UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
INSTITUTO DE NUTRIÇÃO JOSUÉ DE CASTRO

NOVAS CURVAS DE GANHO DE PESO GESTACIONAL PARA MULHERES BRASILEIRAS

THAÍS RANGEL BOUSQUET CARRILHO

RIO DE JANEIRO
2022

THAÍS RANGEL BOUSQUET CARRILHO

NOVAS CURVAS DE GANHO DE PESO GESTACIONAL PARA MULHERES BRASILEIRAS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências Nutricionais.

Orientador: Professor Dr. Gilberto Kac

RIO DE JANEIRO

2022

CIP - Catalogação na Publicação

C317n

Carrilho, Thaís Rangel Bousquet
Novas curvas de ganho de peso gestacional para mulheres brasileiras / Thaís Rangel Bousquet Carrilho. -- Rio de Janeiro, 2022.
240 f.

Orientador: Gilberto Kac.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2022.

1. Ganho de Peso na Gestação. 2. Cuidado Pré Natal. 3. Estado Nutricional. 4. Gravidez. I. Kac, Gilberto, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Thaís Rangel Bousquet Carrilho

NOVAS CURVAS DE GANHO DE PESO GESTACIONAL PARA MULHERES BRASILEIRAS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências Nutricionais.

Aprovada em 22/02/2022

_____

Professor Dr. Gilberto Kac
Instituto de Nutrição Josué de Castro/Universidade Federal do Rio de Janeiro
Orientador

_____

Professora Dra. Denise Petrucci Gigante
Faculdade de Nutrição/Universidade Federal de Pelotas
Revisora

_____

Professora Dra. Elisa Maria de Aquino Lacerda
Instituto de Nutrição Josué de Castro/Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____

Professora Dra. Marly Augusto Cardoso
Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo

_____

Professora Dra. Patrícia de Carvalho Padilha
Instituto de Nutrição Josué de Castro/Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____

Professora Dra. Rosângela Alves Pereira
Instituto de Nutrição Josué de Castro/Universidade Federal do Rio de Janeiro

DEDICATÓRIA

A todas as mulheres pesquisadoras brasileiras, que não desistem de fazer ciência para melhorar a vida das pessoas neste país.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Gilberto Kac, pela confiança que depositou em mim ao me permitir liderar esse projeto, e pela parceria e ensinamentos nesses quase cinco anos. Obrigada por insistir para que eu fizesse o doutorado, quando achava que a vida acadêmica não era mais para mim. Obrigada pelo apoio e pelas oportunidades incríveis que me proporcionou desde que entrei no grupo.

Aos meus pais e ao meu marido, pelo apoio incondicional em todos os momentos. Aos meus sogros e cunhada, porque são parte fundamental da rede de apoio que me permitiu a dedicação a esse projeto e ao doutorado.

À minha família, porque nem sempre entendem meu trabalho, mas se orgulham de todas as pequenas conquistas.

Aos amigos queridos que me acompanham nesta caminhada, em especial, aqueles que ganhei nesses últimos anos e levo para a vida. Obrigada Day, minha companheira de aventuras, pela amizade e parceira; Amandinha, minha 'filha' querida pelo apoio e carinho sempre.

Aos amigos e colegas do Observatório de Epidemiologia Nutricional, que me acolheram desde o primeiro dia e me fizeram sentir parte desse grupo muito especial. Obrigada Nath, Mônica, minha 'filha acadêmica' Mylena, e a todos que colaboraram em algum momento neste projeto.

Ao professor Michael Reichenheim, a quem admiro desde o mestrado, e se tornou um parceiro neste projeto e em outras empreitadas, e muito contribuiu para as reflexões trazidas aqui.

To professors Jennifer Hutcheon, Kathleen Rasmussen, and Eric Ohuma, for all the support and patience during the project, and all the contributions to the papers. I hope our partnership continue to grow in the next years.

A todos os pesquisadores do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil, que cederam os dados que tornaram esta tese possível e a todas as mulheres que participaram dos estudos do Consórcio.

Aos professores membros da banca de qualificação e defesa, agradeço a disponibilidade e as contribuições, que, sem dúvidas, irão tornar a tese ainda melhor.

Tenho muito orgulho da minha formação em universidade pública, desde a graduação na Universidade Federal Fluminense e do mestrado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que só foram possíveis porque havia um Governo no país. Hoje sou a primeira da minha

família a concluir o doutorado, fui a primeira a cursar uma universidade federal, e tenho muito a agradecer aos governos Lula e Dilma.

Aos professores e funcionários da pós-graduação e do INJC/UFRJ. Ao CNPq, ao Ministério da Saúde e à Fundação Bill e Melinda Gates, pelo financiamento do projeto. À CAPES, pela bolsa de capacitação do programa PrInt.

A Deus, porque sem Ele, nada disso seria possível.

Thaís Rangel

EPÍGRAFE

"*The good thing about Science is that it's true, whether or not you believe in it.*"

Neil deGrasse Tyson

RESUMO

CARRILHO, Thaís Rangel Bousquet. **Novas curvas de ganho de peso gestacional para mulheres brasileiras.** Rio de Janeiro, 2022. Tese (Doutorado em Ciências Nutricionais) – Programa de Pós-graduação em Nutrição, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Introdução: O ganho de peso gestacional (GPG) é o indicador do estado nutricional mais importante na gestação. No Brasil, o Ministério da Saúde (MS) recomenda o uso da curva de índice de massa corporal (IMC) de Atalah et al. (1997) e as recomendações de GPG do Instituto de Medicina americano (2009) para monitorar o estado nutricional materno no período. **Objetivos:** (1) Identificar estudos realizados no Brasil com dados de GPG, harmonizar os dados desses estudos e descrever o GPG nesses dados; (2) determinar a concordância entre peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido no primeiro trimestre gestacional e identificar a melhor opção a ser utilizada no cálculo do IMC pré-gestacional e do GPG; (3) elaborar curvas nacionais de GPG de acordo com o IMC pré-gestacional e validá-las interna e externamente. **Métodos:** Na primeira etapa, foi realizada revisão sistemática para identificar estudos observacionais realizados no Brasil entre 1990 e 2018 com dados de IMC pré-gestacional e peso ao longo da gestação. Um *pool* de dados harmonizado foi constituído e o Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil (CONMAI) foi criado. Na segunda etapa, a concordância entre peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido no primeiro trimestre foi avaliada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclasse, coeficiente de Lin, coeficiente kappa e gráficos de Bland e Altman. Na terceira fase, curvas brasileiras de GPG foram criadas utilizando modelos aditivos generalizados de localização, escala e forma. As estimativas dos modelos foram utilizadas para produzir curvas para cada categoria de IMC pré-gestacional. Os modelos foram validados internamente e externamente pela comparação entre valores esperados e valores observados acima/abaixo de percentis selecionados. Dados do estudo "Nascer no Brasil" foram utilizados na validação externa. **Resultados:** O *pool* de dados harmonizado do CONMAI incluiu 21 estudos e 17.344 mulheres. A distribuição do GPG, peso e idade gestacional ao nascer foi homogênea entre os estudos incluídos. Os coeficientes de concordância entre peso pré-gestacional autorrelatado e peso do primeiro trimestre foram superiores a 0,90 em todos os cenários avaliados e indicaram a possibilidade de uso do peso autorrelatado para cálculo do IMC pré-gestacional e GPG. As curvas de GPG criadas apresentaram excelente validade interna e externa. A mediana (intervalo interquartílico) de GPG em 40 semanas foi de 14,9 (11,5 –

18,4) kg para mulheres com baixo peso; 14,7 (11,4 – 18,2) kg para normalidade; 13,0 (9,3 – 16,8) kg para sobrepeso; e 9,4 (4,9 – 14,1) kg para obesidade. **Conclusões:** Estas curvas são a primeira iniciativa em um país de baixa e média renda de criar um sistema de monitoramento do estado nutricional na gestação. Para que sejam utilizadas na atenção básica, precisam ser incorporadas pelo MS e disseminadas, e faixas ótimas de GPG que minimizem a ocorrência de desfechos maternos e infantis adversos precisam ser definidas.

Palavras-chave: Ganho de peso gestacional; cuidado pré-natal; gestação; estado nutricional.

ABSTRACT

CARRILHO, Thaís Rangel Bousquet. **Novas curvas de ganho de peso gestacional para mulheres brasileiras.** Rio de Janeiro, 2022. Tese (Doutorado em Ciências Nutricionais) – Programa de Pós-graduação em Nutrição, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Background: Gestational weight gain (GWG) is the most important indicator of nutritional status during pregnancy. In Brazil, the Ministry of Health (MoH) adopts the combination of two methods to monitor the nutritional status of pregnant women: Atalah et al. body mass index (BMI) charts and the GWG recommendations of the American Institute of Medicine from 2009. **Objectives:** (1) Identify studies conducted in Brazil with GWG data, harmonize those and describe the distribution of GWG in the harmonized data; (2) evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during the first trimester of pregnancy and identify the best option to calculate pre-pregnancy BMI and GWG; (3) create national GWG charts and assess the internal and external validity of those charts. **Methods:** In the first step, a systematic literature review was conducted to identify observational studies conducted in Brazil between 1990 and 2018 with pre-pregnancy BMI and measurements of weight during pregnancy. The Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC) was created based on this pool of harmonized data. In the second step, the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during the first trimester of pregnancy was assessed using intraclass correlation coefficient, Lin's and kappa coefficient, and Bland and Altman plots. In the third step, the Brazilian GWG charts were created using generalized additive models for location, scale, and shape. Estimates from the models were used to produce BMI-specific charts. The models were validated internally, by comparing the observed and expected values above/below selected percentiles of the curves, and externally, by adopting the same procedure and using data from the "Birth in Brazil" study. **Results:** The pool of harmonized data from the BMCNC included 21 Brazilian studies and 17,344 women. GWG, birth weight, and gestational age were similar across the studies. The agreement coefficients between self-reported pre-pregnancy weight and first-trimester weight were above 0,90 in all the evaluated scenarios indicating the possibility of using self-reported pre-pregnancy weight to calculate both pre-pregnancy BMI and GWG. The GWG curves presented excellent internal and external validity. The predicted medians (interquartile ranges) for GWG according to pre-pregnancy BMI at 40 weeks were: underweight, 14.9 (11.5 – 18.4); normal weight, 14.7 (11.4 – 18.2);

overweight, 13.0 (9.3 – 16.8); obesity, 9.4 kg (4.9 – 14.1). **Conclusions:** These curves are the first initiative of a low- and middle-income country to create a system to monitor and assess the nutritional status of women during pregnancy. To be used in the primary healthcare services, the MoH needs to incorporate and disseminate the curves, and optimal GWG ranges to reduce the occurrence of maternal and infant adverse outcomes need to be defined.

Keywords: gestational weight gain; prenatal care; gestation; pregnancy; nutritional status.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Conceitos fundamentais ao estudo do ganho de peso gestacional..... 25

Quadro 2. Descrição de diferentes indicadores para expressar o ganho de peso gestacional..... 28

Quadro 3. Desfechos maternos e infantis comumente associados a desvios no ganho de peso gestacional..... 29

Quadro 4. Peso em quilogramas estimado para cada componente do ganho de peso gestacional..... 31

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos..... 35

Quadro 6. Curvas latino-americanas para monitoramento do estado nutricional durante a gestação..... 50

Quadro 7. Comparação entre as faixas de ganho de peso gestacional recomendadas pelo Instituto de Medicina americano (2009) e as faixas definidas pelo projeto *LifeCycle*..... 53

Quadro 8. Estratégias de busca utilizadas nas bases bibliográficas para identificação dos estudos nacionais com potencial de inclusão no *pool* de dados..... 64

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica..... 218

Quadro 10. Características dos respondentes à consulta sobre o novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS..... 231

Quadro 11. Sugestões e comentários sobre as novas curvas de ganho de peso gestacional: resultados da consulta *online* a profissionais de saúde..... 233

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes do ganho de peso gestacional..... 30

Figura 2. Determinantes do ganho de peso gestacional..... 32

Figura 3. Cronologia dos protocolos para monitorar o ganho de peso gestacional adotados pelo Ministério da Saúde..... 56

Figura A1.1. Fluxograma das etapas de limpeza do banco de dados combinado.
Flowchart for the cleaning steps of the combined dataset..... 78

Figura A1.2. Análise de heterogeneidade para o banco de dados combinado.
Heterogeneity analysis for the combined datasets..... 83

Figura A1.3. Médias e intervalos de confiança de 95% para o ganho de peso gestacional.
Means and 95% confidence intervals for gestational weight gain..... 84

Figura A1.4. Distribuição do ganho de peso gestacional de acordo com o índice de massa corporal do primeiro trimestre ou pré-gestacional.
Distribution of weight gain during pregnancy according to first trimester or pre-pregnancy body mass index..... 85

Figura A1.S1. Fluxograma para obtenção de dados de estudos nacionais.
Flowchart for the acquisition of datasets..... 97

Figura A1.S2. Exemplos de *outliers* para peso materno durante a gestação.
Examples of outliers for maternal weight during pregnancy..... 111

Figura A2.1. Diferenças médias e intervalos de confiança de 90% para o procedimento de dois testes unilaterais para o peso pre-gestacional autorrelatado e peso medido em diferentes intervalos no primeiro trimestre, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil e do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Mean differences and 90% confidence intervals for the TOST procedure for self-reported weight and weight measured in different time intervals during first trimester in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutrition Surveillance System..... 121

Figura A2.2. Gráficos de Bland e Altman para a concordância entre peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Bland and Altman plots for the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data..... 123

Figura A2.3. Gráficos de Bland e Altman para a concordância entre peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido, dados do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Bland and Altman plots for the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the Brazilian Food and Nutrition Surveillance System data..... 125

Figura A2.S1. Fluxograma para a constituição dos bancos de dados utilizados no estudo.
Flowchart for the constitution of the datasets used in this study..... 139

Figura A3.1. Equação para extração de escores z a partir de modelos aditivos generalizados de localização, escala e forma (distribuições Box-Cox *t* e Box-Cox *Power Exponential*).
Equation to extract z scores from GAMLSS models (Box-Cox t and Box-Cox Power Exponential distributions)..... 146

Figura A3.2. Tamanho amostral para construção das curvas.
Sample size for the construction of the charts..... 148

Figura A3.3. Tamanho amostral de acordo com a idade gestacional para cada categoria de índice de massa corporal pré-gestacional.
Sample size according to gestational age for each maternal pre-pregnancy body mass index group..... 149

Figura A3.4. Curvas de ganho de peso gestacional de acordo com as categorias de índice de massa corporal pré-gestacional para mulheres brasileiras, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Gestational weight gain charts according to pre-pregnancy body mass index for Brazilian women, data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium..... 152

Figura A3.S1. Tamanho amostral disponível para validação externa das curvas utilizando dados do estudo "Nascer no Brasil".
Sample size for the external validation study using Birth in Brazil data..... 175

Figura 4. Frequência (%) de participantes da consulta do novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional de acordo com a unidade da federação..... 229

Figura 5. Percepção dos respondentes à consulta sobre o novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional no Sistema Único de Saúde a respeito do *design* do gráfico..... 230

Figura 6. Versão final das curvas e instruções de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras..... 236

LISTA DE TABELAS

Tabela A1.1. Origem das medidas antropométricas dos estudos incluídos no Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Table A1.1 *Origin of the anthropometric information of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium*..... 79

Tabela A1.S1. Comparação dos dados das mulheres antes e depois das etapas de limpeza dos dados de peso pré-gestacional e do primeiro trimestre, Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Comparison of women before and after cleaning first-trimester and self-reported pre-pregnancy weight, data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium..... 98

Tabela A1.S2. Variáveis disponíveis nos estudos incluídos no Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Variables available in the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium... 100

Tabela A1.S3. Descrição geral dos estudos incluídos no Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
General description of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium... 101

Tabela A1.S4. Método alternativo para avaliação da heterogeneidade dos dados dos estudos incluídos no Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Alternative approach for heterogeneity assessment of the studies included in Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium..... 112

Tabela A1.S5. Análise comparativa entre ganho de peso gestacional total calculado usando peso do primeiro trimestre e peso pré-gestacional.
Comparative analysis between total gestational weight gain calculated using first trimester weight or self-reported pre-pregnancy weight..... 112

Tabela A2.1. Descrição das variáveis de peso e índice de massa corporal nos dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil e do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Description of the weight and body mass index variables in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System..... 120

Tabela A2.2. Medidas de concordância entre o peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido durante o primeiro trimestre entre mulheres brasileiras, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil e do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Measures of agreement between self-reported weight and weight measured during the first pregnancy trimester among Brazilian women in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System..... 127

Tabela A2.3. Tabelas de contingência para a classificação do índice de massa corporal calculado a partir do peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido no primeiro trimestre, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Contingency tables for the classification of body mass index using self-reported and first trimester weight in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium..... 128

Tabela A2.4. Tabelas de contingência para a classificação do índice de massa corporal calculado a partir do peso pré-gestacional autorrelatado e peso medido no primeiro trimestre, dados do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Contingency tables for the classification of body mass index using self-reported and first trimester weight in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System..... 129

Tabela A2.S1. Comparação entre todas as mulheres e aquelas selecionadas para as análises (que apresentaram informação de peso pré-gestacional e peso medido no primeiro trimestre) nos dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil e do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional.
Comparison between all women and those selected for the analyses (with information on self-reported pre-pregnancy weight and first-trimester measured weight) in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and National Food and Nutritional Surveillance System data..... 138

Tabela A3.1. Características maternas e neonatais dos participantes do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil incluídos nas curvas brasileiras de ganho de peso gestacional.
Maternal and neonatal characteristics of pregnancies from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium included in the creation of the Brazilian gestational weight gain charts..... 150

Tabela A3.2. Desempenho das curvas de ganho de peso gestacional nas etapas de validação interna e externa.
Performance of the gestational weight gain charts in the internal and external validation procedure..... 153

Tabela A3.S1. Especificações do modelo aditivo generalizado de localização, escala e forma ajustado para cada categoria de índice de massa corporal pré-gestacional.
Specifications of the Generalized Additive model for location, scale, and shape adjusted to each pre-pregnancy body mass index category..... 176

Tabela A3.S2. Parâmetros do modelo Box-Cox *t* e percentis selecionados por semana gestacional para curva de ganho de peso de mulheres com baixo peso, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Week-specific Box-Cox t model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy underweight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data..... 177

Tabela A3.S3. Parâmetros do modelo Box-Cox *t* e percentis selecionados por semana gestacional para curva de ganho de peso de mulheres com normalidade, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Week-specific Box-Cox t model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy normal weight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data..... 179

Tabela A3.S4. Parâmetros do modelo Box-Cox *Power Exponential* e percentis selecionados por semana gestacional para curva de ganho de peso de mulheres com sobrepeso, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Week-specific Box-Cox Power Exponential model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy overweight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data..... 181

Tabela A3.S5. Parâmetros do modelo Box-Cox *Power Exponential* e percentis selecionados por semana gestacional para curva de ganho de peso de mulheres com obesidade, dados do Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil.
Week-specific Box-Cox Power Exponential model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy obesity, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data..... 183

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCCG	Distribuição Box-Cox *Cole and Green*
BCPE	Distribuição Box-Cox *Power Exponential*
BCT	Distribuição Box-Cox *t*
BMCNC	*Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium* - Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil
BMI	*Body Mass Index* - Índice de Massa Corporal
BPN	Baixo peso ao nascer
CGAN	Coordenação Geral de Alimentação e Nutrição
CGPAN	Coordenação Geral de Política de Alimentação e Nutrição
CI	*Confidence Interval* – Intervalo de confiança
CONMAI	Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil
DMG	Diabetes *mellitus* gestacional
DP	Desvio-padrão
DUM	Data da última menstruação
FAIR	*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable* – Localizável, acessível, interoperável, reutilizável
FP	*Fractional polinomial* – Polinomial fracional
GAMLSS	*Generalized additive models for location, scale, and shape* - Modelos aditivos generalizados de localização, escala e forma
GIG	Grande para idade gestacional
GPG	Ganho de peso gestacional
GWG	*Gestational weight gain* – Ganho de peso gestacional
IC	Intervalo de confiança
ICC	Intraclass correlation coeficiente – Coeficiente de correlação intraclasse
IIQ	Intervalo interquartílico
IMC	Índice de Massa Corporal
IOM	Instituto de Medicina americano
IQR	*Interquartile range* – Intervalo interquartílico
LBW	*Low birth weight* - Baixo peso ao nascer
LGA	*Large for gestational age* - Grande para idade gestacional
LMIC	*Low- and middle-income countries* – Países de baixa e media renda
LMP	*Last menstrual period* – última menstruação

