordura estimada pelo DXA, foram removidos indivíduos com valores *outliers* de IMC da amostra (escore-z de IMC

para a idade abaixo de -3DP ou acima de +3 DP), de acordo com os valores de referência da WHO (2007) (5,41). A MG foi usada para calcular o Índice de Massa Gorda (IMG), conforme proposto por Kelly et al., (2009), e um Índice Alométrico de Massa Gorda (IAMG) (106). O IMG foi calculado dividindo a MG (kg) pelo quadrado da altura (m), enquanto o IAMG foi calculado dividindo a MG (kg) pela altura (m) elevada aos coeficientes p_t do IAMC propostos por Mazzeti et al., (2018) (49,106).

As razões MG/MLG^2 e MG/MLG^{p_t} foram calculadas para cada participante e a classificação da obesidade com base na gordura corporal foi determinada como percentil do IMG ou do IAMG ≥ 95 , enquanto a classificação da obesidade pelo IMC e pelo IAMC foi realizada de acordo com os valores propostos pelas referências do WHO (2007), CDC (2000), IOTF (2012) e MULT (2023) (41,58,63,123,124). Os gráficos de dispersão especificados por sexo foram plotados para verificar a relação entre IMG, IAMG, MG/MLG^2 , MG/MLG^{p_t} e os índices de IMC e IAMC (132).

A análise da precisão diagnóstica, sensibilidade, especificidade, RV+ e RV- foi realizada para as curvas de crescimento da WHO (2007), CDC (2000), IOTF (2012) e MULT (2023) com base no diagnóstico de obesidade classificado pelo IMG para o IMC, e com base no IAMG para o IAMC (41,58,63,123,124,131). Além disso, a Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) e sua área sob a curva (AUC), que fornecem uma medida de discriminação e permitem a comparação entre as referências de crescimento, também foram calculadas e plotadas (131,133).

4.2.7 Análise da Canalização nas curvas de IMC para a idade

Para a análise de risco de sobrepeso, apenas as crianças do conjunto de dados 4 que estavam com peso normal de acordo com as referências de IMC do IOTF (2012), MULT (2023) e WHO (2006/2007) nas duas primeiras avaliações foram incluídas (IOTF = 8.878 participantes; MULT = 8.893 participantes; WHO = 8.405 participantes) (40,41,63,123).

Para cada referência de IMC, o canal de crescimento de IMC (CC-IMC) foi calculado com base na diferença do escore-z de IMC ($\Delta 1$) entre a segunda e a primeira avaliação (6,5-9 anos; 3,5-6 anos) e classificado em três categorias de amplitudes: $< 0,67$ (categoria de referência), $\geq 0,67$ a $< 0,86$ e $\geq 0,86$. A categoria de referência teve uma amplitude de 0,67, pois estudos apontam que 0,5 é normalmente a faixa ideal para a canalização na altura, enquanto que para peso, circunferência da cabeça e dobras cutâneas a amplitude é maior, e inclusive um estudo que analisou a canalização em lactentes aplicou o valor de 0,67 DP como ponto de corte (71,74).

Usando esses valores de amplitude foi calculado o risco relativo (RR) de ser acometido por sobrepeso (incluindo obesidade) entre 9,5 e 13,5 anos de idade. O RR é a proporção entre a prevalência de uma característica em um grupo de indivíduos expostos e não expostos a uma condição específica (134,135). Um valor de $RR = 1$ significa que não há diferença entre os riscos dos indivíduos expostos ou não expostos à condição específica, valores inferiores a 1 indicam que a exposição à condição específica reduz o risco, e valores acima de 1 indicam que a exposição à condição específica aumenta o risco (134,135). A magnitude da diminuição ou aumento no risco depende da extensão do valor do RR (134,135). Quanto mais próximo o RR estiver de 0, maior será o efeito de redução de risco da exposição à condição específica (134,135). Da mesma forma, quanto maior o RR, maior será o efeito de ampliação do risco da exposição à condição específica (134,135).

Para essa análise de risco, foi realizada a regressão log-binomial com otimização restrita utilizando o pacote "*lbreg*" no *software* R (115,134). Esse pacote foi escolhido porque os algoritmos tradicionais para calcular a *maximum likelihood estimation* (MLE) foram projetados para o cenário em que o MLE está dentro do espaço paramétrico e a convergência desses algoritmos é prejudicada quando o MLE está próximo da fronteira do espaço paramétrico (115,134). Por outro lado, o pacote "*lbreg*" fornece o MLE da regressão log-binomial quando o MLE está na fronteira do espaço paramétrico e também fornece estimativas de ponto e intervalo de confiança do risco relativo (115,134). Os detalhes deste pacote podem ser encontrados na documentação do R ou em um estudo já publicado (115,134). Além disso, o modelo foi ajustado para sexo, etnia e condição socioeconômica, e a qualidade do ajuste do modelo foi avaliada usando o teste de *Hosmer e Lemeshow* (1980) (136). Este teste analisa o modelo por meio da distância entre a probabilidade ajustada e as probabilidades observadas e determina que o ajuste do modelo é adequado quando o valor de p é maior que 0,05 (136).

4.2.8 Ferramenta para Avaliação Nutricional

Para uso clínico das curvas de altura e IMC para a idade da referência MULT, foi desenvolvida uma ferramenta utilizando o *Microsoft Excel*, que é um software de planilha eletrônica desenvolvido e distribuído pela *Microsoft Corporation* (122,123,137). A ferramenta foi estruturada com abas que foram conectadas entre si pela função de *hiperlink* e disponibilizada por meio da plataforma digital *Linktree* (https://linktr.ee/mult_reference) (137,138). Ela foi desenvolvida com quatro seções distintas: a área de recepção, a seção de antropometria, a parte de resultados e um setor dedicado a materiais consultivos, que abordam as técnicas antropométricas de peso e altura, a avaliação nutricional com representação gráfica,

a explicação sobre os cálculos e classificação do score-z, a tabulação dos valores de LMS e dos pontos de corte para altura e IMC e a bibliografia utilizada (122,123).

Para o cálculo do estado nutricional, foi aplicada a fórmula de score- z_{lms} (**Figura 7**), utilizando os valores de L, M, S de altura e de IMC específicos por idade e sexo da referência MULT, selecionados diretamente na planilha pela função PROCV (62,122,123,137).

Figura 7 – Equação para cálculo do score-z a partir dos valores de LMS.

$$\text{Escore-}z_{lms} = \frac{(\text{valor observado}/M)^{L-1}}{L*S}$$

Fonte: Cole et al⁽⁶²⁾, (2000).