LMS	Lambda, Mu, Sigma
ML	*Multilevel model* – Modelo multinível
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIG	Pequeno para idade gestacional
PN	Peso ao nascer
RPP	Retenção de peso pós-parto
SD	*Standard deviation* – Desvio padrão
SINASC	Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos
SISVAN	Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional
SGA	*Small for gestational age* - Pequeno para idade gestacional
SHG	Síndromes hipertensivas da gestação
SSD	*Standardized Site Difference* – Diferença padronizada por local
SUS	Sistema Único de Saúde
TOST	*Two one-sided tests* – Dois testes unilaterais
WHO	*World Health Organization* - Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **21**
1 INTRODUÇÃO **25**
1.1 DEFINIÇÕES E IMPORTÂNCIA DO GANHO DE PESO GESTACIONAL 25
1.1.1 Definições **25**
1.1.2 Composição, determinantes e padrão de ganho de peso gestacional **29**
1.1.3 Associação do ganho de peso gestacional com desfechos materno-infantis adversos **34**
1.2 INSTRUMENTOS PARA MONITORAMENTO E RECOMENDAÇÕES DE GANHO DE PESO GESTACIONAL 46
1.2.1 Brasil: histórico dos instrumentos utilizados no país desde 1980 ..... **54**
1.3 DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE NOVAS CURVAS DE GANHO DE PESO GESTACIONAL 57
2 JUSTIFICATIVA **60**
3 OBJETIVOS **61**
3.1 OBJETIVO GERAL 61
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 61
4 HIPÓTESES **62**
5 MÉTODOS **63**
5.1 CONSTITUIÇÃO DA BASE DE DADOS: IDENTIFICAÇÃO DE ESTUDOS DE COORTE REALIZADOS COM GESTANTES BRASILEIRAS 63
5.1.1 Identificação dos estudos **63**
5.1.2 Criação do *pool* de dados **65**
5.1.3 Criação das variáveis de interesse **66**
5.1.4 Identificação de valores implausíveis **67**
5.1.5 Avaliação da heterogeneidade dos dados **67**
5.1.6 Análise estatística **68**
5.2 ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA ENTRE PESO PRÉ-GESTACIONAL AUTORRELATADO E PESO MEDIDO DURANTE O PRIMEIRO TRIMESTRE DE GESTAÇÃO 69
5.2.1 Desenho do estudo e amostra **69**
5.2.2 Análise estatística **70**
5.3 ELABORAÇÃO DE CURVAS PARA MONITORAMENTO DO GANHO DE PESO AO LONGO DA GESTAÇÃO 72
5.3.1 Desenho de estudo e amostra **72**
5.3.2 Variáveis do estudo **72**
5.3.3 Análise estatística **72**
5.3.4 Validação externa **74**

6 RESULTADOS 75
6.1 ARTIGO 1 (*SCIENTIFIC REPORTS*) 75
6.2 ARTIGO 2 (*BMC PREGNANCY AND CHILBIRTH*) 113
6.3 ARTIGO 3 (*AMERICAN JOURNAL OF CLINICAL NUTRITION*) 140
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 185
8 REFERÊNCIAS 187
9 ANEXOS 198
9.1 CAPA DOS ARTIGOS PUBLICADOS 198
10 APÊNDICE 201
10.1 MÉTODOS 201
10.1.1 Realização de oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica 201
10.1.2 Consulta sobre as novas curvas para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS 202
10.1.3 Formulário para consulta a profissionais e gestores da atenção básica sobre as novas curvas de ganho de peso gestacional 204
10.2 RESULTADOS 218
10.2.1 Resultados da oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica 218
10.2.2 Consulta sobre as novas curvas para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS 227

APRESENTAÇÃO

Esta tese está aninhada a um estudo mais abrangente, que recebeu financiamento da Pastoral da Criança, da Coordenação Geral de Alimentação e Nutrição (CGAN) do Ministério da Saúde (MS), via Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processos nº 408678/2017-8, 443770/2018-2 e 445710/2020-9) e da Fundação Bill e Melinda Gates (OPP 1202165), a partir de 2017, e deverá ser encerrado em junho de 2022. Este estudo, intitulado "Proposição de novas recomendações de ganho de peso gestacional para utilização no Sistema Único de Saúde (SUS)", busca propor recomendações de ganho de peso gestacional (GPG) específicas para a população brasileira.

Em 2007, o professor Gilberto Kac iniciou discussões com o MS por meio da Coordenação Geral de Política de Alimentação e Nutrição (CGPAN) sobre a acurácia e adequação do uso do sistema de avaliação e monitoramento do GPG empregado no Sistema Único de Saúde (SUS). À época, a CGPAN financiou um grupo de trabalho que apresentou como principal objetivo avaliar a capacidade preditiva da curva de índice de massa corporal (IMC) de Atalah et al. (1997). No final de 2008, os resultados desse trabalho foram divulgados e revelaram que a curva de Atalah et al. (1997) possuía baixa capacidade preditiva para captar desfechos perinatais adversos, como o baixo peso ao nascer (BPN), macrossomia, pequeno para idade gestacional (PIG) e grande para idade gestacional (GIG) (KAC et al., 2009).

Com base nos resultados do relatório elaborado pelo grupo de trabalho, a CGPAN e o Departamento de Atenção Básica (DAB) do MS concluíram que o instrumento de avaliação e monitoramento de GPG deveria ser modificado. A CGPAN e o DAB decidiram apoiar a realização de um estudo que criaria um padrão de avaliação e monitoramento do GPG nacional com financiamento do Fundo Setorial da Saúde. Esse estudo usaria dados coletados em seis capitais brasileiras. Em 2009, durante o processo de elaboração do protocolo do referido estudo, o professor Kac teve contato com o grupo responsável pelo projeto *Intergrowth-21st* (https://intergrowth21.tghn.org) e concluiu que este possuía muitas das condições necessárias para a criação do almejado padrão de GPG. A realização do estudo com financiamento do Fundo Setorial da Saúde foi então cancelada. No período que se seguiu, o professor Kac foi apresentado ao coordenador geral do *Intergrowth-21st*, professor José Villar, da Universidade de Oxford. Nessa ocasião, foi apresentada a proposta de usar os dados do *Intergrowth-21st* para criar um padrão de GPG internacional. No início de 2016, depois de vários anos de trabalho com o grupo da universidade de Oxford, os dados do *Intergrowth-21st* referente ao padrão de GPG para mulheres com IMC normal (18,5-24,9 kg/m^2) foram publicados (CHEIKH-ISMAIL

et al., 2016). A publicação desse padrão foi acompanhada de uma revisão sistemática da literatura sobre a qualidade metodológica das principais curvas de avaliação e monitoramento do GPG disponíveis globalmente (OHADIKE et al., 2016).

Desde o lançamento das publicações sobre as curvas de monitoramento (OHADIKE et al., 2016) e sobre o padrão de GPG (CHEIKH-ISMAIL et al., 2016), um grupo de pesquisadores, coordenado pelo professor Kac, tem estudado estratégias de avaliação da curva de GPG do *Intergrowth-21st* para identificar o potencial preditivo de desfechos indesejáveis na população brasileira, de forma que essa curva possa ser traduzida em recomendações para gestantes brasileiras e implantada no SUS. Inicialmente, este projeto previa adaptar tal curva para implantação no país. Entretanto, ao longo do desenvolvimento do trabalho, o grupo percebeu que não seria possível incorporar a curva do *Intergrowth-21st* no SUS, por dois motivos principais: (i) a curva disponível contempla apenas mulheres classificadas como eutróficas de acordo com o IMC no início da gestação; (ii) a curva inicia em 14 semanas e não considera a possibilidade de ganho de peso no primeiro trimestre. Estudos têm mostrado a importância deste período na saúde infantil (LAU et al., 2014; GAILLARD et al., 2015; KARACHALIOU et al., 2015; GAILLARD et al., 2016), portanto, o ganho de peso no primeiro trimestre não poderia ser ignorado em uma curva nacional.

Desta forma, o grupo se dedicou a criar curvas de ganho de peso gestacional para mulheres brasileiras, utilizando dados nacionais que refletissem a realidade das gestantes do país. Para criar estas curvas e recomendações, um *pool* de dados de estudos brasileiros foi constituído. Este *pool* contempla dados nacionais coletados entre 1990 e 2018 e todas as etapas envolvidas neste trabalho de obtenção, limpeza e harmonização dos dados são apresentadas neste projeto. O *pool* de dados deu origem ao "Consórcio Brasileiro de Nutrição Materno-infantil" (CONMAI) e esta é a primeira tese que utiliza dados desse grupo de pesquisa, que vem se consolidando desde o final de 2019.

Minha atuação neste projeto se iniciou em 2017, antes do financiamento que permitiu avançar na construção da curva brasileira de GPG, e antes do início do doutorado. Meu trabalho começou na construção do texto para submissão ao edital do CNPq de 2017, que se tornou o primeiro financiamento formal deste projeto. Em 2018, segui trabalhando no projeto como analista de dados, doutoranda, e posteriormente como líder do projeto, participando ativamente da revisão de literatura, apresentando resultados preliminares em congressos e eventos, e colaborando na busca por outros financiamentos. Em 2018 fomos contemplados com um *Grand Challenges Exploration* Brasil, o que permitiu que o projeto avançasse em outras frentes, como

a exploração dos dados individuais do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN).

Durante os anos seguintes, minha dedicação foi à harmonização da base de dados, com suporte da equipe do projeto, e análises que geraram os produtos desta tese. Em 2019, participei ativamente da primeira reunião do CONMAI, ajudando na organização do evento e nas discussões que ocorreram à época. No mesmo ano, o primeiro artigo da tese foi submetido para publicação, sendo aceito em 2020. Em 2020 e 2021, pude me dedicar aos demais artigos e a outras iniciativas. Em 2020, fui contemplada com um novo *Grand Challenges Exploration* Brasil, agora como investigadora principal, o que vem permitindo que o projeto siga em sua segunda fase (não contemplada nesta tese). Ao longo do período, também tive a oportunidade de interagir pessoalmente com o professor Eric Ohuma, da *London School of Hygiene and Tropical Medicine*; com a professora Kathleen Rasmussen, da Universidade de Cornell; e com a professora Jennifer Hutcheon, da Universidade de Colúmbia Britânica, além dos pesquisadores que compõem o CONMAI e a equipe inicial do projeto.

Além do projeto das curvas de GPG, das publicações desta tese e da participação em diversos eventos ao longo do doutorado, também sou autora/coautora de outras publicações do grupo e de pesquisadores vinculados ao CONMAI sobre a temática do GPG ou desfechos neonatais (FIGUEIREDO et al., 2020; BATALHA et al., 2021; BENAIM et al., 2021; CARRILHO et al., 2021; FARIAS et al., 2021; KROLL et al., 2021). Revisei inúmeros artigos sobre o tema para periódicos como *BMJ Open*, *Public Health Nutrition*, *BMC Pregnancy and Childbirth*, e hoje, sou membro do corpo editorial (*Early Career Research Editorial Board*) do periódico *Maternal & Child Nutrition*. Também tive a oportunidade de trabalhar junto ao professor Gilberto, desde 2020, com um grupo de pesquisadores latino-americanos, liderados pelas professoras Sandra Lucia Restrepo e Maria Victoria Benjumea, da Universidade de Antioquia (Colômbia), que inclui pesquisadores como Eduardo Atalah e Carlos Grandí, para criação de uma curva de ganho de peso gestacional para adolescentes. Este trabalho está em fase de finalização para submissão.

Juntamente ao professor Gilberto, também estou trabalhando na criação de uma curva de ganho de peso gestacional internacional, com foco em países de baixa e média renda, em um projeto liderado pelo professor Wafaie Fawzi, da Universidade de Harvard. Finalmente, continuo me dedicando ao CONMAI, como participante da curadoria de dados e coordenadora de um dos eixos de trabalho.

Durante quase cinco anos do projeto das curvas de GPG, publicamos quatro artigos, apresentamos quinze resumos em congressos, orientamos quatro alunas de iniciação científica,

participamos de inúmeras apresentações sobre o projeto e sobre as curvas, e preparamos diferentes produtos para disseminar e facilitar o uso das curvas pelas gestantes e por profissionais de saúde, tais como um aplicativo *online*, uma calculadora em Excel, e um aplicativo para Android/iOS, que estará disponível em breve para *download*.

Nesta tese, apresentamos os três principais produtos do projeto publicados até o momento. Este documento contempla as seguintes seções: introdução, justificativa, objetivos (geral e específicos), hipóteses, métodos, resultados - apresentados sob a forma dos três artigos publicados, e considerações finais.

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÕES E IMPORTÂNCIA DO GANHO DE PESO GESTACIONAL

1.1.1 Definições

O GPG total é definido como a quantidade de peso que uma mulher ganha entre a concepção e o parto, e é um dos ajustes fisiológicos da gestação (VISWANATHAN et al., 2008). O monitoramento do GPG é uma das condutas recomendadas pelo MS para avaliação nutricional de gestantes no âmbito do SUS (BRASIL, 2013), considerando que o GPG é visto como um fator modificável para minimizar a ocorrência de desfechos maternos e infantis adversos (KOMINIAREK; PEACEMAN, 2017).

O **quadro 1** apresenta conceitos que serão utilizados ao longo do texto, com as definições de cada um deles, para melhor compreensão de alguns dos conceitos fundamentais ao estudo do GPG.

Quadro 1. Conceitos fundamentais ao estudo do ganho de peso gestacional.

Termo	Definições
Peso pré-gestacional	▪ Refere-se ao peso da mulher antes da concepção ▪ É útil em cenários nos quais a mulher tem acesso a balanças e é capaz de medir seu peso com frequência
Idade gestacional	▪ Medida de tempo de gestação, geralmente calculada com base na data da última menstruação ▪ Deve ser confirmada com base em resultado de ultrassonografia, preferencialmente realizada até 20 semanas de gestação
Estatura materna	▪ Maior indicador da superfície corporal total e comprimento dos ossos ▪ Medida comumente obtida no início da gestação, utilizada para cálculo do índice de massa corporal pré-gestacional
Peso ao nascer	▪ Parâmetro utilizado para avaliar as condições de saúde do recém-nascido e indicador importante para saúde infantil ▪ Comumente medido em gramas ▪ A partir dele, desfechos perinatais importantes, tais como pequeno/grande para idade gestacional, baixo peso ao nascer e macrossomia são determinados

Fonte: LOHMANN; ROCHE; MARTORELL, 1988; OMS, 1995; AMORIM et al., 2008.

Para calcular o ganho de peso desde a concepção, recomenda-se que o peso pré-gestacional seja utilizado (IOM, 1990; AMORIM et al., 2008). Entretanto, como medidas de peso da mulher antes de engravidar não estão comumente disponíveis (AMORIM; LACERDA; KAC, 2007), em muitas situações o peso autorrelatado é utilizado para cálculo. Há ainda a possibilidade de se utilizar uma medida de peso realizada nas primeiras semanas de gestação, prática adotada em muitos estudos (HEADEN et al., 2017). Para calcular o GPG total deve ser utilizado o peso medido 1-2 dias antes do parto. Todavia, em muitas situações, faz-se uso do último peso registrado na caderneta de acompanhamento da gestante, medido dias ou semanas antes do parto, ou o peso medido na admissão hospitalar (quando houve perda de líquido amniótico), ou ainda o peso relatado pela mulher (AMORIM et al., 2008; HEADEN et al., 2017).

O cálculo do GPG depende da acurácia do peso inicial e do peso final utilizado. Utilizar valores de GPG inacurados pode enviesar as estimativas da associação entre GPG e desfechos de interesse, em estudos analíticos (atenuação das medidas de associação). Na prática clínica, pode levar ao aconselhamento inadequado acerca das recomendações de GPG pelo profissional de saúde (HUTCHEON et al., 2012; HUTCHEON; BODNAR, 2018). Desta forma, a origem das medidas de peso utilizadas no cálculo do GPG, bem como as limitações relacionadas ao uso de cada uma delas, deve ser considerada.

A idade gestacional é utilizada para calcular a taxa de ganho de peso em períodos gestacionais específicos, para a determinação de desfechos neonatais (tais como PIG e GIG) e é fundamental na construção de curvas de referência que demonstram as trajetórias do GPG de acordo com a idade gestacional (OHUMA; ALTMAN, 2019a;b). A utilização de medidas de idade gestacional enviesadas pode comprometer seriamente a estimativa da taxa de GPG, o processo de monitoramento e, novamente, as estimativas de associação entre GPG e desfechos adversos de interesse (HUTCHEON et al., 2012).

A estatura materna é utilizada no cálculo do IMC pré-gestacional, obtido pela divisão do peso pré-gestacional, em kg, pelo quadrado da estatura, em metros (OMS, 1995). A construção de curvas de monitoramento do GPG e o estabelecimento de recomendações de ganho de peso são determinadas com base no IMC pré-gestacional e a medida da estatura materna é imprescindível (IOM 1990; 2009). Em geral, recomenda-se utilizar a estatura medida antes da concepção, ou ainda no início da gestação, pois é comum serem observadas reduções na estatura ao longo do período (IOM, 1990; AMORIM et al., 2008).

Finalmente, o peso ao nascer (PN), reflexo do crescimento intrauterino, é comumente utilizado em estudos de GPG. O GPG é um dos determinantes do PN, em conjunto com outros

fatores, como potencial genético de crescimento, nutrição materna, nível socioeconômico, estatura materna, função placentária, tabagismo e consumo de álcool na gestação e morbidades maternas (KRAMER, 1987; BLACK et al., 2013). Por esta razão e pela facilidade de obtenção da medida, o PN é um dos principais desfechos utilizados em estudos que avaliam o impacto de desvios do GPG.

Há diversas formas de se calcular os indicadores de GPG, de acordo com as variáveis disponíveis. O **quadro 2** apresenta um resumo de três destes indicadores, e suas principais características. O GPG total é o indicador mais comum. Sua estimativa depende da duração da gestação, e a idade gestacional na última medida de peso precisa ser considerada (HUTCHEON et al., 2012). Idealmente, o GPG total precisa ser calculado com o peso medido na data do parto. Para a construção de curvas de monitoramento, a utilização do ganho de peso cumulativo é mais comum, e a principal vantagem desse indicador é o fato de poder ser calculado em qualquer momento da gestação, desde que haja informação sobre o peso inicial, seja ele medido próximo à concepção ou relatado pela mulher (IOM, 2009). A taxa de ganho de peso pode ser um indicador particularmente útil para avaliar mudanças entre duas consultas de pré-natal. A taxa mede a velocidade de ganho entre as consultas e pode ser usada para identificar mulheres que necessitem de intervenções sobre o GPG, a fim de garantir que ganhem dentro dos valores esperados (AMORIM; LACERDA; KAC, 2007; AMORIM et al., 2008).

Outros indicadores menos usados atualmente estão descritos em IOM (1990) e em Amorim et al. (2008). A escolha pela forma de cálculo do GPG dependerá dos dados disponíveis e do objetivo do estudo e da finalidade do indicador, mas é necessário atentar para as vantagens e limitações de cada um deles.

O **quadro 3** apresenta as definições dos desfechos maternos e infantis comumente utilizados em estudos de GPG. É importante mencionar que, para desfechos como PIG, GIG e nascimento pré-termo, a qualidade da estimativa de idade gestacional é fundamental. Inacurácia nessas estimativas pode levar à sub ou superestimação das prevalências de PIG, GIG e pré-termo. Para PIG e GIG, outra questão relevante é a seleção da curva de referência utilizada para definição dos percentis, que pode levar a mudanças na prevalência destes indicadores. No Brasil, tem se tornado cada vez mais comum a adoção da curva do *INTERGROWTH-21st* (VILLAR et al., 2014), que incluiu dados de Pelotas (RS) na sua amostra, para classificação destes desfechos.

A definição da medida de GPG e estimativa da idade gestacional são informações fundamentais na construção de curvas de monitoramento, portanto, todas as definições apresentadas anteriormente precisam ser cuidadosamente consideradas. Ademais, para

definição de recomendações de GPG, o equilíbrio entre os riscos de ocorrência de desfechos maternos e infantis precisa ser considerado (OHADIKE et al., 2016).

Quadro 2. Descrição de diferentes indicadores para expressar o ganho de peso gestacional.

Indicador	Fórmula para cálculo	Características
Ganho de peso gestacional total	GPGT = Peso medido antes do parto - Peso pré-gestacional	▪ Indicador mais comum e fácil de calcular ▪ Não pode ser usado para identificar o padrão de ganho de peso materno durante a gestação ▪ Pouco útil para monitoramento e intervenções durante a gestação porque só pode ser calculado no fim do terceiro trimestre ▪ Utilizado para pesquisa e vigilância nutricional ▪ Influenciado pela duração da gestação
Ganho de peso gestacional cumulativo	GPGc = Peso medido na consulta - Peso pré-gestacional	▪ Comumente usado na construção de curvas de monitoramento do ganho de peso gestacional ▪ Pode ser calculado em qualquer momento da gestação ▪ Depende de uma medida prévia de peso (pré-gestacional ou no primeiro trimestre)
Taxa de ganho de peso gestacional	Taxa de GPG = (Peso no ponto 2 – peso no ponto 1) / (Idade gestacional no ponto 2 – idade gestacional no ponto 1)	▪ Permite o cálculo da velocidade de ganho entre dois momentos ▪ Não requer medida de peso pré-gestacional ▪ Remove a dependência entre o ganho de peso e a idade gestacional ▪ Requer uma estimativa acurada da duração da gestação ▪ Usado na pesquisa e, eventualmente, na vigilância nutricional ▪ Potencialmente útil para rastreamento e prática clínica quando a taxa é calculada em um ponto da gestação que permite intervenções sobre o GPG

Fonte: Adaptado de IOM (1990) e AMORIM et al. (2008).
Abreviaturas: GPG: ganho de peso gestacional.

Quadro 3. Desfechos maternos e infantis comumente associados a desvios no ganho de peso gestacional.

Desfecho	Definição
Diabetes *mellitus* gestacional	Intolerância a carboidratos de gravidade variável, que se inicia na gestação atual e não preenche os critérios diagnósticos do diabetes mellitus.
Síndrome hipertensiva da gestação	Aumento da pressão arterial que se manifesta apenas durante a gravidez, eventualmente acompanhada da retenção de líquidos e proteinúria. O termo inclui a hipertensão gestacional, pré-eclâmpsia sobreposta à hipertensão crônica, e a doença hipertensiva específica da gravidez (pré-eclâmpsia/eclâmpsia).
Parto cesáreo	Procedimento cirúrgico originalmente desenvolvido para salvar a vida da mãe e/ou da criança, quando ocorrem complicações durante a gestação ou parto.
Retenção de peso pós-parto	Calculada como a diferença do peso da mãe em determinado período pós-parto (3, 6 ou 12 meses) e o peso pré-gestacional ou peso aferido até a 13ª semana gestacional.
Baixo peso ao nascer	Recém-nascidos cujo peso ao nascer é inferior a 2.500g.
Macrossomia	Recém-nascidos cujo peso ao nascer é igual ou superior a 4.000g.
Pequeno para idade gestacional	Recém-nascidos cujo peso ao nascer de acordo com a idade gestacional materna é inferior ao percentil 10 de determinada curva de referência.
Grande para idade gestacional	Recém-nascidos cujo peso ao nascer de acordo com a idade gestacional materna é superior ao percentil 90 de determinada curva de referência.
Nascimento pré-termo	Nascimento que ocorre antes de 37 semanas de gestação.

Fonte: OMS, 1992; ACOG, 2002; BARBOSA et al., 2003; OMS, 2010; OMS, 2013.

1.1.2 Composição, determinantes e padrão de ganho de peso gestacional

O GPG é normal e necessário para o crescimento adequado e desenvolvimento do feto, bem como para as mudanças que ocorrem no organismo materno durante a gestação e subsequente lactação. Os componentes do GPG incluem os produtos da concepção (feto, placenta e líquido amniótico), acúmulo de tecidos maternos (crescimento do útero e mamas, expansão do volume sanguíneo e do fluido extracelular) e reserva de gordura corporal materna (IOM, 2009) (**Figura 1**).

Em 2009, para definição de novas faixas de GPG, o Instituto de Medicina americano (do inglês, *Institute of Medicine*, IOM) considerou que cada produto da concepção representava determinada parte do GPG (**Quadro 4**). Essa divisão é referente a mulheres com IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m^2, cujo GPG total era de 12,5 kg e cujos filhos nasceram com peso entre 2,5 – 5kg (HYTTEN; CHAMBERLAIN, 1991). Nessa divisão, observa-se que os produtos da concepção podem ser distintos de acordo com a presença de intercorrências, tais como o acúmulo de líquidos comum em gestantes com síndromes hipertensivas da gestação (SHG), que serão descritas na seção 1.1.3 (SIEGA-RIZ et al., 2020).

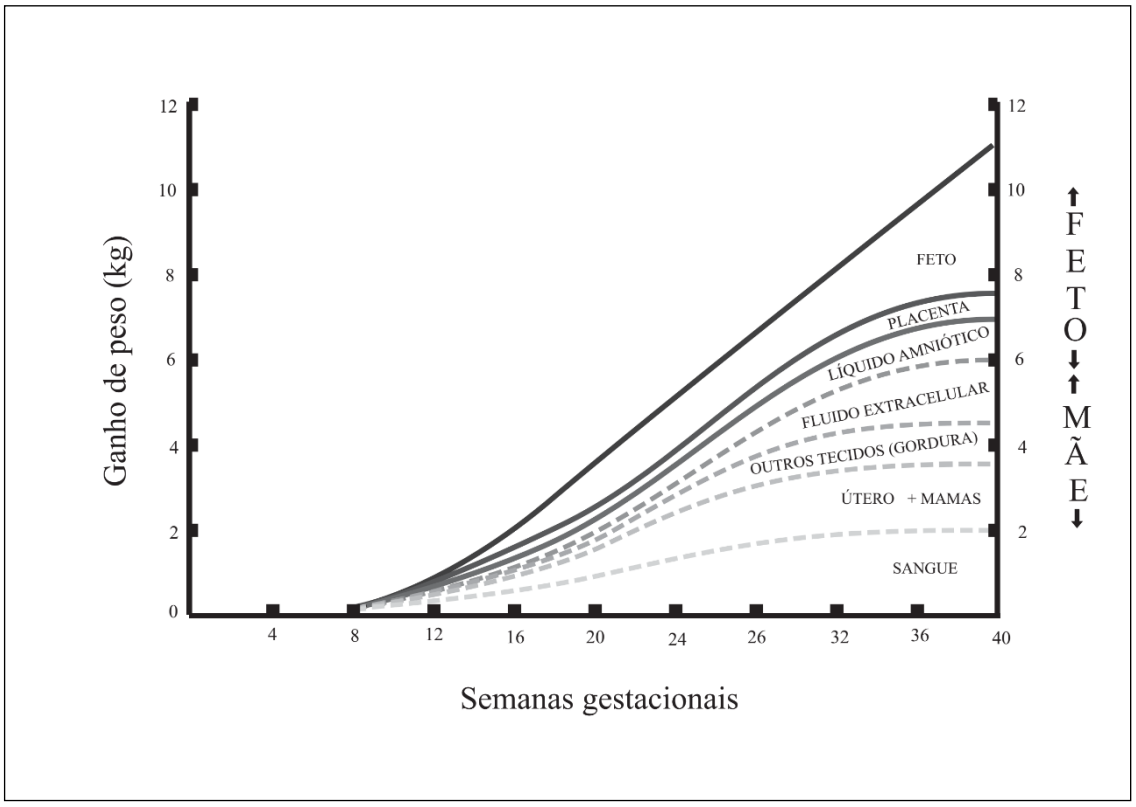

Figura 1. Componentes do ganho de peso gestacional
Nota: Traduzida de PITKIN, 1976.

Os componentes maternos do GPG (água corporal total, massa gorda e massa livre de gordura) possuem padrões distintos de variação ao longo da gestação. O acúmulo de água corporal total é altamente variável e corresponde a 7 ou 8 litros em gestações saudáveis (HYTTEN; CHAMBERLAIN, 1991). Esse componente é diretamente afetado pela presença de edema, que parece ser mais comum em mulheres com sobrepeso e obesidade (IOM, 2009). O acúmulo de proteínas (massa livre de gordura) ocorre principalmente no final da gestação e se dá no feto, mas também no útero, sangue, placenta e mamas (HYTTEN; CHAMBERLAIN,

1991). Já o acúmulo de gordura ocorre preferencialmente acima dos quadris, nas costas e nas coxas, até a 30ª semana gestacional. A maior parte da gordura acumulada na gestação parece ser subcutânea (SOHLSTROM; FORSUM, 1995; IOM, 2009).

Quadro 4. Peso em quilogramas estimado para cada componente do ganho de peso gestacional.

Produto da concepção	Peso estimado (kg)
Feto	3,4 (2,5 – 5,0)
Placenta	0,65
Líquido amniótico	0,80
Tecidos maternos (útero, glândulas mamárias)	1,38
Sangue (plasma e hemácias)	1,45
Depósito de gordura materno	3,35
Líquido extracelular	1,48*

*Na presença de edema, poderia chegar até 4,7 kg.
Fonte: Hytten e Chamberlain (1991).

Parte do GPG pode ser atribuído ao elevado depósito de gordura corporal ou à retenção de líquidos de maneira excessiva. O acúmulo de gordura materna durante a gestação serve como reserva para proteger o feto de privações nutricionais e garantir a lactação após o nascimento. Embora o acúmulo de gordura esteja relacionado ao tamanho fetal, GPG excessivo não é capaz de aumentar substancialmente o peso ao nascer e a duração da gestação (IOM, 2009). De fato, GPG excessivo contribui para a retenção de tecido adiposo no pós-parto (LAWRENCE; MCKILLOP; DURNIN, 1991; SCHOLL et al., 1995), importante preditor do desenvolvimento de obesidade em médio e longo prazos (KAC et al., 2004; LINNE et al., 2004).

O GPG pode ser influenciado pela fisiologia e metabolismo materno e pelo metabolismo placentário. Ademais, é influenciado por fatores socioeconômicos, culturais, ambientais, psicológicos e comportamentais (**Figura 2**). A exposição a muitos destes determinantes ocorre ao longo do curso da vida (IOM, 2009).

Fatores como estado nutricional pré-gestacional, idade, número de consultas de pré-natal, consumo alimentar, renda e fumo estavam positivamente associados ao GPG, enquanto idade da menarca estava negativamente associada, tanto no Brasil (RODRIGUES et al., 2008), como em outros países (HERRING et al., 2012; GUILLOTY et al., 2015; MASLOVA et al., 2015). Estudo sobre avaliação da qualidade da assistência pré-natal no município do Rio de Janeiro, realizado em 2007-2008 com 1.168 gestantes, mostrou que os fatores que aumentaram

a chance de GPG excessivo foram baixo nível socioeconômico, não ter companheiro e apresentar sobrepeso ou obesidade pré-gestacional (FRAGA; THEME FILHA, 2014).

Mais recentemente, dados de uma coorte canadense foram utilizados para avaliar preditores do GPG, e além do estado nutricional pré-gestacional e paridade, fatores como dificuldade em controle emocional, consumo de alimentos do tipo *fast food*, falta de planejamento sobre o GPG, opinião da família acerca do consumo alimentar da gestante, e comer na frente da tela estavam associados a maiores chances de GPG excessivo (MCDONALD et al., 2020; FENG et al., 2021; YU et al., 2021).

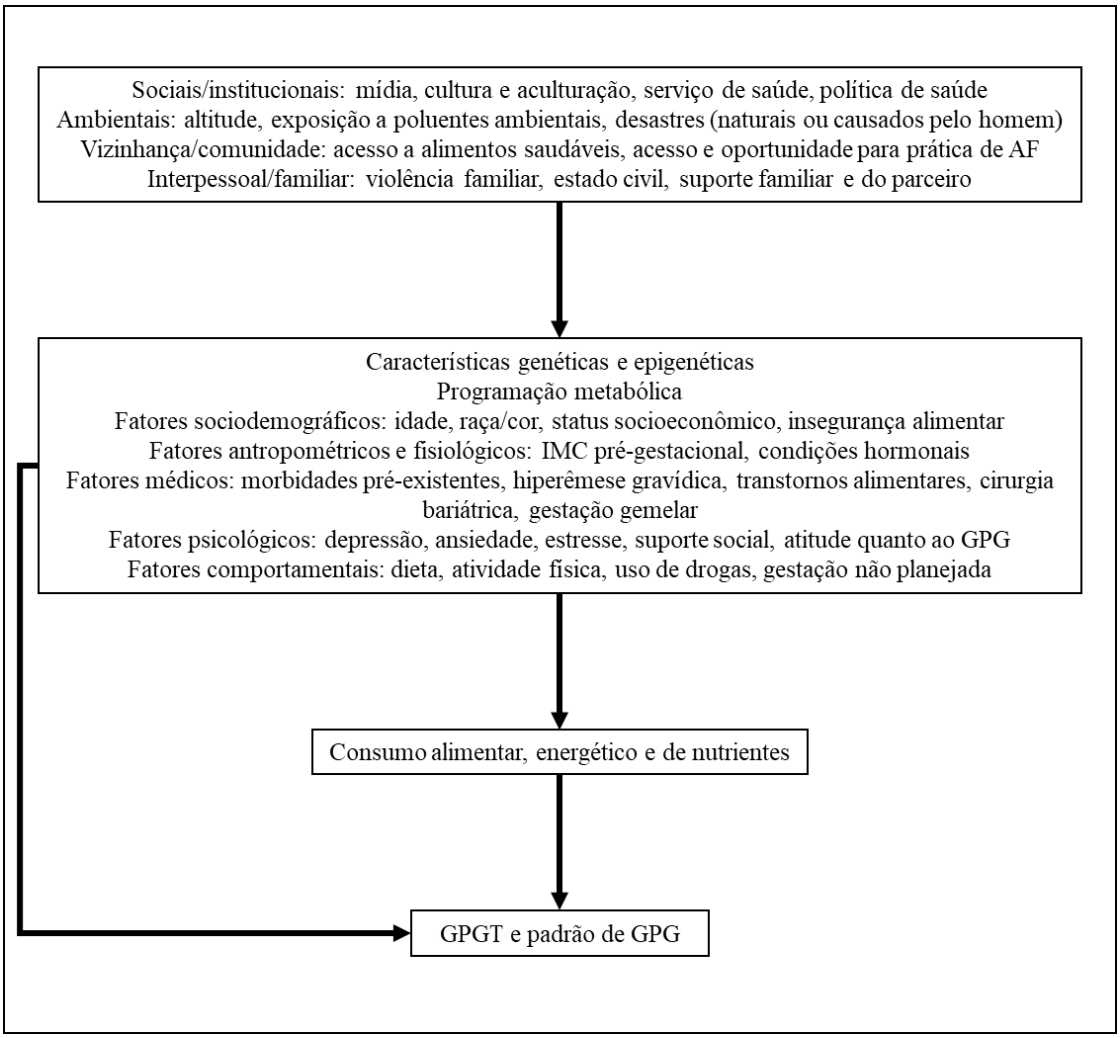

Figura 2. Determinantes do ganho de peso gestacional.
Nota: Adaptado de IOM, 2009;
Abreviaturas: AF; atividade física; GPG: ganho de peso gestacional; GPGT: ganho de peso total; IMC: índice de massa corporal.

O estado nutricional pré-gestacional é o determinante do GPG mais estudado e explorado. A trajetória de GPG pode ser modificada pelo estado nutricional materno pré-

gestacional. Dessa forma, mulheres que iniciam a gestação com baixo peso apresentam (ou deveriam apresentar) GPG maior do que aquelas classificadas como eutróficas. Essas, por sua vez, apresentam ganhos maiores do que gestantes com sobrepeso pré-gestacional, que também apresentarão ganhos maiores do que as mulheres classificadas com obesidade (IOM, 1990; IOM 2009). O estado nutricional possui a capacidade de modificar a trajetória de GPG e a associação desse indicador com desfechos maternos e infantis adversos (IOM, 2009). Por essa razão, a maioria das curvas de monitoramento e recomendações de GPG criadas desde 1990 foram estratificadas pelas categorias de IMC pré-gestacional (IOM, 1990; IOM, 2009; HUTCHEON et al., 2015; CHEIKH-ISMAIL et al., 2016; JOHANSSON et al., 2016; SANTOS et al., 2018; HUANG et al., 2019).

O aconselhamento profissional quanto ao ganho de peso, e o acompanhamento nutricional também parecem ser fatores determinantes para que o GPG ocorra dentro dos valores recomendados, sobretudo em mulheres com obesidade (COZZI et al., 2020; SIEGA-RIZ et al., 2020). Desta forma, garantir que o atendimento pré-natal inclua o monitoramento do GPG e intervenções sejam realizadas assim que desvios forem identificados pode ajudar a minimizar o impacto de tais desvios sobre a saúde materno-infantil.

Estudos sobre o padrão de GPG devem considerar a divisão da gestação em trimestres. No primeiro deles (até 13 semanas), o ganho de peso é relativamente pequeno. As recomendações do IOM de 2009 foram baseadas em estudos que consideraram ganhos entre 0,5 e 2 kg neste período (SIEGA-RIZ; ADAIR; HOBEL, 1994; ABRAMS; CARMICHAEL; SELVIN, 1995; CARMICHAEL; ABRAMS; SELVIN, 1997). Algumas publicações mais recentes relatam valores entre 0,22 kg (RIFAS-SHIMAN et al., 2017) e 3,0 kg (BORIBOONHIRUNSARN, 2017), e existe a possibilidade de perda de peso no período, em decorrência de náuseas e vômitos, sintomas muito comuns no início da gestação (IOM, 1990). Durante o segundo trimestre, a taxa de GPG aumenta substancialmente e atinge o pico. No terceiro trimestre, a taxa de GPG sofre pequena redução, e permanece constante até a data do parto (IOM, 1990; ABRAMS; CARMICHAEL; SELVIN, 1995; CARMICHAEL; ABRAMS; SELVIN, 1997).

Na prática clínica, não é possível avaliar a composição do GPG. Da mesma forma, não há estudos recentes que avaliem esta composição ou estimem valores de peso para cada produto da concepção. Entretanto, identificar os determinantes dos desvios do GPG aos quais a mulher está exposta, e identificar aquelas sob risco de desenvolverem desfechos associados a esses desvios é fundamental. Portanto, o monitoramento do GPG ao longo do pré-natal, desde o primeiro trimestre, é de vital importância.

1.1.3 Associação do ganho de peso gestacional com desfechos materno-infantis adversos

O GPG pode exercer impacto sobre a saúde materna e infantil em curto, médio e longo prazos. Em curto prazo, há evidências de que desvios no GPG aumentam o risco de ocorrência de nascimentos PIG, GIG, pré-termo, com BPN ou macrossomia, além de parto cesáreo (HAN et al., 2011; MCDONALD et al., 2011; GOLDSTEIN et al., 2017; GOLDSTEIN et al., 2018). Em médio e longo prazo, destaca-se o impacto do GPG acima das recomendações sobre o excesso de peso na infância e vida adulta dos filhos (NEHRING; LEHMANN; VON KRIES, 2013; LAU et al., 2014; MAMUN; MANNAN; DOI, 2014).

Entre 2011 e 2021, foram conduzidas algumas revisões sistemáticas e metanálises sobre a associação entre GPG e desfechos maternos e infantis adversos. Em busca no PubMed/Medline, mais de 200 artigos foram identificados utilizando os termos "*gestational weight gain*", "*weight gain*", "*pregnancy/gestation*" e "*systematic review*". De forma geral, os resultados desses estudos evidenciam a importância do monitoramento deste indicador ao longo do pré-natal, visando garantir redução no risco de diversos desfechos adversos, tanto para a mãe, quanto para a criança. Dentre os estudos identificados sobre o tema, aqueles relacionados aos desfechos de interesse (PIG, GIG, nascimento pré-termo, retenção de peso pós-parto [RPP], diabetes *mellitus* gestacional [DMG], parto cesáreo e obesidade infantil) são apresentados a seguir (**Quadro 5**). As revisões selecionadas, em sua maioria, avaliam a associação entre o GPG total acima/abaixo das recomendações do IOM, de 1990 ou 2009, e desfechos infantis adversos e são restritas a mulheres adultas, em gestação de feto único.