O percentil 3 foi aplicado como ponto de corte para o déficit de altura, conforme sugerido pela referência MULT (2023), enquanto que para o IMC foi utilizado um ponto de corte otimizado, aplicando o percentil 3 para magreza, o percentil 85 para sobrepeso e o percentil 98 para obesidade com um valor máximo de ponto de corte de 17 kg/m² para a magreza, de 25 kg/m² para o sobrepeso e de 30 kg/m² para a obesidade (122,123).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, esta tese de doutorado representa um marco significativo no campo da avaliação do estado nutricional em crianças e adolescentes. Ela destaca as limitações das atuais curvas internacionais de crescimento (WHO, IOTF, CDC) enfatizando as complexidades decorrentes das divergências nas modelagens e na composição das amostras utilizadas em sua construção.

O trabalho apresenta avanços notáveis, como o desenvolvimento de uma nova referência internacional, denominada MULT, com a disponibilização curvas de altura, IMC e IAM para a idade que demonstraram alta concordância com os valores de altura da WHO (2006), e com os valores de IMC da IOTF (2012). Ademais, pela primeira vez, foi construído uma referência baseada em dados longitudinais de populações multiétnicas, abrangendo todas as fases da infância e adolescência e apresentando uma curva de IAMC para a idade.

Adicionalmente, a pesquisa ressalta a crescente preocupação com a obesidade infantil e sua importância no cenário de saúde pública. As curvas MULT de IMC e IAMC mostraram-se promissoras para avaliar o estado nutricional e diagnosticar obesidade a partir da análise de composição corporal em populações multiétnicas de países como os EUA e Brasil, embora seja necessário realizar estudos adicionais para sua validação em âmbito internacional. Além disso, a análise do IMC-CG emergiu como um recurso para identificar o risco de sobrepeso, particularmente no início da adolescência,

Por fim, esta tese disponibiliza um instrumento automatizado com representação gráfica para a avaliação do estado nutricional em menores de 20 anos, utilizando as curvas de altura para idade e IMC para idade da referência MULT. A inclusão de tabelas com pontos de corte adaptados para diferentes faixas etárias oferece uma gama de opções para o monitoramento nutricional de crianças e adolescentes, potencialmente beneficiando programas de vigilância

alimentar e nutricional em todo o mundo. Em resumo, esta pesquisa representa um importante passo em direção a uma melhor compreensão e abordagem do estado nutricional de crianças e adolescentes, com o potencial de impactar positivamente o monitoramento de saúde e nutrição de menores de 20 anos.

No entanto, para avançar ainda mais nesse campo, é imperativo que os próximos passos incluam o desenvolvimento de um pacote estatístico no *software* estatístico R, dedicado à avaliação do estado nutricional de menores de 20 anos por meio das curvas de altura, IMC e IAMC para a idade da referência MULT. Tal pacote ofereceria aos pesquisadores e profissionais da área uma ferramenta valiosa para explorar esses indicadores de forma mais precisa e acessível, contribuindo assim para melhorar a qualidade dos cuidados pediátricos e a pesquisa relacionada ao crescimento e desenvolvimento infantil. Esta iniciativa promissora abriria caminho para avanços substanciais na promoção da saúde infantil e na identificação precoce de desvios no desenvolvimento, permitindo intervenções mais eficazes.

7 REFERÊNCIAS¹

1. Ribeiro SML, Melo CM de, Quaresma MVL dos S. Avaliação do estado nutricional de adultos. Em: Ribeiro SML, Melo CM de Tirapegui J, organizadores. Avaliação nutricional - teoria e prática. 2o edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. p. 245–257.
2. Mello ED de. The meaning of the nutritional status assessment. *J Pediatr (Rio J)*. 2002;78(5):357–358.
3. Mussoi TD. Avaliação do estado nutricional. Em: Mussoi TD, organizador. Avaliação nutricional na prática clínica: da gestação ao envelhecimento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. p. 1–4.
4. Khan Y, Bhutta ZA. Nutritional deficiencies in the developing world: Current status and opportunities for intervention. Vol. 57, *Pediatric Clinics of North America*. 2010. p. 1409–41.
5. WHO Expert Committee. Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. WHO Library Cataloguing. Geneva: WHO, 1995.
6. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. Geneva: WHO, 2000.
7. Dias PC, Henriques P, Anjos LA dos, Burlandy L. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. *Cad Saude Publica*. 2017;33(7):1–12.
8. Field AE, Coakley EH, Must A, Spadano JL, Laird N, Dietz WH, et al. Impact of overweight on the risk of developing common chronic diseases during a 10-year period. *Arch Intern Med*. 2001;161:1581–1586.
9. International Agency for Research on Cancer. IARC handbooks of cancer prevention: absence of excess body fatness. Lyon: IARC, 2018;16.
10. Lauby-Secretan B, Scoccianti C, Loomis D, Grosse Y, Bianchini F, Straif K. Body Fatness and Cancer — Viewpoint of the IARC Working Group. *N Engl J Med*. 2016;375(8):794–798.
11. Instituto do câncer do estado de São Paulo - ICESP. Excesso de peso associado com o câncer de endométrio em mulheres [Internet]. 2016 [citado 14 de agosto de 2021]. Disponível em: <http://www.icesp.org.br/busca/cancer>

¹De acordo com estilo Vancouver.

12. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627–2642.
13. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. [citado 5 de junho de 2023]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
14. Dai H, Alsalhe TA, Chalghaf N, Riccò M, Bragazzi NL, Wu J. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990–2017: An analysis of the Global Burden of Disease Study. *PLoS Med*. 2020;17(7):e1003198.
15. James SL, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, Abbasi N, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: A systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1789–1858.
16. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Driving commitment for nutrition within the UN Decade of Action on Nutrition - Policy brief. *BMJ Global Health*. BMJ Publishing Group; 2018 (v.3).
17. United Nations Children’s Fund, World Health Organization, The World Bank. Levels and trends in child malnutrition. New York, 2023.
18. United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York, 2015.
19. World Health Organization. Guideline: Assessing and managing children at primary health-care facilities to prevent overweight and obesity in the context of the double burden of malnutrition. Updates for the integrated management of childhood illness (IMCI). World Health Organization, organizador. Geneva, 2017.
20. Cintra IP, Costa RF, Fisberg M. Composição corporal na infância e na adolescência. Em: Mauro Fisberg, organizador. Atualização em obesidade na infância e adolescência. São Paulo: Atheneu; 2005.
21. Guedes D. Técnicas de composição corporal na avaliação nutricional. Em: Ribeiro S, Melo C, Tirapegui J, organizadores. Avaliação Nutricional – Teoria e Prática. 2nd ed Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. p. 39–41.
22. Wang ZM, Pierson Jr RN, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr*. 1992;56:19–28.