A associação entre GPG e PN é bem estabelecida e, sem dúvidas, a mais explorada nesses estudos. GPG acima das recomendações do IOM está associado a ocorrência de neonatos com macrossomia e GIG. O GPG abaixo das recomendações, por sua vez, está associado ao risco de neonatos PIG ou com BPN (HAN et al., 2011; MCDONALD et al., 2011; FAUCHER; BARGER, 2015; XU, Z. et al., 2017; ROGOZINSKA et al., 2019). Esta relação, segundo estudos mais recentes, pode ser diferente de acordo com a categoria de IMC pré-gestacional (GOLDSTEIN et al., 2017). O PN, apesar de representar as consequências do GPG em curto prazo, está associado a riscos de desfechos em longo prazo. O nascimento de crianças PIG parece estar associado a risco aumentado de doenças cardíacas e problemas no desenvolvimento cognitivo, sobretudo se a criança nasce com peso para idade nos percentis mais extremos da distribuição (≤ P3) (MCINTIRE et al., 1999; LUNDGREN; TUVEMO, 2008). O nascimento de neonatos GIG ou com macrossomia foi associado a maiores chances de diabetes e obesidade na vida adulta, e maior risco de complicações obstétricas fatais (HENRIKSEN, 2008; PAULSON et al., 2014).

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos.

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
HAN et al., 2011	GPG total ou taxa de GPG semanal, classificado como "baixo" de acordo com o limite inferior das recomendações do IOM (2009), estratificado ou não por IMC	Nascimento pré-termo	▪ GPG total e semanal abaixo das recomendações, bem como menor média de GPG total, estava associado a maior risco de nascimento pré-termo
MCDONALD et al., 2011	GPG total ou taxa de GPG semanal, classificado como "elevado" de acordo com o limite superior das recomendações do IOM (2009), estratificado ou não por IMC	Nascimento pré-termo	▪ GPG total acima das recomendações estava associado a menor risco de nascimento pré-termo ▪ GPG semanal acima das recomendações estava associado a maior risco de nascimento pré-termo
NEHRING et al., 2011*	GPG classificado em acima/abaixo das recomendações do IOM (1990 ou 2009)	RPP contínua. Os seguintes intervalos temporais pós-parto foram analisados: < 6, 6-12, 34-36 meses e > 15 anos	▪ Mulheres que ganharam peso abaixo das recomendações apresentaram menor RPP em qualquer intervalo avaliado, enquanto aquelas que ganharam acima das recomendações apresentaram maior RPP, em relação àquelas que ganharam de acordo com as recomendações ▪ GPG abaixo das recomendações estava associado à RPP até 6 meses

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
NEHRING et al., 2013*	GPG classificado em acima/abaixo das recomendações do IOM (1990 ou 2009)	Sobrepeso/obesidade infantil (sem especificação de faixa etária, utilizando diferentes curvas para classificar IMC/idade)	▪ GPG acima das recomendações estava associado a maior risco de sobrepeso/obesidade na criança ▪ Não se observou linearidade da associação entre GPG acima/abaixo das recomendações e sobrepeso/obesidade infantil
MAMUN; MANNAN; DOI, 2014*	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (1990 ou 2009)	Obesidade na infância e adolescência (< 5 e 5-18 anos) e vida adulta (>18 anos), utilizando diferentes curvas para classificação do IMC/idade)	▪ Filhos de mulheres que ganharam peso dentro ou acima das recomendações apresentaram maior risco de obesidade ▪ GPG abaixo das recomendações reduziu o risco de obesidade apenas para indivíduos nas faixas de 5-18 e > 18 anos de idade ▪ GPG acima das recomendações estava associado ao risco aumentado de obesidade em todas as faixas etárias avaliadas
LAU et al., 2014	GPGT, taxa de GP, GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (1990 ou 2009)	Escores z de IMC para idade ou sobrepeso/obesidade (definido a partir da classificação do IMC/idade por diferentes curvas) entre crianças e adolescentes (2 - 18,9 anos)	▪ Maior GPG total estava associado a maiores escores z de IMC/idade, e maior risco de sobrepeso/obesidade ▪ Maiores taxas de GPG até 20 semanas de gestação estavam associadas a maiores escores z de IMC/idade e maior risco de sobrepeso ▪ Crianças que nasceram de mães que ganharam peso acima das recomendações apresentaram maiores escores z de IMC/idade e maior risco de sobrepeso/obesidade, comparados aos filhos de mãe que ganharam peso dentro das recomendações ▪ Não houve associação clara entre GPG abaixo das recomendações e os desfechos estudados

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
KAPADIA et al., 2015*[a]	Perda de peso em mulheres com IMC ≥ 30 kg/m^2, em relação ao ganho dentro das recomendações do IOM (2009)	PIG (< P10 ou < P3) e GIG (> P90 ou > P97)	▪ Em relação às mulheres com obesidade que ganharam peso dentro das recomendações, aquelas que apresentaram perda de peso tiveram maior chance de darem à luz neonatos PIG, e as chances diminuíram conforme o IMC aumentou (sem significância estatística). Essas mulheres também apresentaram menores chances de darem à luz neonatos GIG ▪ Mulheres com perda de peso apresentam maiores chances de PIG (< P3) e menores chances de GIG (> P97), parto cesáreo e distocia de ombro ▪ Os autores não recomendam perda de peso em mulheres com obesidade devido às chances aumentadas de PIG e BPN
BRUNNER et al., 2015*	GP antes do diagnóstico de DMG, classificado de acordo com as recomendações do IOM (1990 ou 2009), em "excessivo" (acima das recomendações) ou "não excessivo" (abaixo/de acordo com as recomendações)	Diagnóstico de DMG (diferentes critérios)	▪ Mulheres com GPG acima das recomendações antes do diagnóstico apresentaram maiores chances de DMG, quando comparadas àquelas com GPG dentro e abaixo das recomendações ▪ Não houve modificação do efeito do GP sobre as chances de DMG de acordo com o estado nutricional (IMC) pré-gestacional ▪ Não foi observada associação entre GPG acima das recomendações e DMG quando mulheres com GP abaixo das recomendações eram retiradas do grupo de comparação

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
FAUCHER; BARGER, 2015	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (1990/2009) entre mulheres com obesidade pré-gestacional	PIG, GIG e parto cesáreo	▪Mulheres com GPG abaixo das recomendações apresentaram risco reduzido de darem à luz neonatos GIG. Conforme o grau de obesidade aumentava e o GPG diminuía, o risco de GIG também diminuía, principalmente quando havia perda de peso (exceto para obesidade grau III) ▪O aumento do GPG reduziu o risco de nascimentos PIG, sobretudo entre mulheres com obesidade grau I. Para obesidade grau II, mesmo GPG abaixo das recomendações não representava aumento no risco de nascimentos PIG; para grau III, mesmo mulheres sem GPG, o risco para PIG não aumentava ▪ Mulheres com GPG acima das recomendações apresentaram maior risco parto cesáreo, e aquelas com GPG abaixo das recomendações apresentaram redução do risco deste desfecho
FAUCHER et al., 2016*	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (2009) entre mulheres com obesidade pré-gestacional	Nascimento pré-termo, estratificado em espontâneo/induzido (quando possível)	▪Nenhum dos estudos identificados apresentou resultados estratificados pelo grau de obesidade ▪Elevada heterogeneidade entre os estudos (apenas três foram incluídos na metanálise) ▪Mulheres com GPG acima das recomendações apresentaram maiores chances de nascimento pré-termo induzido ▪Os autores reforçam a necessidade de separar nascimento pré-termo espontâneo de induzido nos estudos e avaliar a associação entre GPG e este desfecho considerando os diferentes graus de obesidade

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
XU et al., 2016*	GP insuficiente (perda de peso e ganho abaixo das recomendações do IOM de 2009) em mulheres com IMC ≥ 30 kg/m^2, estratificado de acordo com os graus de obesidade	PIG	▪ Mulheres com obesidade que ganharam peso abaixo das recomendações (ou que perderam peso) apresentaram maior risco de darem à luz neonatos PIG quando comparadas àquelas que ganharam dentro das recomendações. Este efeito foi observado para todas os graus de obesidade; ▪ Os autores reforçam a importância de separar ganho abaixo das recomendações de perda de peso e da necessidade de se estratificar as análises de acordo com o grau de obesidade.
GOLDSTEIN et al., 2017*[b]	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (2009) e estratificado de acordo com as categorias de IMC pré-gestacional	PIG, Nascimento pré-termo (espontâneo), GIG; DMG e parto cesáreo[c]	▪ Quando comparadas às mulheres que ganharam peso dentro das recomendações, mulheres com GPG abaixo apresentaram maiores chances de darem à luz neonatos PIG, e esta associação era maior nos menores valores de IMC; aquelas que ganharam peso acima das recomendações apresentaram menores chances de nascimentos PIG, e esta associação era semelhante para todas as categorias de IMC ▪ GPG abaixo das recomendações estava associado a maior chance de nascimento pré-termo. Esta associação era mais forte para menores valores de IMC, mas significativa para todas as categorias; GPG acima das recomendações estava associado a menores chances de nascimento pré-termo, com significância apenas para as categorias de normalidade e sobrepeso

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
GOLDSTEIN et al., 2017*[b] (continuação)	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (2009) e estratificado de acordo com as categorias de IMC pré-gestacional	PIG, Nascimento pré-termo (espontâneo), GIG; DMG e parto cesáreo[c]	▪ GPG abaixo das recomendações estava associado a menores chances de nascimento GIG e esta associação também só era significativa para normalidade e sobrepeso GPG acima das recomendações estava associado a maiores chances de nascimento GIG para todas as categorias de IMC, e a associação aumentava de acordo com as categorias deste índice ▪ GPG abaixo das recomendações não apresentou associação significativa com a ocorrência de parto cesáreo; GPG acima das recomendações estava associado a maior chance de parto cesáreo para todas as categorias de IMC ▪ DMG: Os autores não conseguiram realizar metanálise para este desfecho pois as definições usadas nos estudos identificados eram muito distintas ▪ Estratificando os resultados de acordo com os três graus de obesidade, observou-se que perda de peso ou GPG abaixo das recomendações estavam associados a maiores chances de nascimento PIG e menores chances de GIG e parto cesáreo, em todos os graus de obesidade; GPG acima das recomendações em todos os graus estava associado a menores chances de nascimentos PIG e maiores chances de GIG e parto cesáreo

Quadro 5. Principais resultados de revisões sistemáticas e metanálises realizadas entre 2011 e 2021 sobre ganho de peso gestacional e desfechos maternos e infantis adversos (continuação).

Autor (ano)	Forma de avaliação do GPG	Desfechos avaliados	Principais resultados
ROGOZIŃSKA et al., 2019*[d]	GPG classificado como acima/abaixo das recomendações do IOM (2009) e estratificado de acordo com as categorias de IMC pré-gestacional. Também avaliaram quartis de distância entre as mulheres que ganham foram das recomendações	Parto cesáreo, nascimento pré-termo, PIG e GIG	▪Em relação às mulheres que ganhavam peso dentro das recomendações, aquelas com GPG acima desses valores apresentaram maiores chances de parto cesáreo, e as chances aumentaram conforme o GPG se distanciava das recomendações; GPG abaixo das recomendações não estava significativamente associado a este desfecho ▪ GPG acima das recomendações não estava associado à ocorrência de nascimentos pré-termo; GPG abaixo das recomendações estava associado a maiores chances de pré-termo, e esta associação também aumentava conforme o GPG se afastava das faixas das recomendações ▪GPG acima das recomendações estava associado a menores chances de nascimento PIG e as chances eram ainda menores conforme o GPG se afastava das recomendações; GPG abaixo das recomendações estava associado a maiores chances de nascimento PIG ▪GPG acima das recomendações estava associado a maiores chances de nascimento GIG e as chances eram maiores conforme o GPG se afastava das recomendações; GPG abaixo das recomendações não estava associado de forma significativa a ocorrência de GIG

Nota: *metanálises; a. existe uma segunda revisão sistemática, do mesmo grupo de pesquisadores, no mesmo ano, com achados semelhantes (KAPADIA et al., 2015b); b. há uma revisão deste mesmo grupo, publicada em 2018 (GOLDSTEIN et al., 2018), que apresenta resultados semelhantes, estratificados de acordo com a origem dos estudos (EUA/Europa e Ásia); c. macrossomia também foi um desfecho secundário explorado nesta revisão; d. trata-se de metanálise de dados individuais de diferentes estudos.
Abreviaturas: BPN: Baixo peso ao nascer; DMG: Diabetes *mellitus* gestacional; GPG: Ganho de peso gestacional; GIG: Grande para idade gestacional; IOM: Instituto de Medicina americano (*Institute of Medicine)*; PIG: Pequeno para idade gestacional; PN: peso ao nascer; RPP: retenção de peso pós-parto.

A associação entre GPG e nascimento pré-termo apresenta alguns resultados controversos nas revisões selecionadas. O GPG abaixo das recomendações está associado a maior chance de nascimento pré-termo, em todas as categorias de IMC (HAN et al., 2011; GOLDSTEIN et al., 2017; GOLDSTEIN et al., 2018; ROGOZINSKA et al., 2019). Entretanto, o GPG acima das recomendações poderia estar associado a menor (MCDONALD et al., 2011; GOLDSTEIN et al., 2017; GOLDSTEIN et al., 2018) ou maior chance de ocorrência deste desfecho (FAUCHER et al., 2016). A questão que surge nos estudos que avaliam esta relação é que muitos não consideram a correlação existente entre o GPG total e a duração da gestação, isto é, menor duração da gestação representa um intervalo menor para ganho de peso, e o inverso também é verdadeiro (STAMM; COPPELL; PATERSON, 2020). Ignorar tal correlação pode levar à associação espúria entre baixo GPG e qualquer desfecho que dependa da idade gestacional, como é o caso do nascimento pré-termo (HUTCHEON et al., 2012; HUTCHEON; BODNAR, 2018). Nestes casos, considerar ajustes por idade gestacional no modelo de análise (menos recomendado) ou considerar o valor esperado de GPG até o parto para determinar a adequação deste indicador são abordagens apropriadas (HUTCHEON et al., 2012; STAMM; COPPELL; PATERSON, 2020; FARIAS et al., 2021) Ademais, na maioria das revisões identificadas, não foi possível separar nascimentos pré-termo espontâneos de nascimentos induzidos e os mecanismos pelos quais o GPG estaria associado a cada um deles também seria distinto. Desta forma, pode-se explicar a ausência de consenso sobre a existência e direção da associação entre GPG e este desfecho.

Outro tema controverso na literatura apresentado nas revisões identificadas é a perda de peso entre gestantes classificadas com obesidade de acordo com o IMC pré-gestacional (ou no início da gestação). Duas revisões publicadas pelo mesmo grupo em 2015 concluíram que não era seguro recomendar perda de peso ou mesmo ganhos abaixo das faixas recomendadas pelo IOM (2009) para estas gestantes, em decorrência das chances aumentadas de nascimento pré-termo e de neonatos PIG (KAPADIA et al., 2015a; b). Estes resultados foram reforçados nos estudos de Goldstein et al. (2017) e Goldstein et al. (2018), e conflitam com os achados de Faucher e Barger (2015). Mesmo com estes resultados conflitantes, de forma geral, entre mulheres que iniciam a gestação com obesidade, o GPG é recomendado e necessário para reduzir a ocorrência de desfechos adversos para a criança. Estas mulheres (e aquelas com sobrepeso pré-gestacional) carecem de acompanhamento nutricional contínuo ao longo do pré-

natal, visando garantir que ganhem peso dentro das recomendações (FAUCHER; BARGER, 2015; GODOY; NASCIMENTO; SURITA, 2015; ROGOZINSKA et al., 2019).

Ainda em relação aos desfechos infantis, há evidências da associação do GPG e obesidade na infância, adolescência e vida adulta (NEHRING; LEHMANN; VON KRIES, 2013; LAU et al., 2014; MAMUN; MANNAN; DOI, 2014). Diversos mecanismos explicam esta relação e são apontados nestas revisões. Entretanto, diversos estudos falham por não considerar o IMC pré-gestacional como modificador de efeito da relação entre GPG e obesidade infantil. Além disso, muitos não consideram o papel de fatores genéticos e ambientais, como o ambiente obesogênico que a criança estaria exposta, que poderiam explicar e/ou atenuar esta associação (LAU et al., 2014; MAMUN; MANNAN; DOI, 2014).

Quanto aos desfechos maternos, a revisão de Nehring et al. (2011) evidencia a associação entre GPG e RPP. O GPG parece estar associado à retenção de peso mesmo quando medida muitos anos após o parto. A RPP é o desfecho mais comum utilizado para representar o lado materno em estudos que buscam identificar faixas de GPG que considerem o equilíbrio entre desfechos maternos e infantis (NOHR et al., 2008; NOHR et al., 2009; LAN-PIDHAINY; NOHR; RASMUSSEN, 2013). Revisões mais recentes têm falhado ao não considerar este desfecho, provavelmente pela ausência de dados maternos no período pós-parto, sobretudo durante o primeiro ano de vida da criança. Ademais, muitos estudos sobre esta associação não incorporam o tempo decorrido no pós-parto e o status de aleitamento materno, que precisam ser considerados na análise desta associação (BAKER et al., 2008).

A relação entre GPG e ocorrência de parto cesáreo também foi investigada em algumas das revisões apresentadas no **quadro 5**. Apesar de a definição deste tipo de parto não ser consensual entre os diferentes estudos, os resultados apontam para a associação entre GPG acima das recomendações do IOM, e maiores chances de ocorrência de parto cesáreo (FAUCHER; BARGER, 2015; GOLDSTEIN et al., 2017; ROGOZINSKA et al., 2019). Ademais, GPG abaixo das recomendações está associado a menor risco deste tipo de parto em mulheres com obesidade pré-gestacional (FAUCHER; BARGER, 2015). Todavia, é importante mencionar que os estudos dessa relação deveriam separar a ocorrência de partos cesáreos de emergência de procedimentos eletivos, o que permitiria estimar de fato a associação entre GP e este desfecho adverso (IOM, 2009).

Apenas uma das revisões selecionadas trata da relação entre GPG e ocorrência de DMG. Os resultados desse estudo indicam que mulheres com GPG acima das recomendações do IOM

antes do diagnóstico de DMG (que geralmente ocorre entre 24-28 semanas) apresentaram maiores chances de desenvolverem a doença (BRUNNER et al., 2015). Um dos mecanismos capazes de explicar essa associação seria o fato de que o ganho de peso rápido no início da gestação poderia resultar em resistência à insulina, que levaria à exaustão das células beta pancreáticas. Essa exaustão poderia reduzir a capacidade dessas células em secretar níveis adequados de insulina para compensar a resistência que ocorre com a evolução da gestação, e, portanto, levar ao desenvolvimento do DMG (HEDDERSON; GUNDERSON; FERRARA, 2010). Uma questão fundamental a ser considerada em estudos que investigam a associação entre GPG e DMG é que apenas o ganho de peso até o diagnóstico do DMG deve ser utilizado como variável de exposição, visto que causalidade reversa poderia ocorrer. Em outras palavras, após o diagnóstico de DMG, a mulher tende a modificar sua trajetória de ganho de peso (geralmente de acordo com orientações do profissional de saúde que a acompanha), e esta mudança levaria a atenuação (ou não existência) da associação entre GPG total e DMG (HUTCHEON et al., 2012; BRUNNER et al., 2015; HUTCHEON; BODNAR, 2018).

Não foi identificada, até o momento, revisão sistemática que se dedique a avaliar a associação entre GPG e SHG. A questão da causalidade reversa também se aplica a esses estudos, visto que após o diagnóstico de SHG, a trajetória de ganho de peso pode ser modificada. Alguns estudos recentes se dedicaram a avaliar esta associação, considerando o GPG até o momento do diagnóstico. Hutcheon et al. (2018), em estudo conduzido entre mais de 62.000 mulheres suecas, observaram que o GPG antes do diagnóstico estava associado à ocorrência da doença, especialmente pré-eclâmpsia tardia. Os autores apontam que um dos mecanismos capazes de explicar esta relação é o fato de que GPG excessivo estar associado a concentrações aumentadas de marcadores inflamatórios, que, por sua vez, poderiam estar associados à ocorrência de pré-eclâmpsia (HUTCHEON et al., 2018). Macdonald-Wallis et al. (2013) examinaram dados de mais de 12 mil mulheres participantes do *Avon Longitudinal Study of Parents and Children* (ALSPAC) e observaram que o ganho de peso no início da gestação estava associado ao risco de desenvolvimento de hipertensão gestacional e pré-eclâmpsia. É importante ressaltar que a relação entre GPG e SHG pode ser bidirecional, visto que as doenças incluídas nesta classificação também podem levar a aumentos abruptos no peso, principalmente devido à retenção de líquidos (HUTCHEON; BODNAR, 2018).

Além dos desfechos mencionados nos principais estudos aqui apresentadas, revisões sistemáticas realizadas nos últimos anos indicam que desvios no GPG total podem estar

associados ao descolamento prematuro de placenta (ADANE et al., 2019); dificuldade em iniciar e continuar o aleitamento materno (HUANG ; OUYANG; REDDING, 2019); transtorno do espectro autista (KHEIROURI; ALIZADEH, 2020); alterações na composição da microbiota intestinal materna e infantil (DREISBACH; PRESCOTT; ALHUSEN, 2020); habilidade cognitiva da criança (MARTÍNEZ-HORTELANO et al., 2020); ocorrência de sintomas depressivos na gestação (DACHEW; AYANO; ALATI, 2020); e dermatite atópica na infância (CHEN et al., 2021).

Até o final de 2021, não foram identificadas revisões sistemáticas ou metanálises que avaliassem a associação entre o ganho de peso em cada trimestre gestacional e desfechos adversos. Alguns estudos realizados a partir de 2014 avaliaram a relação entre o ganho de peso no início da gestação e desfechos de saúde, sobretudo para a criança, da primeira infância até a adolescência. Gaillard et al. (2016) demonstraram que o ganho de peso elevado durante o início da gestação estava associado a maior adiposidade e a um perfil cardiometabólico adverso (definido como maior IMC, maior circunferência de cintura, maior pressão arterial sistólica e diastólica, maior índice de HOMA-IR, maiores níveis de glicose, triglicerídeos e LDL colesterol e menor nível de HDL colesterol) durante a adolescência.

Karachaliou et al. (2015) identificaram que o ganho de peso durante o primeiro trimestre estava positivamente associado ao IMC da criança durante a primeira infância. Esses autores também observaram que o maior GPG neste período estava associado a medidas de adiposidade e a maior pressão diastólica aos quatro anos de idade. Mais recentemente, estudo realizado entre mulheres chinesas demonstrou que apenas o peso materno nas primeiras 20 semanas gestacionais estava positivamente associado ao PN. Esse resultado destaca a importância do GP no início da gestação como determinante do crescimento infantil (RETNAKARAN et al., 2018).

Lau et al. (2014) mencionam dois mecanismos capazes de explicar os efeitos do GPG excessivo no início da gestação sobre o peso dos filhos: (i) as taxas elevadas de GPG durante o período inicial da gestação aumentariam a deposição de gordura na mãe, e poderiam alterar o ambiente intrauterino no desenvolvimento dos tecidos adiposos fetais; (ii) o depósito excessivo de gordura materna poderia reduzir a sensibilidade à insulina e tolerância à glicose, o que levaria à maior concentração de glicose materna, e exporia o feto ao maior suprimento de glicose. Essa exposição, associada a maior transferência de lipídios da mãe para a criança, alteraria o desenvolvimento dos adipócitos do feto, resultando em aumento permanente da capacidade de

formar novas células adiposas após o nascimento. Os autores reforçam que mais estudos seriam necessários para investigar de que forma o ganho de peso durante o 1º trimestre poderia exercer maior impacto sobre a saúde infantil. Todavia, mesmo sem conhecer claramente de que forma o ganho do 1º trimestre influencia o peso da criança do parto até a adolescência, ganhar peso de maneira adequada durante o 1º trimestre gestacional pode ser um fator importante para minimizar o impacto do GPG sobre desfechos adversos.

Estudos realizados em países de média e alta renda encontraram associação entre o GPG no segundo e terceiro trimestre e PN, duração da gestação e repercussões em longo prazo na saúde infantil (VON KRIES et al., 2013; WALTER et al., 2015; RETNAKARAN et al., 2018). No Brasil, apenas um estudo sobre a associação entre GPG em cada trimestre e desfechos adversos foi realizado até o momento. Drehmer et al. (2013), utilizaram dados de 2.244 mulheres participantes do Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional, e observaram que o GPG no segundo e terceiro trimestre, e o GPG total estavam associados com o nascimento de crianças GIG. Ademais, o GPG excessivo no terceiro trimestre estava fortemente associado ao risco de nascimento pré-termo e parto cesáreo (DREHMER et al., 2013).

1.2 INSTRUMENTOS PARA MONITORAMENTO E RECOMENDAÇÕES DE GANHO DE PESO GESTACIONAL

Ohadike et al. (2016) identificaram 12 curvas de GPG publicadas para nove países desde 1985, em revisão sistemática publicada em 2016. Os autores avaliaram a qualidade de curvas publicadas para mulheres da África do Sul, Alemanha, Argentina, Bélgica, Estados Unidos, Hong Kong, Malawi, Reino Unido e Suíça. Apenas três das curvas identificadas se referem a mulheres de países de baixa e média renda (THERON; THOMPSON, 1990; WONG et al., 2000; XU et al., 2014). Os autores concluíram que eram necessários estudos futuros com melhor qualidade, que criassem padrões de ganho de peso, ao invés de curvas de referência, e que adotassem pontos de corte para recomendações (OHADIKE et al., 2016).

Na América Latina, a criação de curvas para monitoramento do estado nutricional durante a gestação é comum desde a década de 1980 (**Quadro 6**). Fescina utilizou dados de 43 gestantes uruguaias e propôs uma curva descritiva de ganho de peso por idade gestacional em 1983 (FESCINA, 1983). Nesse mesmo documento, apresentou uma tabela por meio da qual, com uma medida de peso, era possível conhecer a adequação do peso em qualquer momento da

gestação, sem necessitar do peso pré-gestacional ou habitual. A publicação consiste em uma primeira tentativa de se conhecer os padrões de ganho de peso de gestantes latino-americanas. Estas mesmas curvas foram revisadas em 1997 (FESCINA, 1997), incluindo o percentil 25, que não aparecia na publicação original.

Em 1985, Rosso (1985) criou uma curva baseada na adequação percentual de peso para estatura segundo idade gestacional (ROSSO, 1985). Essa curva tinha como referência a tabela do *Metropolitan Life Insurance*, e foi construída a partir dos dados de mulheres saudáveis que deram à luz recém-nascidos vivos sem má-formação congênita. Gestantes que apresentassem 100% do peso 'padrão' na 12ª semana de gestação deveriam ter, ao final da gravidez, adequação de 120% do peso ideal para a estatura para garantir crescimento fetal adequado. Em 1997, em estudo realizado entre 1.745 gestantes chilenas também aparentemente saudáveis, que deram à luz entre 39 e 41 semanas de gestação, Mardones e Rosso (1997) validaram a curva criada em 1985 e criaram um novo gráfico de adequação do peso 'padrão' por semana gestacional, dividido em faixas de acordo com os pontos de corte da tabela do *Metropolitan Life Insurance*. Essas curvas de percentual de adequação do peso em relação à estatura eram limitadas a mulheres que apresentassem valores entre 140 e 170 cm e peso entre 30 e 100 kg. Essa mesma curva foi recriada em 1999, considerando o IMC por semana gestacional e os mesmos pontos de corte para divisão do gráfico (MARDONES et al., 1999). Um compêndio das curvas publicadas por esses autores pode ser encontrado em Mardones e Rosso (2005).

Ainda nessa década, também em 1997, a curva de Atalah et al. (1997) foi publicada. A curva, baseada no IMC por idade gestacional, foi criada a partir de dados de 665 mulheres chilenas entre 10 e 42 semanas de gestação. A curva delimitou quatro áreas de evolução do estado nutricional – baixo peso, peso adequado, sobrepeso e obesidade – sendo os pontos de corte com seis semanas gestacionais equivalentes a 20, 25 e 30 kg/m^2. Estimou-se o ganho de peso cumulativo associado ao menor risco para a gestante e ao feto (para gestantes eutróficas, 20% do peso inicial), sendo, posteriormente, transformado em IMC. O estudo de validação abrangeu 883 gestantes chilenas, com resultados favoráveis ao seu uso (ATALAH; CASTRO, 2004).

Nos anos 2000, Grandi, Luchtenberg e Sola (2007), na Argentina, utilizaram dados de 243 mulheres para criar uma curva de IMC por idade gestacional, semelhantes às curvas de Atalah et al. (1997). As curvas foram criadas utilizando o método de polinomiais fracionais, e apresentavam os percentis da distribuição (P3, 10, 25, 50, 75, 90 e 97) sem a divisão em faixas,

conforme a curva chilena. Os autores também propuseram uma tabela com faixas de GPG por semana e trimestre. O GPG total estimado era de aproximadamente 12,5 kg (± 3,1). Entretanto, as faixas de GPG deste estudo tinham caráter descritivo, pois foram definidas sem considerar valores que reduziriam a ocorrência de desfechos maternos e infantis adversos. Os autores também não consideraram o estado nutricional pré-gestacional para definição destas faixas.

Calvo et al. (2009) estudaram 1.090 mulheres argentinas e criaram curvas de peso e IMC utilizando o método Lambda-Mu-Sigma (LMS). Os autores apresentaram percentis e escores *z* para peso e IMC ao longo da gestação e tabela para incremento do peso por semanas gestacionais. Apesar de representarem um avanço em termos de delineamento do estudo (longitudinal) e análise estatística dos dados, as curvas publicadas neste trabalho não consideram o estado nutricional pré-gestacional materno, que seria capaz de modificar substancialmente as trajetórias de peso e o incremento de peso observado pelos autores.

Entre 1990 e 2020, outras curvas para monitoramento do estado nutricional foram publicadas para gestantes latino-americanas, principalmente chilenas, porém, menos difundidas e utilizadas (GONZÁLEZ et al., 2004; LAGOS et al., 2011), portanto não serão descritas neste material. Desde 2016, quatro novas curvas de GPG foram identificadas, ao se realizar busca na literatura utilizando as mesmas estratégias da revisão de Ohadike et al. (2016). Duas delas incorporam dados de vários países: a curva do INTERGROWTH-21st (CHEIKH-ISMAIL et al., 2016), criada a partir de dados de oito países, incluindo o Brasil; e a curva de Santos et al. (2018), criada para mulheres da Europa, América do Norte e Oceania. As demais foram construídas para uso local (Suécia, JOHANSSON et al., 2016; e China, HUANG et al., 2019).

A curva do INTERGROWTH-21st foi publicada em 2016 com o propósito de servir como uma curva internacional de GPG, apenas para gestantes classificadas como eutróficas de acordo com o IMC no início da gestação (9-14 semanas) (CHEIKH-ISMAIL et al., 2016). Trata-se de curva prescritiva, criada com dados de 3.097 mulheres, que precisavam atender a mais de 30 critérios de elegibilidade para participação no estudo (VILLAR et al., 2013). Apesar de inicialmente apresentar o potencial para utilização em vários países, visto que se trata de um padrão de GPG que refletiria a quantidade de peso que mulheres saudáveis, que deram à luz crianças também saudáveis, deveriam ganhar, a curva apresenta duas limitações importantes que a tornam de difícil implantação nos sistemas de saúde: (i) contempla apenas mulheres classificadas como eutróficas de acordo com o IMC no início da gestação; (ii) inicia em 14 semanas e não considera a possibilidade de ganho de peso no primeiro trimestre.

Na maioria dos casos, os instrumentos criados não são recomendações de GPG, mas ferramentas para seu monitoramento, de forma direta ou indireta, via IMC. O principal instrumento atualmente disponível de recomendações de GPG segue sendo o publicado pelo IOM. As recomendações de GPG do IOM continuam sendo a ferramenta mais utilizada em vários países, inclusive o Brasil (SCOTT et al., 2014). Em 1990, o IOM publicou sua primeira recomendação sobre ganho de peso na gestação. Foram estabelecidos como pontos de corte do estado nutricional pré-gestacional as adequações de 90%, 120% e 135% de peso para altura das tabelas do *Metropolitan Life Insurance* de 1959 e definidos da seguinte forma, segundo o IMC (kg/m^2): baixo peso; se IMC <19,8; peso normal, se entre 19,8 e 26,0; sobrepeso, se entre 26,0 e 29,0; e obesidade, se >29,0 (IOM, 1990). Foram recomendadas faixas de ganho de peso diferenciadas segundo a categoria de estado nutricional: 12,5 a 18 kg para baixo peso, 11,5 a 16 kg para peso adequado, 7 a 11,5 kg para sobrepeso e ≥ 6,8 kg para obesidade (IOM, 1990). Gestantes de baixa estatura (< 157 cm) deveriam ganhar o valor inferior das faixas e gestantes adolescentes e de cor/raça preta deveriam ganhar os limites superiores. Desde a publicação em 1990, diversos estudos avaliaram a adequação dessa recomendação e concluíram que está associada a resultados favoráveis para as mães e recém-nascidos (SIEGA-RIZ et al., 2009).

Em 2009, o IOM revisou as recomendações de ganho de peso publicadas em 1990 nos seguintes aspectos: (i) foram incluídos desfechos relacionados à mulher, além dos relacionados à criança, (ii) os pontos de corte de IMC pré-gestacional passaram a ser os recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), (iii) houve modificação do ganho de peso para mulheres obesas, e (iv) não foram mais propostas distinções no ganho de peso para adolescentes ou grupos étnicos/raciais. As faixas de ganho de peso passaram a ser: 12,5 a 18 kg, para gestantes com baixo peso; 11,5 a 16 kg, para gestantes eutróficas; 9 a 11,5 kg para gestantes com sobrepeso; e 5 a 9 kg para gestantes com obesidade (IOM, 2009). A inclusão de desfechos infantis (para além do BPN) e maternos, como tipo de parto, complicações gestacionais e RPP, representaram uma importante mudança na forma de definir recomendações de GPG (SIEGA-RIZ et al., 2020). Entretanto, como o próprio comitê destaca, as diretrizes são destinadas ao uso entre mulheres norte-americanas e foram definidas a partir de diversos estudos com diferentes desenhos e tamanhos amostrais realizados principalmente entre estas gestantes (IOM, 2009).

Quadro 6. Curvas latino-americanas para monitoramento do estado nutricional durante a gestação.

Autor, ano	Local	Tamanho amostral	Indicadores utilizados	Principais características
Fescina, 1983[a]	Montevidéu, Uruguai	43 gestantes (1.003 medidas de peso)	Ganho de peso por semana gestacional (curva); índice de peso atual sobre peso de referência, por idade gestacional (curva e tabela)	▪ Tentativa de sistematizar o padrão de GPG e de criar um sistema independente do relato da mulher sobre o peso pré-gestacional ou peso habitual ▪ Pequeno tamanho amostral e características da população estudada não foram apresentadas (difícil generalização dos resultados) ▪ Métodos para construção das curvas não estão claros e não são propostos pontos de corte baseados na capacidade de predizer desfechos adversos
Rosso, 1985[b]	Estados Unidos e Chile	262 gestantes norte-americanas; validada entre gestantes chilenas (tamanho amostral não informado)	Percentual de peso para estatura por semana gestacional	▪ Apenas mulheres jovens (20 – 25 anos), sem complicações capazes de afetar o crescimento fetal, que deram à luz crianças à termo foram selecionadas ▪ Ao final da gestação, mulheres com 100% do peso 'padrão' deveriam ganhar 20% do peso (aproximadamente 12 kg). Mulheres com peso superior ao padrão (120%) deveriam ganhar, no mínimo, 7 kg ▪ Apenas um limite inferior de GPG (e não faixas) foi estabelecido e a prioridade da curva era garantir o nascimento de crianças com peso > 3.000g ▪ Não incluíram mulheres com adequação do peso acima de 140%

Quadro 6. Curvas latino-americanas para monitoramento do estado nutricional durante a gestação (continuação).

Autor, ano	Local	Tamanho amostral	Indicadores utilizados	Principais características
Mardones e Rosso 1997[c]	Chile	1.745	Percentual de peso para estatura por semana gestacional, dividido em faixas	▪ Recriação da curva de 1985, incluindo faixas separadas por estado nutricional baseadas nas tabelas do *Metropolitan Life Insurance* ▪ Incluíram gestantes com idade ≥ 19 anos, em gestação de feto único, aparentemente saudáveis, que deram à luz entre 39 e 41 semanas a crianças com peso entre 3.000 e 4.000 g ▪ Mantiveram a recomendação de GPG das curvas de 1985: aproximadamente 12 kg para baixo peso e normalidade e 7 kg para sobrepeso e obesidade ▪ Limites de peso e estatura são iguais aos da curva de 1985, o que restringe o uso da ferramenta, sobretudo para gestantes com obesidade
Atalah et al., 1997[d]	Chile (6 consultórios da região metropolitana)	665	IMC por idade gestacional (curva e tabela)	▪ IMC para as primeiras semanas classificado de acordo com pontos de corte distintos dos propostos pela Organização Mundial da Saúde (1995) ▪ Mulheres aparentemente saudáveis com até 14 semanas de gestação foram incluídas no estudo ▪ Métodos para construção das curvas não estão claramente apresentados. Os autores mencionam considerar aumento de 20% de peso para as mulheres com normalidade, e valores distintos para baixo peso e sobrepeso/obesidade ▪ Os pontos de corte usados para classificação demonstraram associação com indicadores de composição corporal, mas não há avaliação da capacidade das curvas em predizer resultados maternos e fetais

Quadro 6. Curvas latino-americanas para monitoramento do estado nutricional durante a gestação (continuação).

Autor, ano	Local	Tamanho amostral	Indicadores utilizados	Principais características
Grandi, Luchtenberg e Sola, 2007	Buenos Aires, Argentina	243 (1.920 medidas de peso)	IMC por idade gestacional (curvas); peso por idade gestacional e GP total e por trimestre (tabelas)	▪ Apenas mulheres que iniciaram o pré-natal antes de 16 semanas, e que deram à luz crianças com PN acima de 3 kg foram incluídas ▪ Consideraram o peso até 16 semanas como proxy do peso pré-gestacional ▪ Não utilizaram pontos de corte de IMC para divisão da curva; apresentam apenas os percentis da distribuição (P3, 10, 25, 50, 75, 90 e 97) ▪ Não consideraram a associação do GPG com desfechos maternos adversos para definir as faixas de GPG e não consideraram o estado nutricional pré-gestacional nesta definição
Calvo et al., 2009	Argentina (7 regiões urbanas)	1.090	Peso e IMC (curvas); ganho de peso por faixas de semana gestacional (tabela)	▪ Não observaram diferenças no GPG entre mulheres que iniciaram a gestação com baixo peso, normalidade ou sobrepeso ▪ Apresentaram instrumentos distintos para monitoramento do estado nutricional (curvas de peso e IMC) e recomendações de ganho de peso (tabela de incremento por faixas de idade gestacional) ▪ Definiram pontos de corte para IMC considerando a capacidade de predição do peso ao nascer, e resultados demonstraram baixa sensibilidade deste índice ▪ Incluíram mulheres que desenvolveram diabetes mellitus gestacional ou síndromes hipertensivas da gestação

Nota: a. curva foi publicada novamente com mais percentis em 1997 (FESCINA, 1997); b. foram adotadas em 1987 pelo governo chileno sob o nome de curvas de Rosso e Mardones (RM); c. validação das curvas de 1985, originaram curvas de IMC por idade gestacional em 1999; d. validadas por ATALAH e CASTRO (2004).
Abreviaturas: IMC: índice de massa corporal; GPG: ganho de peso gestacional.

De acordo com o estudo de Scott et al. (2014), muitos países latino-americanos, incluindo o Brasil, adotam algumas das curvas de monitoramento anteriormente mencionadas e as recomendações do IOM de 1990 ou 2009 (ou valores similares). Os autores observaram que, apesar de a maioria dos países avaliados apresentar políticas de monitoramento do GPG ou alguma preocupação acerca deste indicador, a falta de consenso sobre quais recomendações adotar era comum.

Em 2019, o projeto *LifeCycle*, que reúne estudos realizados na Europa, América do Norte e Oceania, publicou valores de GPG 'ótimos' baseados em uma metanálise de dados individuais, em uma tentativa de fornecer recomendações distintas daquelas publicadas pelo IOM em 2009 (VOERMAN et al., 2019). O estudo também apresentou faixas de GPG para mulheres classificadas nos diferentes graus de obesidade. O **quadro 7** apresenta uma comparação entre os valores propostos pelo projeto e as faixas de GPG do IOM (2009). Apesar de contar com elevado tamanho amostral e dados de diferentes países, o estudo falhou ao não incorporar desfechos maternos no pós-parto (como a RPP) e em considerar que os diferentes desfechos adversos apresentam a mesma severidade, na criação de um indicador composto.

Quadro 7. Comparação entre as faixas de ganho de peso gestacional recomendadas pelo Instituto de Medicina americano (2009) e as faixas definidas pelo projeto *LifeCycle*.