23. Clarys JP, Martin AD, Marfell-Jones MJ, Janssens V, Caboor D, Drinkwater DT. Human body composition: A review of adult dissection data. *Am J Hum Biol.* 1999;11(2):167–174.
24. Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *Int J Obes.* 1985;9(2):147–153.
25. Mochizuki L, Ribeiro S, Teruya T. Absorciometria com raios X de dupla Energia e Outros Métodos de Imagem. Em: Ribeiro S, Melo C, Tirapegui J, organizadores. *Avaliação Nutricional – Teoria e Prática.* 2nd ed Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. p. 90–99.
26. Rezende FAC, Rocha DS. Métodos de avaliação de composição corporal. Em: Priori SE, Oliveira RMS, Faria ER, Franceschini SCC, Pereira PF, organizadores. *Nutrição e Saúde na Adolescência.* 1o ed Editora Rubio; 2010. p. 151–157.
27. Heyward V. ASEP Methods recommendation: body composition assessment. *J Exerc Physiol Online.* 2001;4(4):1–12.
28. Mazess R, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr.* 1990;51:1106–1112.
29. Cercato C, Mancini MC, Maria A, Arguello C, Passos Q, Mara S, et al. Systemic Hypertension, Diabetes Mellitus, and Dyslipidemia in Relation To Body Mass Index: Evaluation of a Brazilian Population. *Rev Hosp Clín Fac Med S Paulo.* 2004;59(3):113–118.
30. Zwiauer K, Widhalm K, Kerbl B. Relationship between body fat distribution and blood lipids in obese adolescents. *Int J Obes.* julho de 1990;14(3):271–277.
31. Rezende FAC, Rosado LEFPL, Ribeiro R de CL, Vidigal F de C, Vasques ACJ, Bonard IS, et al. Índice de massa corporal e circunferência abdominal: associação com fatores de risco cardiovascular. *Arq Bras Cardiol.* dezembro de 2006;87(6):728–734.
32. Ferreira AA. Evaluation of the growth of children: path of the growth charts. *DEMETERA: Alimentação, Nutrição & Saúde.* 2012;7(3):191–202.
33. Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS. Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr.* fevereiro de 1999;69(2):308–317.
34. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2):490–495.

35. Fernández JR, Redden DT, Pietrobelli A, Allison DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *J Pediatr.* 2004;145(4):439–444.
36. Hsieh SD, Yoshinaga H. Waist/height ratio as a simple and useful predictor of coronary heart disease risk factors in women. *Intern Med.* 1995;34(12):1147–1152.
37. Hsieh SD, Yoshinaga H. Abdominal fat distribution and coronary heart disease risk factors in men-waist/height ratio as a simple and useful predictor. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1995;19(8):585–589.
38. Savva SC, Tornaritis M, Savva ME, Kourides Y, Panagi A, Silikiotou N, et al. Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000;24(11):1453–1458.
39. Muñoz-Hernando J, Escribano J, Ferré N, Closa-Monasterolo R, Grote V, Koletzko B, et al. Usefulness of the waist-to-height ratio for predicting cardiometabolic risk in children and its suggested boundary values. *Clinical Nutrition.* 2022;41(2):508–516.
40. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age - Methods and development. *Acta Paediatr Suppl.* 2006;450:76–85.
41. Onis M De, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(9):660–667.
42. Anjos LA. Índice de massa corporal (massa corporal.estatura-2) como indicador do estado nutricional de adultos: revisão da literatura. *Rev Saude Publica.* 1992;26(6):431–436.
43. Gonçalves R, Mascarenhas LPG, Liebl EC, Lima VA de, Souza WB de, Grzelczak MT, et al. Grau de concordância do IMC e do IAC com percentual de gordura corporal. *Revista Brasileira de Qualidade de Vida.* 2014;6(1):8–16.
44. Pich S. Adolphe Quetelet e a biopolítica como teologia secularizada. *Hist Cienc Saude Manguinhos.* 2013;20(3):849–864.
45. Westphal P, Ferreira C, Adamczeski M, Camargo L, Santos R Dos, Massaneiro AC, et al. Relationship between the body mass index the Quetelet and Trefethen. *CPAQV.* 2016;8(3):1–6.
46. Eknayan G. Adolphe Quetelet (1796-1874) - The average man and indices of obesity. *Nephrology Dialysis Transplantation.* julho de 2008;23(1):47–51.

47. Mazzeti CM da S. A relação alométrica ou isométrica nos índices de massa corporal entre menores de 20 anos [tese]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2018.
48. Benn RT. Some mathematical properties of weight-for-height indices used as measures of adiposity. *Br J Prev Soc Med.* 1971;25:42–50.
49. Mazzeti CMS, Silva JC, Rinaldi AEM, Conde WL. The allometric scaling of body mass and height in children and adolescents in five countries. *Am J Hum Biol.* 2018;30(3):1–10.
50. Cole TJ, Henson GL, Tremble JM, Colley V. Birthweight for length: ponderal index, body mass index or Benn index? *Ann Hum Biol.* 1997;24(4):289-298.
51. Rolland-Cachera MF, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Patois E, Péquignot-Guggenbuhl F, Fautrad V. Adiposity indices in children. *Am J Clin Nutr.* 1982;36:178–184.
52. Cole TJ. Weight/height p compared to weight/height 2 for assessing adiposity in childhood: influence of age and bone age on p during puberty. *Ann Hum Biol.* 1986;13(5):433–51.
53. Cole TJ. The development of growth references and growth charts. *Ann Hum Biol.* 2012;39(5):382–94.
54. Onis M De, Habicht JP. Anthropometric reference data for international use: Recommendations from a World Health Organization Expert Committee. *Am J Clin Nutr.* 1996;64(4):650–658.
55. Quintão FD, Oliveira RMS, Sant’Ana LFR, Priore SE. Diferentes Classificações e pontos de Corte de Índice de Massa Corporal para Adolescentes. Priore SE, Oliveira RMS, Faria ER, Franceschini SCC, Pereira PF, organizadores. *Nutrição e Saúde na Adolescência.* Rio de Janeiro: Editora Rubio; 2011. p. 117–26.
56. Eveleth PB, Tanner JM. *Worldwide variation in human growth.* Cambridge University Press; 1990.
57. Habicht JP, Yarbrough C, Martorell R, Malina RM, Klein RE. Height and weight standards for preschool children: How relevant are ethnic differences in growth potential? *The Lancet.* 1974;1:611–615.
58. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS. 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development. *Vital Heal Stat.* 2002;266:1–190.
59. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R, et al. CDC growth charts: United States. *Adv Data.* 2000;8(314):1–27.
60. Portugal. Ministério da Saúde. Direção Geral da Saúde. Programa Nacional de Saúde Infantil e Juvenil no Dia Mundial da Criança. Lisboa; 2013.
61. Wang Y. Epidemiology of childhood obesity - methodological aspects and guidelines: what is new? *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004;28 Suppl 3:S21–S28.

62. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320:1–6.
63. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes*. 2012;7(4):284–294.
64. Melo CM, Ribeiro SL. Avaliação nutricional de crianças. Em: Tirapegui J, Melo CM, Ribeiro SL, organizadores. *Avaliação Nutricional – Teoria e Prática*. 2nd ed Guanabara Koogan; 2018. p. 193–9.
65. Ganen A de P, Lira AG, Biachiunas RE. Avaliação nutricional de adolescentes. Em: Ribeiro SML, Melo CM de, Tirapegui J, organizadores. *Avaliação nutricional - teoria e prática*. 2a Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. p. 2019–240.
66. Schönbeck Y, Talma H, von Dommelen P, Bakker B, Buitendijk SE, HiraSing RA, et al. Increase in prevalence of overweight in dutch children and adolescents: A comparison of nationwide growth studies in 1980, 1997 and 2009. *PLoS One*. 2011;6(11):e27608.
67. Cavazzotto TG, Brasil MR, Oliveira VM, da Silva SR, Ronque ER V, Queiroga MR, et al. Nutritional status of children and adolescents based on body mass index: agreement between World Health Organization and International Obesity Task Force. *Rev Paul Pediatr*. 2014;32(1):44–49.
68. Iftikhar S, Khan N, Siddiqui JS, Baig-Ansari N. Development of Growth Charts of Pakistani Children Aged 4-15 Years Using Quantile Regression: A Cross-sectional Study. *Cureus*. 2018;10(2):e2138.
69. Ohuma EO, Altman DG. Design and other methodological considerations for the construction of human fetal and neonatal size and growth charts. *Stat Med*. 2019;38(19):3527–3539.
70. Eisenstein E, Coelho SC. Déficit Estatural e Atraso Puberal. Em: Priore SE, Oliveira RMS, Faria ER, Franceschini S do CC, organizadores. *Nutrição e Saúde na Adolescência*. Rio de Janeiro: Editora Rubio; 2011. p. 127–138.
71. Jain V, Kumar B, Khatak S. Catch-up and catch-down growth in term healthy Indian infants from birth to two years: A prospective cohort study. *Indian Pediatr*. 2021;58:325–331.
72. Jain V, Singhal A. Catch up growth in low birth weight infants: striking a healthy balance. *Rev Endocr Metab Disord*. 2012;13(2):141–147.
73. Gallo CO. Aceleração do crescimento entre crianças e adolescentes de populações multiétnicas e suas evidências [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2018.

74. Boersma B, Maarten Wit J. Catch-up Growth. *Endocr Rev.* 1997;18(5):646–661.
75. Waddington CH. The strategy of the genes. A discussion of some aspects of theoretical biology. Waddington CH, organizador. London: George Allen & Unwn Ltd; 1957. p.1–274.
76. Sorva R, Tolppanen EM, Lankinen S, Perheentupa J. Evaluation of childhood growth. *Duodecim.* 1985;101(5):465–476.
77. Kim R, Mejía-Guevara I, Corsi DJ, Aguayo VM, Subramanian S V. Relative importance of 13 correlates of child stunting in South Asia: Insights from nationally representative data from Afghanistan, Bangladesh, India, Nepal, and Pakistan. *Soc Sci Med.* 2017;187:144–154.
78. Völkl TMK, Haas B, Beier C, Simm D, Dörr HG. Catch-down growth during infancy of children born small (SGA) or appropriate (AGA) for gestational age with short-statured parents. *J Pediatr.* 2006;148(6):747–752.
79. Weaver LT. Rapid growth in infancy: balancing the interests of the child. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2006;43(4):428–432.
80. Ong KK, Ahmed ML, Emmett PM, Preece MA, Dunger DB. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort study. *BMJ* 2000;320(7240):967–971.
81. Aris IM, Chen LW, Tint MT, Pang WW, Soh SE, Saw SM, et al. Body mass index trajectories in the first two years and subsequent childhood cardio-metabolic outcomes: a prospective multi-ethnic Asian cohort study. *Sci Rep.* 2017;7(8424):1–10.
82. Fall CHD, Sachdev HS, Osmond C, Lakshmy R, Biswas SD, Prabhakaran D, et al. Adult metabolic syndrome and impaired glucose tolerance are associated with different patterns of BMI gain during infancy: Data from the New Delhi Birth Cohort. *Diabetes Care.* 2008;31(12):2349–2356.
83. Leunissen RWJ, Kerkhof GF, Stijnen T, Hokken-Koelega A. Timing and tempo of first-year rapid growth in relation to cardiovascular and metabolic risk profile in early adulthood. *JAMA.* 2009;301(21):2234–2242.
84. Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan A, McGowan CJ, Wallace C, Imamura F, et al. The obesity transition: stages of the global epidemic. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2019;7(3):231–240.
85. Bell LM, Byrne S, Thompson A, Ratnam N, Blair E, Bulsara M, et al. Increasing body mass index z-score is continuously associated with complications of overweight in children, even in the healthy weight range. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007;92(2):517–522.

86. Chong B, Jayabaskaran J, Kong G, Chan Y, Chin Y, Goh R, et al. Trends and predictions of malnutrition and obesity in 204 countries and territories: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *EClinicalMedicine*. 2023;57:101850.
87. Norris SA, Griffiths P, Pettifor JM, Dunger DB, Cameron N. Implications of adopting the WHO 2006 Child Growth Standards: case study from urban South Africa, the Birth to Twenty cohort. *Ann Hum Biol*. 2009;36(1):21–27.
88. Cole TJ, Wright CM, Williams AF, RCPCH Growth Chart Expert Group. Designing the new UK-WHO growth charts to enhance assessment of growth around birth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2012;97(3):F219-F222.
89. Hui LL, Schooling CM, Cowling BJ, Leung SSL, Lam TH, Leung GM. Are universal standards for optimal infant growth appropriate? Evidence from a Hong Kong Chinese birth cohort. *Arch Dis Child*. 2008;93(7):561–565.
90. Júlíusson PB, Roelants M, Eide GE, Moster D, Juul A, Hauspie R, et al. Growth references for Norwegian children. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2009;129(4):281–286.
91. Wright C, Lakshman R, Emmett P, Ong KK. Implications of adopting the WHO 2006 Child Growth Standard in the UK: two prospective cohort studies. *Arch Dis Child*. outubro de 2008;93(7):566–9.
92. Rosario AS, Schienkiewitz A, Neuhauser H. German height references for children aged 0 to under 18 years compared to WHO and CDC growth charts. *Ann Hum Biol*. outubro de 2011;38(2):121–30.
93. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*. 2004;363(9403):157–63.
94. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
95. National Institutes of Health. Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies [Internet]. 2014 [citado 10 de novembro de 2020]. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-qualityassessment-tools>.
96. Johnson CL, Dohrmann SM, Burt VL, Mohadjer LK. National health and nutrition examination survey: Sample design, 2011-2014. *Vital Health Stat 2*. 2014;(162):1–33.
97. Chen TC, Clark J, Riddles MK, Mohadjer LK, Fakhouri THI. National health and nutrition examination survey, 2015-2018: Sample design and estimation procedures. *Vital Health Stat 2*. 2020;(184):1–35.