Classificação do IMC pré-gestacional (kg/m^2)	**Recomendações de GPG do IOM (2009) (kg)**	**Faixas 'ótimas' definidas pelo LifeCycle project (2019) (kg)**
Baixo peso (< 18,5)	12,5 – 18,0	14,0 – < 16,0
Normalidade (≥ 18,5 e < 25,0)	11,5 – 16,0	10,0 – < 18,0
Sobrepeso (≥ 25,0 e < 30,0)	7,0 – 11,5	2,0 – < 16,0
Obesidade (≥ 30,0)	5,0 – 9,0	--
Obesidade grau I (≥ 30,0 e < 35,0)		2,0 – < 6,0
Obesidade grau II (≥ 35,0 e < 40,0)		0 – < 4,0*
Obesidade grau III (≥ 40,0)		0 – < 6,0

Notas: *Nessa categoria, perda de peso seria permitida.
Abreviaturas: IMC: Índice de Massa Corporal IOM: Instituto de Medicina americano (*Institute of Medicine)*.

1.2.1 Brasil: histórico dos instrumentos utilizados no país desde 1980

O Brasil vem adotando, desde a década de 1980, ferramentas para monitoramento do estado nutricional e recomendações de GPG criadas para outros países. A **figura 3** apresenta a cronologia dos protocolos adotados pelo MS.

Em 1987, o MS adotou a Curva de Rosso (1985) para avaliação antropométrica de gestantes na assistência pré-natal (BRASIL, 1988). Apesar de ter sido validada para a população brasileira (TADDEI et al., 1991), a curva superestimava a desnutrição materna e apresentava limitações que dificultavam seu uso em serviços de atenção básica, como a estatura máxima de 1,75 m e adequação peso/altura máxima de 130% (AMORIM; LACERDA; KAC, 2007).

No ano de 2000, o estudo de Fescina (1997) foi incorporado como método na assistência pré-natal pelo MS (BRASIL, 2000). O instrumento consistia em quatro curvas correspondentes aos percentis 10, 25, 50 e 90. A cada consulta da gestante, o peso atual era subtraído do peso pré-gestacional e o aumento de peso obtido era registrado no cartão da gestante segundo a idade gestacional. Era considerada adequada a curva entre os percentis 25 e 90 do gráfico, independentemente do IMC pré-gestacional. Como mencionado anteriormente, o estudo de Fescina tinha como importantes limitações o pequeno tamanho amostral e a fundamentação em tabelas de referência peso/idade e a não consideração do estado nutricional pré-gestacional (FESCINA, 1983; FESCINA, 1997).

Apesar dessas limitações, apenas em 2005 o protocolo foi alterado. O MS adotou, então, a combinação de dois métodos de avaliação do estado nutricional de gestantes: a curva de Atalah et al. (1997) e as recomendações do IOM (1990). As orientações aos profissionais de saúde eram o diagnóstico do estado nutricional gestacional, utilizando a tabela de IMC por idade gestacional de Atalah et al. (1997) e a realização da estimativa do ganho de peso recomendado, segundo o IOM (1990) (BRASIL, 2005).

Uma vantagem da utilização da curva de Atalah et al. (1997) é a possibilidade de avaliar a gestante em qualquer idade gestacional de início do pré-natal e a possibilidade de calcular o ganho de peso até o final da gestação. Entretanto, o estudo de Kac et al. (2009) mostrou baixa sensibilidade dos pontos de corte da curva para predizer desfechos gestacionais adversos, como BPN, PIG e GIG entre mulheres brasileiras. Ademais, essa ferramenta, por adotar pontos de corte diferentes para classificação do estado nutricional no início da gestação, classificaria mulheres com ganho de peso excessivo como adequado, o que poderia contribuir para a epidemia de sobrepeso e obesidade observada entre mulheres brasileiras nas últimas décadas

(IBGE, 2020). Desta forma, seriam necessários novos métodos para monitorar o estado nutricional das gestantes brasileiras.

Em 2011, com a revisão dos protocolos para coleta de dados antropométricos no âmbito do SISVAN (BRASIL, 2011), e, em seguida, com a elaboração das últimas versões do manual técnico para gestações de alto (BRASIL, 2012) e baixo risco (BRASIL, 2013), a recomendação do IOM de 1990 foi substituída pela recomendação atualizada, de 2009. Entretanto, para as gestantes classificadas com obesidade pré-gestacional, em gestações de alto risco, o valor recomendado de GPG é de 7 kg (BRASIL, 2012). Nesses mesmos documentos, a utilização da curva de Atalah et al. (1997) foi mantida.

Até o momento, o MS continua adotando instrumentos criados em outros países para avaliação das gestantes brasileiras, principalmente pela escassez de estudos nacionais com dados suficientes para embasar a substituição dessas ferramentas. Portanto, os resultados desta tese permitirão a substituição do sistema de monitoramento de GPG utilizado no país.

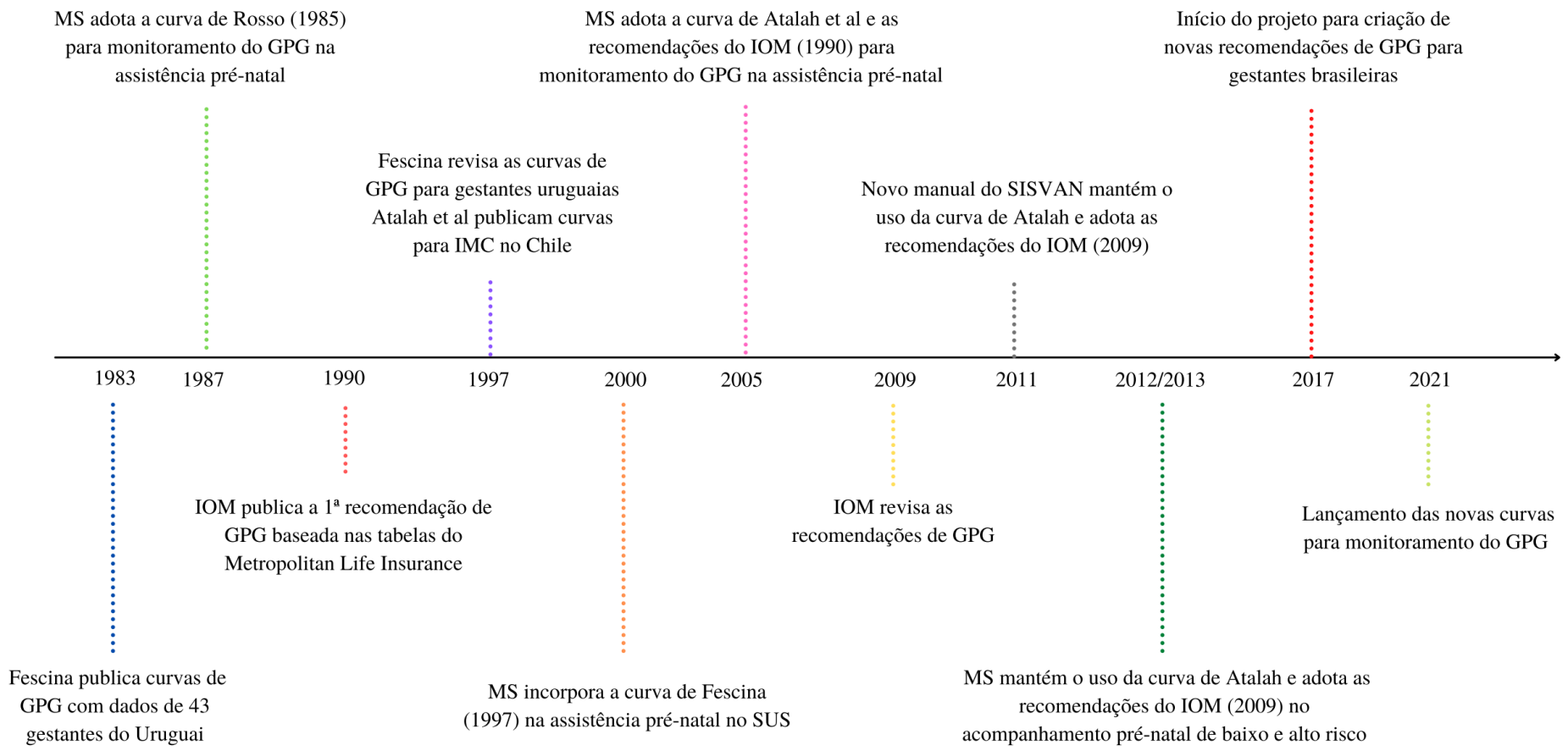

Figura 3. Cronologia dos protocolos para monitorar o ganho de peso gestacional adotados pelo Ministério da Saúde.
Abreviaturas: GPG: Ganho de peso gestacional; IOM: Instituto de Medicina americano (*Institute of Medicine)*; MS: Ministério da Saúde; SISVAN: Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional; SUS: Sistema Único de Saúde.

1.3 DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE NOVAS CURVAS DE GANHO DE PESO GESTACIONAL

A OMS não endossa uma curva de monitoramento do GPG ou recomendações que possam ser utilizadas internacionalmente, como as curvas de crescimento infantil, construídas a partir do estudo multicêntrico realizado no início dos anos 2000 (DE ONIS et al., 2007). Entretanto, recomenda que uma referência para GPG seja construída a partir de dados longitudinais em grupos de mulheres de baixo risco (OMS, 1995).

Em revisão sistemática, Ohadike et al. (2016) recomendaram que estudos para construir curvas de GPG deveriam possuir as seguintes características: desenho prospectivo; rigor em questões metodológicas como a avaliação confiável do peso pré-gestacional e da idade gestacional; descrição detalhada dos procedimentos e protocolos de medidas; descrição do cálculo de tamanho amostral; utilização de técnicas de modelagem estatística longitudinal para construção dos gráficos; e a criação de curvas utilizando escores *z* ou percentis. Ohuma e Altman (2019a) mencionam outras questões relevantes para a construção desses instrumentos, tais como a diferenciação entre curvas prescritivas e descritivas, a diferença entre curvas de tamanho e curvas de crescimento (que é o caso do GPG), o uso de dados coletados na rotina ou de dados oriundos de pesquisa, e a precisão dos percentis estimados nas curvas.

Em relação ao tipo de curva a ser adotada (se prescritiva ou descritiva), Ananth, Brandt e Vintzileos (2019) mencionam que utilizar curvas prescritivas (padrões) para monitoramento e identificação de indivíduos sob risco resultará em máxima sensibilidade, porém, com um elevado percentual de falsos positivos. O contrário ocorrerá quando se opta por curvas de referência. É importante considerar, portanto, que tipo de curva se deseja criar e quais os objetivos deste instrumento. Ademais, no limite, a construção de uma curva completamente prescritiva para GPG nunca será viável, considerando que há determinantes deste indicador de difícil mensuração. Portanto, será praticamente impossível selecionar um conjunto de mulheres completamente ‘saudáveis’, sem fatores de risco para desfechos adversos, antes, durante ou depois da gestação para criação de um padrão de GPG. Atualmente, o estudo do *INTERGROWTH-21st* pode ser considerado o único que criou uma curva que se aproxima de um padrão de GPG (CHEIKH-ISMAIL et al., 2016), mas mesmo nesse estudo, mulheres que desenvolveram desfechos pós-gestacionais (como RPP) não foram excluídas (VILLAR et al., 2013; HUTCHEON et al., 2017).

O desenho prospectivo com tamanho amostral adequado e representativo pode ser um grande desafio em um país de dimensões continentais como o Brasil. Neste caso, utilizar dados de estudos anteriores, ou ainda de sistemas de informação como o SISVAN podem representar uma oportunidade única para obtenção de dados suficientes para criação de curvas de GPG. Todavia, é preciso atentar para a qualidade das informações coletadas, sobretudo na obtenção das medidas de peso, e para a heterogeneidade que pode ser observada.

O início tardio do pré-natal no Brasil merece ser destacado, sobretudo se o uso de dados secundários for considerado. Um elevado percentual de gestantes inicia o acompanhamento pré-natal após a 12ª semana de gestação (VIELLAS et al., 2014; CARRILHO et al., 2021) e isso pode representar carência de dados suficientes para construção das curvas neste período. Curvas de GPG precisam ser iniciadas ainda no primeiro trimestre gestacional, visto que se trata de um período crítico para intervenções.

A determinação do peso pré-gestacional é outra questão relevante. Há controvérsias sobre qual informação utilizar para cálculo do GPG, e, no Brasil, não há consenso sobre a qualidade das medidas de peso autorrelatadas, sobretudo na gestação (OLIVEIRA et al., 2004; NIQUINI; BITTENCOURT; LEAL, 2013; ARAÚJO et al., 2017). Avaliar as diferentes medidas disponíveis (peso autorrelatado, peso medido no primeiro trimestre, peso habitual, ou ainda o padrão-ouro, o peso medido na data da concepção), sua qualidade e volume de informação é fundamental para embasar a decisão sobre a medida de peso a ser usada para cálculo do GPG. Ademais, as curvas e recomendações de GPG são baseadas na classificação do estado nutricional pré-gestacional, com base no IMC, que também depende de uma informação acurada de peso pré-gestacional.

A idade gestacional é outra informação fundamental para a construção de curvas e recomendações. Em geral, as curvas de monitoramento são construídas em função das semanas gestacionais, e uma medida adequadamente calculada é necessária (OHUMA; ALTMAN, 2019a). A idade gestacional pode ser determinada pela ultrassonografia, sobretudo se realizada no início da gestação (até 20-24 semanas) (PAPAGEORGHIOU et al., 2016), pela data da última menstruação (DUM), ou uma combinação de ambas. É importante atentar para o método escolhido para cálculo, pois problemas nessa variável terão repercussões sobre os instrumentos que a utilizarem.

Um desafio adicional diz respeito à definição dos modelos estatísticos a serem utilizados para construção das curvas com escores *z* ou percentis. Ohuma e Altman (2019b) oferecem uma

revisão detalhada sobre métodos estatísticos que podem ser usados para construção dessas curvas. Em 2006, a OMS também encomendou uma revisão a um grupo de especialistas sobre métodos para construção das curvas de crescimento infantil (BORGHI et al., 2006). Métodos desde os mais simples, como modelos lineares de feitos mistos, e outros mais complexos, como a combinação de polinomiais fracionais e modelos multinível podem ser considerados para a construção de curvas. Alguns desses métodos não são capazes de considerar a estrutura de correlação entre as medidas, no caso de dados longitudinais, e precisam ser utilizados com cautela, sobretudo se existe um grande número de medidas repetidas por gestante. A qualidade do ajuste do modelo, sua validação interna (isto é, a precisão de cada percentil estimado) e superajuste aos dados também deve ser avaliada e considerada, antes da decisão por determinado método (COLE, 2019; OHUMA; ALTMAN, 2019b). Desta forma, para construção de curvas de monitoramento do GPG, todas estas questões precisam ser consideradas.

2 JUSTIFICATIVA

A criação de um sistema único para monitoramento do GPG, que reflita a realidade das gestantes brasileiras, é extremamente necessária. Diversos motivos devem ser destacados: (i) o fato de que o instrumento usado para monitoramento do estado nutricional no Brasil não é adequado para a predição da ocorrência de desfechos adversos para a criança; (ii) o fato de que as recomendações de GPG atualmente em uso não foram criadas para mulheres brasileiras, e nunca foram adequadamente validadas no país; (iii) a crescente prevalência de sobrepeso e obesidade no Brasil evidenciada na última pesquisa nacional de saúde (IBGE, 2020); (iv) a influência de desvios no GPG sobre a saúde materna e infantil.

Criar curvas de GPG é uma tarefa complexa e de difícil operacionalização. São inúmeros os desafios para a construção de um instrumento que reúna o monitoramento do estado nutricional e aconselhamento sobre GPG. Até o momento, apenas o Instituto de Medicina dos Estados Unidos oferece recomendações de GPG usadas em vários países. Essas recomendações não foram criadas para as gestantes brasileiras, apesar de possuírem evidências qualificadas em favor de sua utilização. O guia do IOM de 2009 foi muito claro em apontar a necessidade da elaboração de recomendações de GPG que considerassem as especificidades das diferentes populações (IOM, 2009).

O uso de dois instrumentos para acompanhamento do estado nutricional pré-natal também é um fator que dificulta o monitoramento do ganho de peso durante a gestação. A combinação da curva de IMC de Atalah et al. (1997) e das recomendações do IOM (2009) tornam ainda mais difícil o uso destas ferramentas pelos profissionais da atenção básica para acompanhamento e aconselhamento quanto ao GPG. A criação de um instrumento que integre os dois sistemas e possa ser facilmente utilizado no SUS é uma demanda antiga do MS.

Dessa forma, esta tese poderá contribuir para uma mudança completa no acompanhamento pré-natal de gestantes brasileiras, pois se propõe a criar um instrumento único que permitirá aos profissionais de saúde monitorarem o ganho de peso durante a gestação e realizarem recomendações com base nele. Esse instrumento poderá ser incorporado às cadernetas e cartões das gestantes brasileiras, e disseminado por todo o país. Por fim, espera-se que as novas curvas possam contribuir para a redução no risco de desfechos adversos para a mãe e para a criança, em curto, médio e longo prazos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar curvas para monitoramento do GPG entre mulheres brasileiras adultas, estratificadas de acordo com o IMC pré-gestacional.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar estudos realizados com gestantes brasileiras a partir de 1990 para serem utilizados na criação e validação das curvas de GPG, harmonizar os dados desses estudos e descrever o GPG baseado nesses dados (artigo 1).
- Determinar a concordância entre o peso pré-gestacional autorrelatado e o peso medido durante o primeiro trimestre gestacional e identificar a melhor opção a ser utilizada no cálculo do GPG (artigo 2).
- Elaborar curvas nacionais de GPG e validá-las interna e externamente (artigo 3).

4 HIPÓTESES

As seguintes hipóteses foram postuladas para esta tese:

- as trajetórias de GPG são semelhantes entre mulheres de diferentes regiões do país e não há necessidade de criar curvas diferentes considerando questões geográficas;

- há mais dados de peso pré-gestacional autorrelatado disponíveis, e este peso é semelhante ao peso medido no início da gestação;

- as trajetórias de GPG são distintas de acordo com as categorias de IMC pré-gestacional.

5 MÉTODOS

O projeto maior, que inclui todos os objetivos apresentados nesta tese, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Maternidade Escola da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CAAE: 85914318.2.0000.5275). As análises foram conduzidas com dados não identificados e todos os estudos utilizados foram individualmente aprovados por seus próprios comitês de ética em pesquisa institucionais e conduzidos de acordo com os princípios da Declaração de Helsinque.

As análises de dados citadas foram conduzidas no programa estatístico Stata, versão 15 (STATACORP, 2017) e no programa R, versão 3.6 (R CORE TEAM, 2017). Alguns códigos utilizados para realização das análises estão disponíveis para acesso nas publicações e foram incluídos ao final deste documento.

5.1 CONSTITUIÇÃO DA BASE DE DADOS: IDENTIFICAÇÃO DE ESTUDOS DE COORTE REALIZADOS COM GESTANTES BRASILEIRAS

5.1.1 Identificação dos estudos

Uma revisão da literatura incluindo artigos publicados desde janeiro de 1990 a dezembro de 2018 foi realizada, a fim de identificar estudos elegíveis para criação e validação das curvas de GPG. As estratégias de busca para identificar estudos brasileiros que mediram peso ou ganho de peso durante a gravidez foram criadas no *PubMed/Medline, Web of Science, Scopus, LILACS* e *Scielo* e estão descritas no **quadro 8**. Além de estudos observacionais de seguimento (coortes), também foram pesquisados estudos transversais, de caso-controle e ensaios clínicos, uma vez que poderiam ter coletado informações sobre GPG. Pesquisas adicionais foram realizadas na Plataforma Lattes do CNPq para identificar projetos em andamento ou ainda não publicados.

Os seguintes critérios foram utilizados para que os estudos fossem incluídos no *pool* de dados: a) aprovado por comitê de ética em pesquisa; b) desenho observacional; c) conduzido no Brasil após 1990; d) com informações sobre o IMC pré-gestacional ou no primeiro trimestre e peso durante a gestação; e) realizado com mulheres adultas (≥ 18 anos), livres de doenças infecciosas; f) com tamanho de amostra de pelo menos 100 mulheres.

Quadro 8. Estratégias de busca utilizadas nas bases bibliográficas para identificação dos estudos nacionais com potencial de inclusão no *pool* de dados.