98. Curtin LR, Mohadjer LK, Dohrmann SM, Montaquila JM, Kruszan-Moran D, Mirel LB, et al. The national health and nutrition examination survey: Sample design, 1999-2006. *Vital Health Stat 2*. 2012;(155):1999–2006.
99. Costa RF, Santos NS, Goldraich NP, Barski TF, Andrade KS de, Kruel LFM. Metabolic syndrome in obese adolescents: a comparison of three different diagnostic criteria. *J Pediatr (Rio J)*. 2012;88(4):303–309.
100. Costa RF da, Cintra I de P, Fisberg M. Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares da cidade de Santos, SP. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2006;50(1):60–7.
101. Barnett I, Ariana P, Petrou S, Penny ME, Duc LT, Galab S, et al. Cohort profile: The young lives study. *Int J Epidemiol*. 2013;42(3):701–708.
102. Connelly R, Platt L. Cohort profile: UK Millennium Cohort Study (mcs). *Int J Epidemiol*. 2014;43(6):1719–1725.
103. Larsen PS, Kamper-Jørgensen M, Adamson A, Barros H, Bonde JP, Brescianini S, et al. Pregnancy and birth cohort resources in Europe: A large opportunity for aetiological child health research. Vol. 27, *Paediatric and Perinatal Epidemiology*. Blackwell Publishing Ltd; 2013. p. 393–414.
104. Ramos E, Barros H. Family and school determinants of overweight in 13-year-old Portuguese adolescents. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*. 2007;96(2):281–286.
105. Moreira NF, Sichieri R, Reichenheim ME, De Oliveira ASD, Da Veiga GV. The associations of BMI trajectory and excessive weight gain with demographic and socio-economic factors: The Adolescent Nutritional Assessment Longitudinal Study cohort. *Br J Nutr*. 2015;114(12):2032–2038.
106. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. *PLoS One*. 2009;4(9):e7038.
107. Paulose-Ram R, Burt V, Broitman L, Ahluwalia N. Overview of Asian American data collection, release, and analysis: National health and nutrition examination survey 2011-2018. *Am J Public Health*. 2017;107(6):916–921.
108. Centers for Disease Control and Prevention. National Health and Nutrition Examination Survey: Body Composition Procedures Manual. 2018.
109. Centers for Disease Control and Prevention. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES): Anthropometry Procedures Manual. 2017.

110. Centers for Disease Control and Prevention. NCHS Ethics Review Board (ERB) Approval [Internet]. 2022 [citado 3 de agosto de 2023]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/irba98.htm>
111. Alves E, Correia S, Barros H, Azevedo A. Prevalence of self-reported cardiovascular risk factors in Portuguese women: a survey after delivery. *Int J Public Health*. 2012;57(5):837–47.
112. Santana DD, Cunha DB, Sichieri R, Veiga GV da. Association of body image dissatisfaction with body mass index trajectory: the Adolescent Nutritional Assessment Longitudinal Study cohort. *J Bras Psiquiatr*. 2020;69(3):187–196.
113. Lohman T, Roche A, Martorell R. Anthropometric Standardization Reference Manual. Chicago: Human Kinetics Books; 1988.
114. Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, authors E, Heisterkamp S, et al. Package ‘nlme’ [Internet]. 2022. p. 1–338. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>
115. R Core Team. The R Project for Statistical Computing [Internet]. 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org/index.html%0A>
116. Winkler C, Linden K, Mayr A, Schultz T, Welchowski T, Breuer J, et al. RefCurv: A software for the construction of pediatric reference curves. *Software Impacts*. 2020;6:100040.
117. Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: The lms method and penalized likelihood. *Stat Med*. 1992;11(10):1305–1319.
118. Rigby RA, Stasinopoulos DM, Lane PW. Generalized additive models for location, scale and shape. *J R Stat Soc Ser C Appl Stat*. 2005;54(3):507–554.
119. Schwarz G. Estimating the Dimension of a Model. *Ann. Stat*. 1978;6(2):461–464.
120. Buuren S Van, Fredriks M. Worm plot: A simple diagnostic device for modelling growth reference curves. *Stat Med*. 2001;20(8):1259–1277.
121. Schönbeck Y, Talma H, van Dommelen P, Bakker B, Buitendijk SE, HiraSing RA, et al. The world’s tallest nation has stopped growing taller: the height of Dutch children from 1955 to 2009. *Pediatr Res*. 2013;73(3):371–377.
122. De Oliveira MH, Araújo J, Ramos E, Conde WL. MULT: New height references and their efficiency in multi-ethnic populations. *Am J Hum Biol*. 2023;35(5):e23859.
123. De Oliveira MH, Araújo J, Severo M, Rodrigues KAS, Conde WL. MULT: A new BMI reference to assess nutritional status of multi-ethnic children and adolescents. *Am J Hum Biol*. 2023;e23946.

124. De Oliveira MH, Araújo J, Severo M, Rodrigues KAS, Pereira DB dos S, Mazzeti CM da S, et al. MULT: An allometric body mass index (ABMI) reference to assess nutritional status of multi-ethnic children and adolescents [Unpublished manuscript]. Nutrition Department - University of São Paulo. 2023.
125. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20(1):37–46.
126. Cohen J. Weighted Kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement for partial credit. *Psychol Bull.* 1968;70(4):213–220.
127. Bland MJ, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;327(8476):307–310.
128. Lin LIK. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics.* 1989;45(1):255.
129. Pearson K, Fisher RA, Inman HF. Karl Pearson and R. A. Fisher on Statistical Tests: A 1935 Exchange from *Nature*. *Am Stat.* 1994;48(1):2–11.
130. Mussoi TD. Avaliação antropométrica. Em: Mussoi TD, organizador. *Avaliação nutricional na prática clínica: da gestação ao envelhecimento*. Guanabara Koogan; 2017. p. 121–122.
131. Van Stralen KJ, Stel VS, Reitsma JB, Dekker FW, Zoccali C, Jager KJ. Diagnostic methods I: Sensitivity, specificity, and other measures of accuracy. *Kidney Int.* 2009;75(12):1257–1263.
132. Sainani KL. The Value of Scatter Plots. *PM and R.* 2016;8(12):1213–1217.
133. Mandrekar JN. Receiver Operating Characteristic Curve in Diagnostic Test Assessment. *J Thorac Oncol.* 2010;5(9):1315–1316.
134. De Andrade BB, Andrade JM de L. Some results for maximum likelihood estimation of adjusted relative risks. *Commun Stat Theory Methods.* 2018;47(23):5750–5769.
135. Andrade C. Understanding relative risk, odds ratio, and related terms: as simple as it can get. *J Clin Psychiatry.* 2015;76(7):e857-861.
136. Hosmer DW, Lemeshow S. Goodness of fit tests for the multiple logistic regression model. *Commun Stat Theory Methods.* 1980;9(10):1043–1069.
137. Baier T, Neuwirth E. Excel::COM::R. *Comput Stat.* 2007;22(1):91–108.
138. Hariani E, Febriyastuti Widyawati R, Dewanti AA. Strategi Pemasaran Digital Produk UMKM di Kota Pasuruan dengan Aplikasi LINKTREE. *Jurnal Pengabdian Masyarakat.* 2022;2:101–108.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1: REGISTRO DA RS NO PROSPERO.

04/09/2023, 21:17 PROSPERO

Systematic review

Please select one of the options below to edit your record. Either option will create a new version of the record - the existing version will remain unchanged.

A list of fields that can be edited in an update can be found [here](#)

1. * Review title.
Give the title of the review in English
Acuity of the international growth charts to assess nutritional status in children and adolescents: a systematic review

2. Original language title.
For reviews in languages other than English, give the title in the original language. This will be displayed with the English language title.
Acuidade das curvas internacionais de crescimento na avaliação do estado nutricional de crianças e adolescentes: uma revisão sistemática.

3. * Anticipated or actual start date.
Give the date the systematic review started or is expected to start.
14/10/2020

4. * Anticipated completion date.
Give the date by which the review is expected to be completed.
22/11/2020

5. * Stage of review at time of this submission. [2 changes]
This field uses answers to initial screening questions. It cannot be edited until after registration.
Tick the boxes to show which review tasks have been started and which have been completed.
Update this field each time any amendments are made to a published record.

The review has not yet started: No

Review stage	Started	Completed
Preliminary searches	Yes	Yes
Piloting of the study selection process	Yes	Yes
Formal screening of search results against eligibility criteria	Yes	Yes
Data extraction	Yes	Yes
Risk of bias (quality) assessment	Yes	Yes
Data analysis	Yes	Yes

<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/#recordDetails> 1/8

04/09/2023, 21:17

PROSPERO

Provide any other relevant information about the stage of the review here.

This review was submitted to Revista Paulista de Pediatria, we are waiting for their response.
This review was submitted to Revista Paulista de Pediatria, we are waiting for their response.

6. * Named contact.

The named contact is the guarantor for the accuracy of the information in the register record. This may be any member of the review team.

Mariane Helen De Oliveira

Email salutation (e.g. "Dr Smith" or "Joanne") for correspondence:
Miss De Oliveira

7. * Named contact email.

Give the electronic email address of the named contact.

marianeheleen@usp.br

8. Named contact address

PLEASE NOTE this information will be published in the PROSPERO record so please do not enter private information, i.e. personal home address

Give the full institutional/organisational postal address for the named contact.

715, Av. Dr. Arnaldo Cerqueira Cesar, 2nd floor, room 202.

Sao Paulo - SP, Brazil. Zip Code: 01246-904.

9. Named contact phone number.

Give the telephone number for the named contact, including international dialling code.

+5511953886815

10. * Organisational affiliation of the review.

Full title of the organisational affiliations for this review and website address if available. This field may be completed as 'None' if the review is not affiliated to any organisation.

School of Public Health - University of Sao Paulo

Organisation web address:

<https://www.fsp.usp.br/site/>

11. * Review team members and their organisational affiliations.

Give the personal details and the organisational affiliations of each member of the review team. Affiliation refers to groups or organisations to which review team members belong.

NOTE: email and country now MUST be entered for each person, unless you are amending a published record.

Miss Mariane Helen De Oliveira, University of Sao Paulo

Miss Daiane Sousa Melo, University of Sao Paulo

Miss Débora dos Santos Pereira, University of Sao Paulo

Miss Jessica Cumpian Silva, University of Sao Paulo

Dr Wolney Lisboa Conde, University of Sao Paulo

12. * Funding sources/sponsors. [1 change]

Details of the individuals, organizations, groups, companies or other legal entities who have funded or sponsored the review.

04/09/2023, 21:17

PROSPERO

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Grant number(s)

State the funder, grant or award number and the date of award

88887.356471/2019-00 - 01/04/2019 - Current
 88887.368190/2019-00 - 01/10/2019 - 31/05/2020
 88887.461765/2019-00 - 01/09/2019 - Current
 88887.473992/2020-00 - 01/01/2020 - 30/11/2020
 88882.330827/2019-01 - 01/01/2018 - Current

13. * Conflicts of interest.

List actual or perceived conflicts of interest (financial or academic).

None

14. Collaborators.

Give the name and affiliation of any individuals or organisations who are working on the review but who are not listed as review team members. **NOTE: email and country must be completed for each person, unless you are amending a published record.**

15. * Review question.

State the review question(s) clearly and precisely. It may be appropriate to break very broad questions down into a series of related more specific questions. Questions may be framed or refined using PI(E)COS or similar where relevant.

Are the international growth charts of height-for-age and bmi-for-age accurate to be used worldwide?

16. * Searches.

State the sources that will be searched (e.g. Medline). Give the search dates, and any restrictions (e.g. language or publication date). Do NOT enter the full search strategy (it may be provided as a link or attachment below.)

MEDLINE through PubMed (National Library of Medicine and The National Institute of Health), SciELO (Scientific Eletronic Library Online) and VHL (Virtual Health Library).

Search dates: 10/Oct/2020-28/Oct/2020.

Articles published between jan/2000-Oct/2020.

17. URL to search strategy.

Upload a file with your search strategy, or an example of a search strategy for a specific database, (including the keywords) in pdf or word format. In doing so you are consenting to the file being made publicly accessible.

Or provide a URL or link to the strategy. Do NOT provide links to your search **results**.

https://www.crd.york.ac.uk/PROSPEROFILES/215498_STRATEGY_20201020.pdf

Yes I give permission for this file to be made publicly available

18. * Condition or domain being studied. [1 change]

Give a short description of the disease, condition or healthcare domain being studied in your systematic review.

Children and adolescent nutritional status (stunting, underweight, overweight, obesity) based on international growth charts of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2000), World Health Organization (2006/2007), and International Obesity Task Force (IOTF) (2012).

19. * Participants/population.

Specify the participants or populations being studied in the review. The preferred format includes details of both inclusion and exclusion criteria.

Children and adolescents (under 20 years of age).

<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/#recordDetails>

3/8

04/09/2023, 21:17

PROSPERO

20. * Intervention(s), exposure(s).