Base bibliográfica	Estratégia de busca	Resultados da última busca, realizada em 29/01/2029
PubMed/Medline	("Cohort Studies"[Mesh] OR "Longitudinal Studies"[Mesh] OR "Epidemiologic Studies"[Mesh] OR "Cross-Sectional Studies"[Mesh] OR "Clinical Trials as Topic"[Mesh] OR "Prospective Studies"[Mesh] OR "Observational Study" [Publication Type] OR cohort OR "Cross-sectional" OR "Case control" OR "Clinical trial") AND (Brazil[Title/Abstract] OR Brazil[Text Word] OR Brasil[Title/Abstract] OR Brasil[Text Word]) AND ("Pregnancy"[Mesh] OR Gestation OR pregnancy OR Gestational)	2.474
Scielo	("Cohort Studies" OR "Longitudinal Studies" OR "Epidemiologic Studies" OR "Cross-Sectional Studies" OR "Clinical Trials " OR "Observational Study" OR cohort OR "Cross-sectional" OR "Case control" OR "Prospective Studies" OR "Prospective ") AND (Brazil OR Brasil) AND ("Pregnancy" OR Gestation OR pregnancy OR Gestational)	882
Scopus	TITLE-ABS-KEY(“Cohort Studies" OR "Longitudinal Studies" OR "Epidemiologic Studies" OR "Cross-Sectional Studies" OR "Clinical Trial" OR "Prospective Studies" OR "Observational Study" OR cohort OR "Cross-sectional" OR "Case control") AND TITLE-ABS-KEY(“Brazil” OR “Brasil”) AND TITLE-ABS-KEY("Pregnancy" OR Gestation OR pregnancy OR Gestational OR Gest*)	2.639
Web of Science	((TS=(cohort OR case-control OR cross-sectional OR “clinical Trial” OR “Longitudinal study” OR “Epidemiologic Study” OR prospective OR “prospective study” OR “Observational Study”) OR TI=(cohort OR case-control OR cross-sectional OR “clinical Trial” OR “Longitudinal study” OR “Epidemiologic Study” OR prospective OR “prospective study” OR “Observational Study”)) AND (TI=(Brazil OR Brasil)) AND (TS=(pregnancy OR gestation OR gestational) OR TI=(pregnancy OR gestation OR gestational)))	499
LILACS	(tw:(cohort OR case-control OR cross-sectional OR “clinical Trial” OR “Longitudinal study” OR “Epidemiologic Study” OR prospective OR “prospective study” OR “Observational Study”) AND (ti:(pregnancy OR gestation OR gestational) OR mh:(pregnancy OR gestation OR gestational)) AND (tw:(Brasil OR Brazil))	4.798
	Total de artigos	11.292

Os estudos identificados foram salvos em uma biblioteca no EndNote e duplicatas foram removidas. Um revisor selecionou os estudos com base nos títulos e resumos dos manuscritos. Textos completos foram consultados sempre que necessário. Um segundo revisor verificou 10% dos estudos descartados para garantir que nenhum estudo elegível fosse eliminado por engano. Este procedimento não revelou nenhum novo resultado. Uma equipe de quatro revisores verificou todas as publicações selecionadas para confirmar se atendiam aos critérios de inclusão para o *pool* de dados. Nesta etapa, as seguintes informações foram extraídas dos manuscritos (quando disponíveis): local e período do estudo, tamanho da amostra, número de consultas durante a gravidez/medidas de peso, desfechos materno-infantis, outras variáveis de interesse (características sociodemográficas, por exemplo), origem das medidas antropométricas (autorreferidas, mensuradas, prontuários), disponibilidade de dados de peso pré-gestacional e critérios de elegibilidade.

Após a confirmação da elegibilidade, o coordenador do estudo foi identificado e convidado por e-mail a participar da iniciativa. No mesmo e-mail, foi utilizado um formulário padronizado para solicitação de informações adicionais sobre os estudos. Após o retorno, uma lista de variáveis predeterminadas foi solicitada ao coordenador. Depois de receber e verificar o conjunto de dados, com o respectivo dicionário, a distribuição das variáveis foi avaliada para identificar valores implausíveis ou discrepâncias. Em caso de dúvidas ou problemas com as informações recebidas, novo contato com os coordenadores era realizado.

O CONMAI foi criado considerando o potencial desses dados para responder às perguntas propostas neste projeto, mas também para novos estudos que possam subsidiar a mudança de políticas públicas na área de alimentação e nutrição. A iniciativa congrega mais de 50 pesquisadores de diferentes universidades brasileiras, incluindo até o momento mais de 35 estudos nacionais na área de nutrição materno-infantil.

5.1.2 Criação do *pool* de dados

A construção do *pool* teve como primeira etapa do processo de limpeza a análise da consistência dos dados, realizada de forma transversal e longitudinal. Nessa etapa, para cada conjunto de dados oriundo dos diferentes estudos, variáveis essenciais como datas de visitas e pesos foram verificadas quanto à ordem cronológica, distribuição estatística e dados faltantes. A idade gestacional (na consulta e no nascimento) foi padronizada e calculada de acordo com

a ultrassonografia, se tivesse sido realizada antes de 24 semanas de gestação, ou com a DUM, se a primeira não estivesse disponível. Em alguns conjuntos de dados, não foi possível calcular a idade gestacional de acordo com os critérios especificados, pois as datas não estavam disponíveis (apenas a idade já calculada).

Além disso, foi criado um dicionário de variáveis baseado em todos os estudos, a fim de padronizar o formato e as unidades de medida nos diferentes conjuntos de dados (como peso em quilogramas, idade gestacional em dias etc.). Esses conjuntos de dados foram então combinados e a frequência de todas as variáveis foi examinada para avaliar semelhanças e diferenças em suas distribuições.

5.1.3 Criação das variáveis de interesse

Após a harmonização dos conjuntos de dados, as variáveis derivadas foram criadas garantindo a consistência do processo em todos os estudos. O GPG cumulativo foi calculado pela diferença entre o peso aferido em qualquer consulta e o peso pré-gestacional autorreferido. Também se utilizou o GPG cumulativo baseado no peso medido durante o primeiro trimestre de gestação. O GPG total foi calculado usando os mesmos procedimentos e apenas mulheres com peso mensurado em até 14 dias antes do parto foram incluídas para a criação desta variável.

O IMC (kg/m^2) foi calculado dividindo o peso pré-gestacional autorreferido em kg pela altura medida em metros ao quadrado. O estado nutricional com base no IMC foi classificado de acordo com os pontos de corte da OMS como baixo peso (<18,5 kg/m^2), normalidade (≥ 18,5 e <25,0 kg/m^2), sobrepeso (≥25,0 e <30,0 kg/m^2) e obesidade (≥ 30,0 kg/m^2) (OMS, 1995).

O PN (g) foi categorizado como PIG (<percentil 10) ou GIG (>percentil 90) considerando os padrões do *INTERGROWTH-21st* específicos para idade gestacional e sexo (VILLAR et al., 2014). Além disso, foi determinada a prevalência de BPN. Os escores *z* para comprimento ao nascer também foram calculados de acordo com as curvas do *INTERGROWTH-21st* (VILLAR et al., 2014). A idade gestacional ao nascimento foi classificada em pré-termo e a termo. Informações sobre tipo de parto, hipertensão e diabetes durante a gravidez foram utilizadas como variáveis binárias. A forma como as informações foram coletadas variou de acordo com o estudo, podendo ser autorrelatadas pelas mulheres ou mensuradas.

5.1.4 Identificação de valores implausíveis

Uma avaliação detalhada de valores implausíveis (*outliers*) foi realizada para as variáveis peso e GPG. Três procedimentos foram implementados. O método condicional proposto por Yang e Hutcheon (2016) foi inicialmente utilizado para identificar *outliers* na distribuição considerando a natureza longitudinal dos dados. Essa abordagem caracteriza *outliers* que estão quatro desvios-padrão (DP) acima ou abaixo da média condicional estimada do indivíduo, a partir de um modelo de efeitos aleatórios. Além disso, médias incondicionais foram utilizadas para sinalizar observações que estivessem ± 4 DP desses valores. A terceira abordagem utilizada para identificar os *outliers* foi uma versão modificada da metodologia proposta por Shi, Korsiak e Roth (2018), que caracteriza como *outliers* as visitas nas quais os resíduos de *jackknife* (ou resíduos *studentizados*) estão fora da faixa de ± 4 após o peso ou GPG ser ajustado em função da idade gestacional em um modelo linear para cada mulher. A abordagem original foi modificada para sinalizar resíduos *jackknife* fora desta faixa em relação ao peso e distribuição GPG ajustada para a idade gestacional considerando todo o conjunto de dados.

A combinação de métodos foi necessária para identificar mulheres que tinham apenas uma única medida de peso em valores muito extremos da distribuição e, portanto, não seriam sinalizadas como *outliers* usando o método de médias condicionais. Todas as abordagens identificaram visitas nas quais as medidas de peso ou GPG eram implausíveis e permitiram a exclusão do ponto específico considerado *outlier*. As medidas identificadas como *outliers* eram excluídas se representassem um percentual inferior a 2% do total de dados, dada a impossibilidade de verificação dos valores nas fontes de dados originais.

5.1.5 Avaliação da heterogeneidade dos dados

Para verificar se o processo de harmonização foi adequado e avaliar a heterogeneidade da distribuição do GPG entre os conjuntos de dados, foram ajustados modelos multiníveis para o GPG que incluíam a idade gestacional e a origem dos dados (ajustados ou não pelo IMC pré-gestacional). A partir desses modelos, o percentual da variância do GPG no tempo que poderia ser explicado pela origem dos dados foi então calculado.

Além disso, utilizou-se o método das diferenças padronizadas, calculando-se o escore *z* para as médias do GPG em grupos de idade gestacional (4-13, 14-18, 19-23, 24-28, 29-33, 34-39, 40-42 semanas gestacionais) em relação às médias combinadas e DP para cada grupo. Essa

abordagem é semelhante à adotada pela OMS (DE ONIS et al., 2006) e pelo *INTERGROWTH-21st* (CHEIKH-ISMAIL et al., 2016). O conjunto de dados foi considerado homogêneo se os valores das diferenças padronizadas estivessem entre -0,5 e +0,5, ponto de corte também adotado pela OMS no estudo multicêntrico que deu origem às curvas de crescimento infantil (DE ONIS et al., 2006). De acordo com Cohen (2013), diferenças de 0,2 unidades de DP podem ser consideradas pequenas; diferenças de 0,5 unidades são consideradas médias, e diferenças de 0,8 são grandes.

Ao avaliar a heterogeneidade, foram excluídas todas as observações de um determinado estudo nos quais o tamanho de amostra era inferior a 30 mulheres em cada grupo de idade gestacional, após a implementação do procedimento de limpeza. Essa decisão foi tomada porque conjuntos de dados menores poderiam contribuir muito para a heterogeneidade, como resultado do pequeno tamanho amostral e não de verdadeira heterogeneidade biológica. Essa restrição também foi aplicada na avaliação do GPG total (conjuntos de dados com n <30 não foram incluídos nos gráficos).

5.1.6 Análise estatística

Após avaliar *outliers* e a heterogeneidade dos dados do GPG, as distribuições das variáveis foram analisadas por meio de médias, DP e intervalos de confiança (IC) de 95%, para variáveis contínuas, e frequências absolutas e relativas, para variáveis categóricas. Devido ao grande tamanho amostral, não foram realizados testes estatísticos para comparar a distribuição das variáveis de acordo com os conjuntos de dados. A distribuição (médias, DP/frequências absolutas, relativas) de variáveis sociodemográficas e desfechos adversos entre as 23.343 (conjunto de dados sem remover os dados faltantes de peso) e as 17.344 mulheres selecionadas para este estudo também foi avaliada.

5.2 ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA ENTRE PESO PRÉ-GESTACIONAL AUTORRELATADO E PESO MEDIDO DURANTE O PRIMEIRO TRIMESTRE DE GESTAÇÃO

5.2.1 Desenho do estudo e amostra

Esta etapa utilizou dados limpos e harmonizados do CONMAI, com 17.344 mulheres, e um conjunto de dados administrativos do SISVAN. Para as análises de concordância, foram consideradas apenas mulheres que apresentavam a informação de peso pré-gestacional autorrelatado e tiveram seu peso aferido no primeiro trimestre (n=5.563).

O SISVAN é uma base de dados nacional contendo informações de vigilância nutricional de indivíduos de todo o país, em todos os estágios de vida, coletados durante a rotina dos serviços de saúde pública (NASCIMENTO; SILVA; JAIME, 2017). É o único conjunto de dados administrativo do Brasil com medidas repetidas de peso durante a gravidez. O SISVAN apresentava mais de cinco milhões de mulheres registradas entre 2008 e 2018. Para esse conjunto de dados foram aplicadas etapas de limpeza de dados, semelhantes àquelas utilizadas nos dados do CONMAI. A identificação de *outliers* considerando as características longitudinais dos dados e a distribuição geral das variáveis também foi realizada. Para esta etapa, dados de 393.095 mulheres foram utilizados.

As variáveis utilizadas para esta análise incluíram: peso pré-gestacional autorrelatado (em kg) coletado na primeira visita da gravidez ou na primeira entrevista do estudo; peso aferido durante o primeiro trimestre da gravidez; altura da mãe (em metros) aferida no estudo ou na rotina pré-natal no início da gravidez; IMC materno (em kg/m^2), também classificado de acordo com os pontos de corte da OMS (1995); e idade gestacional (em semanas) nas consultas de pré-natal. A determinação da idade gestacional variou de acordo com a origem dos dados. No banco do CONMAI, o cálculo da idade gestacional foi descrito anteriormente. No SISVAN, apenas a DUM estava disponível.

As análises foram conduzidas utilizando o peso aferido em intervalos sobrepostos durante o primeiro trimestre gestacional: 30-94 dias (qualquer momento do primeiro trimestre), 30-60 dias (entre 4 e 8 semanas), e 30-45 dias (entre 4 e 6 semanas). Esses intervalos foram utilizados para ambos os conjuntos de dados de forma cumulativa, porque o interesse era comparar diferentes limites superiores de idade gestacional que fossem passíveis de uso por profissionais da saúde no momento do acompanhamento pré-natal. O padrão esperado de ganho

de peso até a oitava semana de gestação, que pode ser próximo a zero, também foi considerado (PITKIN, 1976).

O limite mínimo de 30 dias foi utilizado porque é improvável que as mulheres iniciem o acompanhamento pré-natal antes desse momento. O limite máximo de 94 dias marca o fim do primeiro trimestre (13 semanas + 3 dias). Algumas mulheres apresentaram mais de uma medida de peso durante o primeiro trimestre e, nesses casos, apenas a primeira medida foi considerada. Algumas mulheres contribuíram para mais de um grupo, visto que as análises foram realizadas de forma cumulativa (por exemplo, se uma mulher apresentava medida de peso aos 42 dias de gestação, esses dados seriam incluídos nos três intervalos avaliados). As análises foram restritas às mulheres aparentemente saudáveis (sem indícios de doenças crônicas ou infecciosas - exceto obesidade - antes da gravidez), de 18 a 49 anos de idade.

5.2.2 Análise estatística

Uma análise de casos completos foi realizada em ambos os conjuntos de dados. O coeficiente de correlação intraclasse e o coeficiente de concordância de Lin, ambos com IC de 95%, foram determinados (LIN, 1989). O coeficiente de correlação intraclasse pode variar entre 0 (sem concordância) e 1 (concordância perfeita) e, nesse caso, foi utilizado para avaliar a concordância entre os pares de pesos representando a proporção da variabilidade total nas observações devido às diferenças entre estes pares (WATSON; PETRIE, 2010). O coeficiente de concordância de Lin é uma modificação do coeficiente de correlação de Pearson, medindo quão distante os dados estão da reta de 45 graus de concordância perfeita (reta de regressão com coeficiente linear = 0 e coeficiente angular = 1). O coeficiente de Lin será igual a 1 quando todos os pontos estiverem sobre a reta de concordância perfeita e diminuirá conforme os pontos se afastarem da reta (LIN, 1989).

Como procedimento inicial, foi testada a equivalência entre os pesos aferidos e autorrelatados, pelo método *two one-sided tests* (TOST). A aplicação do TOST na análise de concordância possibilita avaliar a evidência empírica de equivalência entre as duas medidas, ao invés de apenas medir ausência das diferenças, como faz o teste *t* de Student (DIXON et al., 2018; LAKENS; SCHEEL; ISAGER, 2018). Para realizar o TOST, é necessário determinar a região de equivalência, isto é, os limites fora dos quais a diferença em valores médios é considerada significativa (em termos de uso estatístico e prático). Nesta análise, a região de equivalência foi definida entre -2 e +2 kg, considerando esses limites como pequenos e

plausíveis ao avaliar as duas medidas e o limite superior do GPG recomendado para o primeiro trimestre (2 kg) (IOM, 2009). Para o TOST, IC de 90% são apresentados, uma vez que o procedimento consiste na aplicação de dois testes unilaterais ao nível 1-α. Quando os testes são combinados em um IC único, o nível de confiança de 100(1-2α)% deve ser estimado (DIXON et al., 2018; LAKENS; SCHEEL; ISAGER, 2018).

Gráficos de Bland e Altman (1986) também foram construídos. Esses gráficos são utilizados para ilustrar diferenças entre pesos autorrelatados e medidos no primeiro trimestre, e se essas diferenças aumentam de acordo com a média desses pesos. Em caso de concordância perfeita, espera-se que as diferenças sejam as mesmas independentemente da média dos pesos. Além dos limites tradicionais de ±1,96 desvio-padrão propostos pelos autores, marcações nos valores ±2 kg foram adicionadas aos gráficos, para facilitar a inspeção visual.

O coeficiente *kappa* com ponderação quadrática foi estimado para avaliar o impacto da utilização dos dados autorrelatados ou aferidos na classificação do estado nutricional pelo IMC (COHEN, 1960). O IC de 95% de confiança para este coeficiente foi calculado por meio de *bootstrap* com 500 replicações (REICHENHEIM, 2004). O coeficiente *kappa* mede a concordância entre duas variáveis categóricas ao examinar a proporção das respostas em duas ou mais células de concordância (por exemplo, IMC classificado como baixo peso de acordo com o autorrelato/IMC classificado como baixo peso de acordo com a medida do primeiro trimestre), em relação à proporção de respostas nestas células que seriam esperadas ao acaso, dada a distribuição marginal (COHEN, 1960; STREINER; NORMAN; CAIRNEY, 2015). A classificação deste coeficiente utilizou os limites propostos por Landis e Koch: $\kappa >$ 0,60-0,80, substancial e $\kappa >$0,80, concordância quase perfeita (LANDIS; KOCH, 1977).

Como análise adicional, para verificar se as mulheres selecionadas no CONMAI e no SISVAN apresentavam perfis sociodemográficos similares quando comparadas àquelas presentes nos dados originais antes da seleção, foram construídas tabelas com médias e DP para variáveis contínuas (idade materna, peso pré-gestacional, altura, IMC pré-gestacional) e frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas (escolaridade materna e classificação do IMC).

5.3 ELABORAÇÃO DE CURVAS PARA MONITORAMENTO DO GANHO DE PESO AO LONGO DA GESTAÇÃO

5.3.1 Desenho de estudo e amostra

Para atingir este objetivo foram utilizados dados do CONMAI descritos anteriormente. Os critérios de inclusão foram: mulheres com gestação única, com idade ≥ 18 anos e sem doenças infecciosas e crônicas (exceto obesidade), sem complicações gestacionais como DMG ou SHG, e que deram à luz um filho nascido vivo. As mulheres que não realizaram pelo menos uma medida de peso durante a gravidez ou não tinham informações sobre o IMC pré-gestacional foram excluídas das análises. *Outliers* de peso e GPG foram removidos para esta análise usando métodos previamente descritos (YANG; HUTCHEON, 2016; SHI; KORSIAK; ROTH, 2018).

As mulheres que deram à luz a neonatos PIG ou GIG, com BPN ou macrossomia, e cujo parto ocorreu antes de 37 semanas, foram excluídas. As curvas foram limitadas para incluir medidas de peso realizadas entre a 10ª e a 40ª semana de gestação, a fim de garantir que as estimativas dos percentis tivessem precisão estatística. Aproximadamente 7% das medidas foram feitas fora deste intervalo (369 mulheres, 3.514 medições) e removidas das análises.

5.3.2 Variáveis do estudo

O GPG foi definido como a diferença entre o peso medido em cada consulta gestacional e o peso pré-gestacional autorrelatado. Essa decisão foi baseada nos resultados observados no objetivo anterior, e se trata de uma decisão pragmática, considerando que o peso pré-gestacional autorrelatado é mais facilmente obtido na prática clínica. O IMC (kg/m^2) foi classificado de acordo com os pontos de corte da OMS (1995) e a idade gestacional em cada visita foi determinada de acordo com o padrão anteriormente definido para os dados do CONMAI. Peso e comprimento ao nascer, tipo de parto e características sociodemográficas maternas foram utilizados para descrever a amostra e obtidos por meio de questionários de estudos originais ou prontuários médicos.