Give full and clear descriptions or definitions of the interventions or the exposures to be reviewed. The preferred format includes details of both inclusion and exclusion criteria.

The exposure is the nutritional status classification of children and adolescents from different countries based on the growth charts of height-for-age and bmi-for-age from CDC (2000), WHO (2006/2007) and IOTF (2012).

21. * Comparator(s)/control.

Where relevant, give details of the alternatives against which the intervention/exposure will be compared (e.g. another intervention or a non-exposed control group). The preferred format includes details of both inclusion and exclusion criteria.

The nutritional status classification based on national growth charts or international growth charts will be compared with the CDC and/or WHO and/or IOTF growth charts.

22. * Types of study to be included.

Give details of the study designs (e.g. RCT) that are eligible for inclusion in the review. The preferred format includes both inclusion and exclusion criteria. If there are no restrictions on the types of study, this should be stated.

We only will include observational studies (cohort and cross-sectional). Review studies, experimental studies and case reports will be excluded.

23. Context.

Give summary details of the setting or other relevant characteristics, which help define the inclusion or exclusion criteria.

Studies about nutritional assessment of children and adolescents. Research involving the analysis of the growth charts for height-for-age and bmi-for-age of CDC (2000), WHO (2006/2007) and IOTF (2012) only will be included.

24. * Main outcome(s).

Give the pre-specified main (most important) outcomes of the review, including details of how the outcome is defined and measured and when these measurement are made, if these are part of the review inclusion criteria.

The accuracy of the international growth charts of height-for-age and bmi-for-age for assessing the nutritional status of children and adolescents worldwide.

Measures of effect

Comparisons based on Kappa or Lin's coefficients to measure the differences between the nutritional status classifications according to the international growth chart applied.

25. * Additional outcome(s).

List the pre-specified additional outcomes of the review, with a similar level of detail to that required for main outcomes. Where there are no additional outcomes please state 'None' or 'Not applicable' as appropriate to the review

The accuracy of the international growth charts of height-for-age and bmi-for-age for assessing the nutritional status of children and adolescents worldwide.

Measures of effect

Comparisons based on Kappa or Lin's coefficients to measure the differences between the nutritional status classifications according to the international growth chart applied.

26. * Data extraction (selection and coding).

Describe how studies will be selected for inclusion. State what data will be extracted or obtained. State how this will be done and recorded.

Study selection and Data Extraction

The studies will be considered eligible for inclusion when they will meet the following criteria: a) evaluated the height-for-age growth charts of the CDC (2000) and / or the WHO (2006/2007) in children and / or adolescents; and / or b) evaluated the growth charts of BMI-for-age of the CDC (2000), and / or WHO (2006/2007), and / or IOTF (2012) in children and / or adolescents. Two reviewers will apply the eligibility criteria and will select studies for inclusion in the systematic review. If there is a disagreement between them a third reviewer will decide if the study should be included or not.

04/09/2023, 21:17

PROSPERO

27. * Risk of bias (quality) assessment.

State which characteristics of the studies will be assessed and/or any formal risk of bias/quality assessment tools that will be used.

We are aware of the selection bias. However, we will have two independent reviewers who will perform the searches and who will select the articles. If there is a disagreement between them, a third reviewer will analyse if the article should be included in the analysis or not.

28. * Strategy for data synthesis.

Describe the methods you plan to use to synthesise data. This **must not be generic text** but should be **specific to your review** and describe how the proposed approach will be applied to your data.

If meta-analysis is planned, describe the models to be used, methods to explore statistical heterogeneity, and software package to be used.

We expect to have studies with children and adolescents from at least 10 different countries, so we can analyse the accuracy of the international growth charts applied to each country and population.

29. * Analysis of subgroups or subsets. [1 change]

State any planned investigation of 'subgroups'. Be clear and specific about which type of study or participant will be included in each group or covariate investigated. State the planned analytic approach.

Our analyses will be separated in three age groups. Group 1: Children under 5 years old, Group 2: Children from 5 to 19 years old and Group 3: Children from 0 to 20 years old. Our decision to analyse them separated, it is because the WHO growth charts were constructed with different population for these age groups. For children under 5 years old, they used data from six different countries and for children and adolescents from 5 years old and under 20 years old they used a sample from United States. These 3 age groups will allow us to compare the different nutritional status classifications, according to the growth chart applied and the population included in their construction.

30. * Type and method of review.

Select the type of review, review method and health area from the lists below.

Type of review

Cost effectiveness	No
Diagnostic	Yes
Epidemiologic	Yes
Individual patient data (IPD) meta-analysis	No
Intervention	No
Living systematic review	No
Meta-analysis	No
Methodology	No
Narrative synthesis	No
Network meta-analysis	No
Pre-clinical	No
Prevention	No
Prognostic	No

04/09/2023, 21:17	PROSPERO
Prospective meta-analysis (PMA)	No
Review of reviews	No
Service delivery	No
Synthesis of qualitative studies	No
Systematic review	Yes
Other	No
Health area of the review	
Alcohol/substance misuse/abuse	No
Blood and immune system	No
Cancer	No
Cardiovascular	No
Care of the elderly	No
Child health	Yes
Complementary therapies	No
COVID-19	No
Crime and justice	No
Dental	No
Digestive system	No
Ear, nose and throat	No
Education	No
Endocrine and metabolic disorders	No
Eye disorders	No
General interest	No
Genetics	No
Health inequalities/health equity	No
Infections and infestations	No
International development	No
Mental health and behavioural conditions	No
Musculoskeletal	No
https://www.crd.york.ac.uk/prospero/#recordDetails	6/8

04/09/2023, 21:17	PROSPERO
Neurological	No
Nursing	No
Obstetrics and gynaecology	No
Oral health	No
Palliative care	No
Perioperative care	No
Physiotherapy	No
Pregnancy and childbirth	No
Public health (including social determinants of health)	Yes
Rehabilitation	No
Respiratory disorders	No
Service delivery	No
Skin disorders	No
Social care	No
Surgery	No
Tropical Medicine	No
Urological	No
Wounds, injuries and accidents	No
Violence and abuse	No

31. Language.

Select each language individually to add it to the list below, use the bin icon to remove any added in error.

Portuguese-Brazil

There is an English language summary.

32. * Country.

Select the country in which the review is being carried out, For multi-national collaborations select all the countries involved.

Brazil

33. Other registration details.

Name any other organisation where the systematic review title or protocol is registered (e.g. Campbell, or The Joanna Briggs Institute) together with any unique identification number assigned by them.

If extracted data will be stored and made available through a repository such as the Systematic Review Data Repository (SRDR), details and a link should be included here. If none, leave blank.

<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/#recordDetails>

7/8

04/09/2023, 21:17

PROSPERO

34. Reference and/or URL for published protocol.

If the protocol for this review is published provide details (authors, title and journal details, preferably in Vancouver format)

No I do not make this file publicly available until the review is complete

35. Dissemination plans.

Do you intend to publish the review on completion?

Yes

We would like to publish it at the Revista Paulista de Pediatria

36. Keywords.

Give words or phrases that best describe the review. Separate keywords with a semicolon or new line. Keywords help PROSPERO users find your review (keywords do not appear in the public record but are included in searches). Be as specific and precise as possible. Avoid acronyms and abbreviations unless these are in wide use.

child, adolescent, growth chart, stature by age, body mass index and nutritional assessment

37. Details of any existing review of the same topic by the same authors.

If you are registering an update of an existing review give details of the earlier versions and include a full bibliographic reference, if available.

38. * Current review status. [2 changes]

Update review status when the review is completed and when it is published. New registrations must be ongoing so this field is not editable for initial submission.

Review_Completed_published

39. Any additional information.

Provide any other information relevant to the registration of this review.

40. Details of final report/publication(s) or preprints if available. [1 change]

Leave empty until publication details are available OR you have a link to a preprint (NOTE: this field is not editable for initial submission).


List authors, title and journal details preferably in Vancouver format.

De Oliveira, M. H., dos Santos Pereira, D., Melo, D. S., Silva, J. C., & Conde, W. L. (2022). Accuracy of international growth charts to assess nutritional status in children and adolescents: A systematic review. *Revista Paulista de Pediatria*, 40, 1–12. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2022/40/2021016>

<https://www.SciELO.br/j/rpp/a/ggwmn3S6TmQ6xD83N66dxwh/abstract/?lang=en>

9 CURRÍCULO LATTES

9.1 CURRÍCULO LATTES DA AUTORA





Mariane Helen de Oliveira

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/6956862243258103>
 ID Lattes: **6956862243258103**
 Última atualização do currículo em 09/06/2023


Doutoranda em Nutrição em Saúde Pública e membro do laboratório de Avaliação Nutricional de Populações (LANPOP) da Faculdade de Saúde Pública da USP, realizou parte do doutorado na modalidade sanduíche na Universidade do Porto, com bolsa CAPES. Possui Graduação em Nutrição pela FAINC (Faculdades Integradas Coração de Jesus), com certificação de graduação sanduíche realizada na University of Wisconsin La Crosse através do programa Ciência sem Fronteiras com financiamento da CAPES. Recebeu Menção Honrosa nas Olimpíadas Brasileiras das Escolas Públicas em 2006, Medalha de Bronze em 2007 e Honras Acadêmicas pela University of Wisconsin La Crosse em 2014. Atuou em pesquisas com advanced glycation end-products (AGE), kefir, composição corporal em mulheres e avaliação do estado nutricional de populações. Possui experiência profissional em gerenciamento de restaurantes industriais e atualmente é revisor de periódicos do Advances in Nutrition an International Review Journal, American Journal of Pediatrics e da Current Developments in Nutrition Journal. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação


Nome	Mariane Helen de Oliveira
Nome em citações bibliográficas	OLIVEIRA, M. H.; OLIVEIRA, MARIANE HELEN DE; DE OLIVEIRA, M.H.
Lattes ID	 http://lattes.cnpq.br/6956862243258103
Orcid ID	 https://orcid.org/0000-0002-6552-3430

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2018	Doutorado em andamento em Nutrição em Saúde Pública. Universidade de São Paulo, USP, Brasil. com período sanduíche em Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto (Orientador: Elisabete Ramos). Título: Acuity of nutritional status based on body mass index or body composition among children under 20 years and among adults Orientador:  Wolney Lisboa Conde. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil. Palavras-chave: Nutritional Assessment; Body Mass Index; Nutritional Status.
2011 - 2016	Graduação em Nutrição. Faculdades Integradas Coração de Jesus, FAINC, Brasil. com período sanduíche em University Of Wisconsin La Crosse (Orientador: Margaret Maher). Título: Composição Corporal em Mulheres: Comparação Entre Métodos Avaliativos. Orientador: Jaina Cruz Caixeta. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
2009 - 2010	Curso técnico/profissionalizante em Técnico em Nutrição. ETEC Julio de Mesquita, ETEC JM, Brasil.
2008 - 2010	Ensino Médio (2º grau). ETEC Ribeirão Pires, ETEC RP, Brasil.

9.2 CURRÍCULO LATTES DO ORIENTADOR

	
<p>Wolney Lisboa Conde</p> <p>Endereço para acessar este CV: http://lattes.cnpq.br/3019128679501921 ID Lattes: 3019128679501921 Última atualização do currículo em 30/08/2023</p>	
<p>Graduação em Nutrição pela Universidade Federal do Pará (1991) e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo, atuando no curso de graduação em Nutrição e no curso de pós-graduação em Nutrição em Saúde Pública. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Nutrição, atuando principalmente nos seguintes temas: epidemiologia nutricional, transição nutricional, obesidade, determinantes do estado nutricional e antropometria. (Texto informado pelo autor)</p>	
<h3>Identificação</h3>	
<p>Nome</p> <p>Nome em citações bibliográficas</p> <p>Lattes iD</p> <p>Orcid iD</p>	<p>Wolney Lisboa Conde</p> <p>CONDE, W. L.;Popkin, Barry M.;Conde, Wolney L.;de Assis, M. A. A.;CONDE, WOLNEY LISBÓA;CONDE, W L</p> <p> http://lattes.cnpq.br/3019128679501921</p> <p> https://orcid.org/0000-0003-0493-134X</p>
<h3>Endereço</h3>	
<p>Endereço Profissional</p>	<p>Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Nutrição, Av. Dr. Arnaldo, 715 , Laboratório de Avaliação Nutricional de Populações Cerqueira César 01246-904 - Sao Paulo, SP - Brasil Telefone: (11) 30667705 Fax: (11) 30667762 URL da Homepage: http://www.fsp.usp.br/</p>
<h3>Formação acadêmica/titulação</h3>	
<p>2000 - 2004</p>	<p>Doutorado em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, USP, Brasil. Título: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA CLASSIFICATÓRIO PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES BRASILEIROS BASEADO NO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL  , Ano de obtenção: 2004. Orientador:  Carlos Augusto Monteiro. Palavras-chave: adolescente; IMC; padrão; criança; método; tendência secular. Grande área: Ciências da Saúde Setores de atividade: Nutrição e Alimentação. Especialização em Fipam.</p>
<p>1992 - 1992</p>	<p>Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Título: O Complexo Agroindustrial e o Desenvolvimento Regional. Orientador: José Marcelino. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.</p>
<p>1985 - 1991</p>	<p>Graduação em Nutrição, Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Título: A Porta da Cozinha. Orientador: Maria Angélica Mota-Maués.</p>
<h3>Formação Complementar</h3>	