5.3.3 Análise estatística

As características da população estudada foram descritas por meio de medianas e intervalos interquartílicos (IQR) para variáveis contínuas e frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas. Os testes de Kruskal-Wallis e Qui-quadrado foram realizados para

comparar a mediana e as frequências das variáveis selecionadas de acordo com o IMC pré-gestacional. Diversas estratégias de modelagem foram consideradas para a construção das curvas. Resumidamente, modelos lineares de efeitos mistos, polinomiais fracionais (incorporando ou não *clusters* de indivíduos), *splines* cúbicos restritos, combinação de modelos multiníveis (de dois níveis) de intercepto e *slope* aleatórios e polinomiais fracionais, e modelos aditivos generalizados de localização, escala e forma (*Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape*, GAMLSS) foram testados. Vários critérios orientaram a seleção do melhor modelo, incluindo os resultados do diagnóstico de ajuste e uma comparação do percentual de medidas observadas abaixo e acima de percentis selecionados nas curvas (3, 10, 25, 50, 75, 90, 97) (OHUMA; ALTMAN, 2019b). Todos os modelos foram estratificados pelo IMC pré-gestacional.

GAMLSS foram utilizados para produzir as curvas finais de acordo com a categoria de IMC. Esses modelos foram os que melhor descreveram a distribuição do GPG em cada idade gestacional, que é o principal objetivo na criação desse tipo de curva. O uso de GAMLSS permite modelar até quatro parâmetros da distribuição do GPG, isto é, mu (média), sigma (desvio padrão), nu (ou lambda, assimetria) e tau (curtose) (RIGBY; STASINOPOULOS, 2014). Foi utilizada a função “LMS”, que está disponível no pacote GAMLSS no software R. Essa função ajusta o modelo LMS (lambda, mu, sigma, os três parâmetros modelados, usando a distribuição Box-Cox Cole Green - BCCGo); LMST (uma extensão do LMS com quatro parâmetros sendo modelados e distribuição Box-Cox *t* - BCTo) e LMSP (também uma extensão do LMS para modelar quatro parâmetros, mas usando distribuição Box-Cox *Power Exponential* - BCPEo). Essa função não requer especificações de graus de liberdade dos parâmetros ou alisadores (*smoothers*) para cada um deles (RIGBY; STASINOPOULOS, 2014; STASINOPOULOS et al., 2017). O *software* seleciona as melhores especificações dos modelos, com base nos critérios de informação generalizados de *Akaike*. A função “LMS” é recomendada quando o interesse é modelar curvas de crescimento e extrair percentis (RIGBY; STASINOPOULOS, 2014; STASINOPOULOS et al., 2017). Considerando que as distribuições utilizadas na função “LMS” não permitem valores negativos na variável dependente, uma constante de 20 kg foi adicionada a todas as medidas de GPG antes do ajuste dos modelos.

Para avaliar superajuste dos modelos, foram examinados os graus de liberdade de cada parâmetro, para garantir que valores elevados (> 10) não fossem usados no ajuste do modelo

pela função “LMS”. Em seguida, os seguintes diagnósticos do modelo foram realizados: gráfico dos parâmetros ajustados *vs.* idade gestacional; gráfico dos resíduos dos modelos em relação aos valores ajustados de μ, estimativa da densidade kernel e *QQ plots*; resumo de resíduos de quantis e *Q-stats* (STASINOPOULOS; RIGBY, 2007). Os *worm plots* criados por van Buuren e Fredriks (2001) também foram examinados. Ao final do processo, as estimativas do percentual de medidas abaixo e acima de percentis selecionados (3, 10, 25, 50, 75, 90, 97) foram determinadas ('validação interna do modelo') (OHUMA; ALTMAN, 2019b).

As estimativas dos modelos foram utilizadas para cálculo de escores *z*, e os percentis foram extraídos de acordo com a idade gestacional, com base na previsão dos quatro parâmetros e do tipo de distribuição utilizada (BCTo ou BCPEo). A função ‘y2z’ do pacote AGD foi aplicada para criar gráficos e extrair os valores dos escores *z* e percentis. A constante de 20 kg foi subtraída de todos os valores de ganho de peso gestacional ao final do processo.

5.3.4 Validação externa

Para avaliação da validade externa das curvas, foram utilizados dados de gestantes coletados no estudo “Nascer no Brasil” (LEAL et al., 2012). O “Nascer no Brasil” foi um estudo nacional representativo, de base hospitalar, realizado entre fevereiro de 2011 e julho de 2012 em todas as 27 unidades da federação. O tamanho inicial da amostra do estudo foi de 23.955 mulheres. Para 15.115 mulheres, dados das cadernetas das gestantes foram fotografados, depois digitados e revisados. A limpeza desses dados foi realizada por meio de procedimentos semelhantes àqueles implementados para o conjunto de dados do CONMAI. Para validação externa, os mesmos critérios de elegibilidade utilizados na construção das curvas foram aplicados aos dados do “Nascer no Brasil”. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 4.711 mulheres com 31.052 medidas de peso estavam disponíveis para análise.

Para essa análise, cada medida de ganho de peso foi convertida em escores *z* e percentis das curvas anteriormente criadas. Em seguida, foi determinado o percentual de mulheres acima/abaixo de percentis selecionados (50; 25/75; 10/90; 3/97). Esperava-se que, se os modelos não estivessem super ajustados aos dados do CONMAI, os percentuais acima/abaixo desses percentis no estudo “Nascer no Brasil” seriam semelhantes aos valores esperados, por exemplo, 25% das observações estariam abaixo do 25º e 25% acima do 75º percentil. Esse procedimento também auxiliaria a verificar a possibilidade de generalização das curvas para todas as gestantes brasileiras.

6 RESULTADOS

Esta seção será apresentada sob a forma dos artigos incluídos na tese, que já se encontram publicados em periódicos internacionais, no formato *Open Access*. O formato das referências, figuras e tabelas foi mantido como nas publicações originais. O material suplementar é apresentado ao final de cada artigo. No apêndice, os resultados de uma oficina de trabalho e de uma consulta a profissionais de saúde para adaptação das curvas para a caderneta da gestante são apresentados.

6.1 ARTIGO 1 (*SCIENTIFIC REPORTS*)

Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium: establishment, data harmonization and basic characteristics

Authors: Thaís Rangel Bousquet Carrilho, Dayana Rodrigues Farias, Mônica Araújo Batalha, Nathalia Cristina Freitas Costa, Kathleen M. Rasmussen, Michael E. Reichenheim, Eric O. Ohuma, Jennifer A. Hutcheon, Gilberto Kac, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Abstract

Pooled data analysis in the field of maternal and child nutrition rarely incorporates data from low- and middle-income countries and existing studies lack a description of the methods used to harmonize the data and to assess heterogeneity. We describe the creation of the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium dataset, from multiple pooled longitudinal studies, having gestational weight gain (GWG) as an example. Investigators of the eligible studies published from 1990 to 2018 were invited to participate. We conducted consistency analysis, identified outliers, and assessed heterogeneity for GWG. Outliers' identification considered the longitudinal nature of the data. Heterogeneity was performed adjusting multilevel models. We identified 68 studies and invited 59 for this initiative. Data from 29 studies were received, 21 were retained for analysis, resulting in a final sample of 17,344 women with 72,616 weight measurements. Fewer than 1% of all weight measurements were flagged as outliers. Women with pre-pregnancy obesity had lower values for GWG throughout pregnancy. GWG, birth

length and weight were similar across the studies and remarkably similar to a Brazilian nationwide study. Pooled data analyses can increase the potential of addressing important questions regarding maternal and child health, especially in countries where research investment is limited.

Introduction

The development of pooled analysis with individual patient data has increased worldwide as this practice presents several advantages over the traditional meta-analyses [1]. In 1999, Blettner et al. [2] highlighted the increasing importance of pooled data analysis. Since then, several initiatives were created, and important scientific evidence has been produced [3-5].

Open Science and the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) principles dissemination [6] have promoted strategies for combining resources and data from different studies and become more common in the field of Epidemiology. In low- and middle-income countries (LMIC), however, there are barriers to adhering to the Open Science policy, especially in data sharing. Thus, only a few initiatives using data from LMIC, led by researchers from high-income countries, have been developed recently [7,8].

In the field of maternal and child nutrition, well-known international collaborations have been established and have led to productive results [9,10]. However, these studies often lack a description of the statistical methods used to harmonize datasets as well as details on how heterogeneity has been assessed. The latter is particularly important given the different origins of the data and techniques applied in data collection [2].

The Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC) was designed to address these limitations. Its overall goal is to create a large national database on maternal and child nutrition to respond to questions and gaps identified by the Brazilian Ministry of Health and other institutional policy maker agencies. The first project comprises the creation of new gestational weight gain (GWG) recommendations and the development of a new tool to monitor GWG to be used in the Brazilian Unified Health System. In this paper, we describe the creation of the BMCNC dataset derived from multiple pooled and harmonized Brazilian longitudinal studies, describe the characteristics of the study populations included in the consortium, and describe the methods applied for the harmonization of the data in detail, using the example of GWG.

Results

A total of 11,292 papers were identified in the literature review. Once duplicates were removed, 5,795 papers were screened, and 80 were selected for this study. The search for additional sources revealed 10 new papers/theses that were added to the initial selection. Finally, 90 papers/theses were identified as the result of 68 different studies and projects. Among those, 59 studies were considered eligible to participate in the initiative. From those, 29 PIs did not answer the contact. Among the 30 answers, two were excluded because the study did not fit the inclusion criteria and 28 datasets were requested. We received 18 datasets, and, during this process, 11 new studies were included as suggestions from the contacted PIs. Data from 29 studies were received and initially examined. The profile of the 39 studies not incorporated into the pool revealed that twenty-three (59%) were from the Southeast of Brazil and that 32 out of 39 studies (82%) were conducted after 2000. Maternal age, education, marital status, and pre-pregnancy BMI classification were similar to the observed in the current dataset (data not shown). At the end of the data cleaning process, eight datasets were removed because they did not include gestational age at weight measurements (n=5) or other essential variables, such as maternal height (n=3). Thus, twenty-one datasets were retained for further analysis (see **Figure A1.S1**).

Pooling the twenty-one datasets produced a cohort of 23,343 women with singleton pregnancy aged 18 years old or older; without pre-pregnancy hypertension, diabetes, HIV, syphilis, thyroid diseases or any other pre-pregnancy disorder that could affect maternal weight; who delivered a liveborn infant. Of these, 2,331 women without data on pre-pregnancy weight or weight measured in the first trimester were excluded because GWG could not be calculated. A total of 3,668 women without any weight measures during pregnancy were also removed, resulting in a final sample of 17,344 women and 72,616 weight measurements in the BMCNC cohort (**Fig. A1.1**). These 17,344 women presented remarkably similar characteristics when compared to the 23,343 initially selected (**Table A1.S1**).

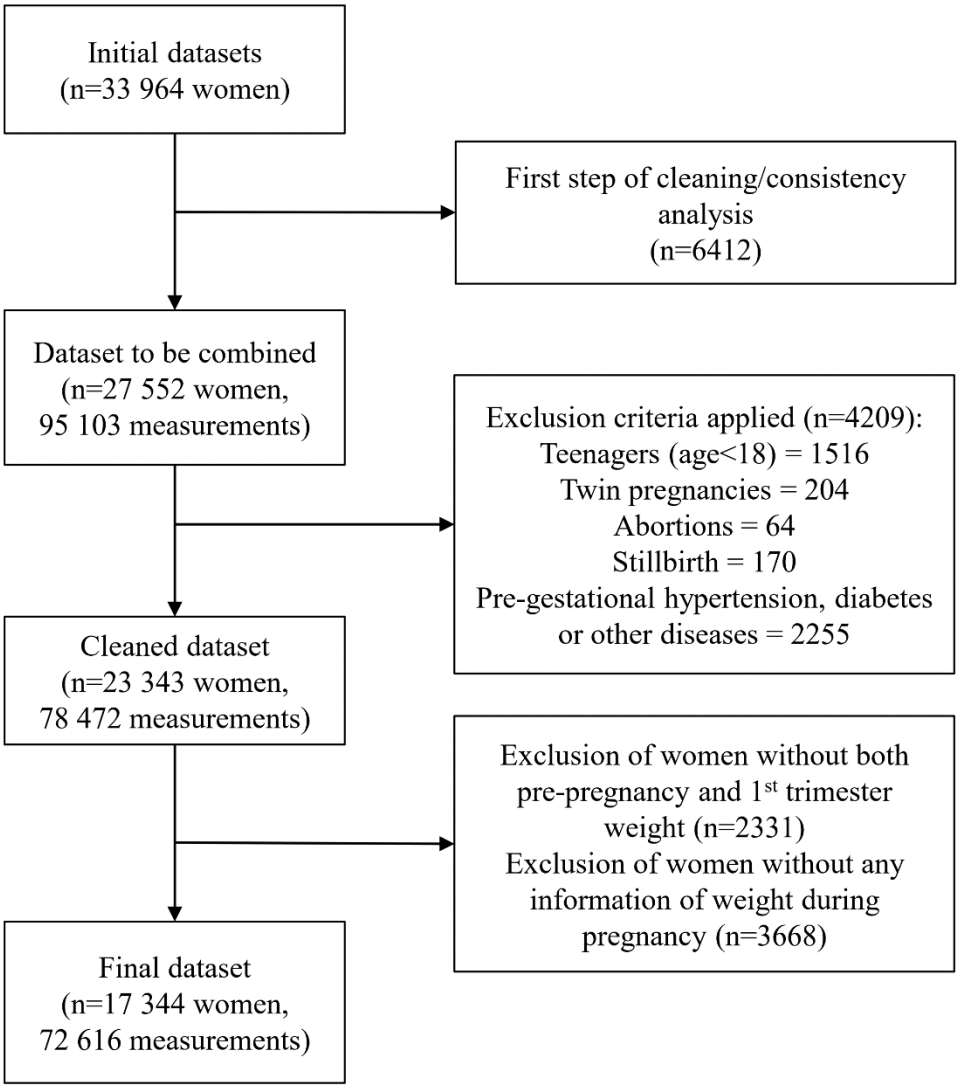

Figure A1.1. Flowchart for the cleaning steps of the combined dataset.

The number of pregnancy weight measures for an individual woman varied from 1 to 19. The methods through which the key variables were collected varied across studies (**Table A1.1**). Most studies (71%) collected data from the woman's pregnancy booklet; maternal height was measured in all of them. Some of the selected studies (24%) collected only self-reported pre-pregnancy weight and a single measure of weight during pregnancy. A complete list of blocks of variables and the number of studies with those data are presented in **table A1.S2.**

Table A1.1. Origin of the anthropometric information of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

First author, year	Attributable study name	Original sample size	Maternal height	Maternal pre-pregnancy weight	Maternal weights during pregnancy	Gestational age at weight measurements	Number of pregnancy weight measures	Available outcomes
Schmidt, 2001 [34]	EBDG	5,578	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Calculated according to the standard**	14	Birth information
Padilha, 2009[35]	MERJ	1,450	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Already calculated in the data set	1	Birth information
Nunes, 2010 [36]	ECCAGe	716	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Calculated according to the standard**	17	Birth information
Zhang, 2011 [37]	EPRG	10,331	Measured	Not used*	Interview and medical records	Calculated according to the standard**	2	Birth information
Marano, 2012 [38]	PQ	1,679	Measured	Self-reported	Pregnant booklet	Calculated according to the standard**	12	Birth information, PPCW, PPCL
Santos-Neto, 2012 [39]	RMGV	1,035	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Calculated using LMP date	19	Birth information
Sato, 2012 [40]	SP1	228	Measured	Not collected	Pregnant booklet/medical records	Calculated using LMP date	9	Birth information (no sex)
Carvalhaes, 2013 [41]	SP2	212	Measured	Self-reported	Pregnant booklet	Calculated according to the standard**	13	Birth information

Farias, 2013 [42]	RJ	299	Measured	Self-reported	Measured in the visits	Calculated according to the standard**	4	Birth information
Figueiredo, 2013***	BA1	654	Measured	Self-reported	Pregnant booklet	Already calculated in the data set	1	BW
Santana, 2013 [43]	ProcriAr	357	Measured	Self-reported	Measured in the visits	Calculated according to the standard**	3	Birth information, PPCW, PPCL
Fernandes, 2014 [44]	MEPel	210	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Already calculated in the data set	2	Birth information
Martinelli, 2014 [45]	ES1	742	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Calculated using LMP date	18	Birth information
Polgliani, 2014 [46]	ES2	360	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Calculated using LMP date	19	Birth information
Carvalhaes, 2015***	CLaB	656	Measured	Self-reported	Pregnant booklet/medical records	Already calculated in the data set	2	Birth information, PPCW, PPCL
Magalhaes, 2015 [47]	BA2	328	Measured	Self-reported	Measured in the visit	Calculated using LMP date	1	BW
Chagas, 2017 [48]	BRISA	1,447	Measured	Self-reported	Measured in the visits	Calculated according to the standard**	1	Birth information, PPCW, PPCL
Mastroeni, 2017 [49]	PREDI	435	Measured	Self-reported	Measured	Already calculated in the data set	1	Birth information, PPCW

Morais, 2017 [50]	SP3	849	Measured	Not collected	Pregnant booklet/medical records	Already calculated in the data set	16	BW
Hallal, 2018 [51]	Pelotas	4,329	Measured	Self-reported	Pregnant booklet	Already calculated in the data set	15	Birth information, PPWR, PPCW, PPCL
Morais, 2018 [52]	SP4	2,069	Measured	Self-reported	Pregnant booklet	Already calculated in the data set	2	BW, BL

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. Birth information (It includes gestational age, BW – birth weight, BL – birth length and sex); PPWR – postpartum weight retention; PPCW – postpartum child weight; PPCL – postpartum child length; LMP - last menstrual period. *self-reported + information copied from the booklet – not used because it was not possible to identify if it was self-reported or not. **Standard: ultrasound estimated age if ultrasound was performed before 24 weeks, LMP date if ultrasound was not available. ***Not published study.

Most women were classified as having normal weight before pregnancy (60.1%), delivered term (89.7%) and appropriate for gestational age newborns (74.7%), and had a vaginal delivery (51.8%). In the pooled dataset, 7.4% of the newborns were classified as small for gestational age (SGA), 6.5% as having low birth weight (LBW), and 17.9% as large for gestational age (LGA). Ten percent of women were diagnosed with hypertension during pregnancy and 4.1% with gestational diabetes (**Table A1.S3**).

Fewer than 1% of the weight measurements were excluded after being flagged as an outlier by at least one of the adopted methods (0.45% for weight, 0.50% for GWG calculated using first-trimester weight and 0.57% for GWG calculated using self-reported pre-pregnancy weight) (**Fig. A1.S2**).

GWG data were highly homogeneous according to the heterogeneity assessment, i.e., ~1% of the GWG variance could be explained by the study cohort (**Table A1.S4**). When the distribution of GWG across datasets was evaluated according to the GA intervals, all standardized site differences (SSD) values fell within the ±0.5 SD for both GWG measures, confirming the homogeneity of the data (**Fig. A1.2**).

The distribution of total GWG depended on whether self-reported pre-pregnancy weight or weight measured during the first trimester was used. Mean total GWG calculated using first-trimester weight was 11.4 kg (SD: 5.1) and 12.7 (SD: 6.0) for GWG using pre-pregnancy weight (**Fig. A1.3**).

The GWG estimates according to body mass index (BMI) category were higher throughout the gestational period when pre-pregnancy weight was used, in comparison to GWG using first trimester weight. Women with obesity had lower GWG at all time points, followed by overweight, normal weight, and underweight women. Using the first-trimester weight, normal and underweight women had similar GWG means at the end of the gestational period. For women with overweight and obesity, the means from 34-39 and 40-42 weeks of gestation had lower increases compared to the other time points, when both GWG measures were evaluated (**Fig. A1.4**).

A sensitivity analysis was performed for women with GWG calculated using both pre-pregnancy and first trimester weight (n=3,526 women). The mean GWG for self-reported weight was 0.5 to 2.3 kg higher than that for measured first trimester weight. The results were also similar when the GWG was evaluated according to BMI categories at the selected time points (**Table A1.S5**).

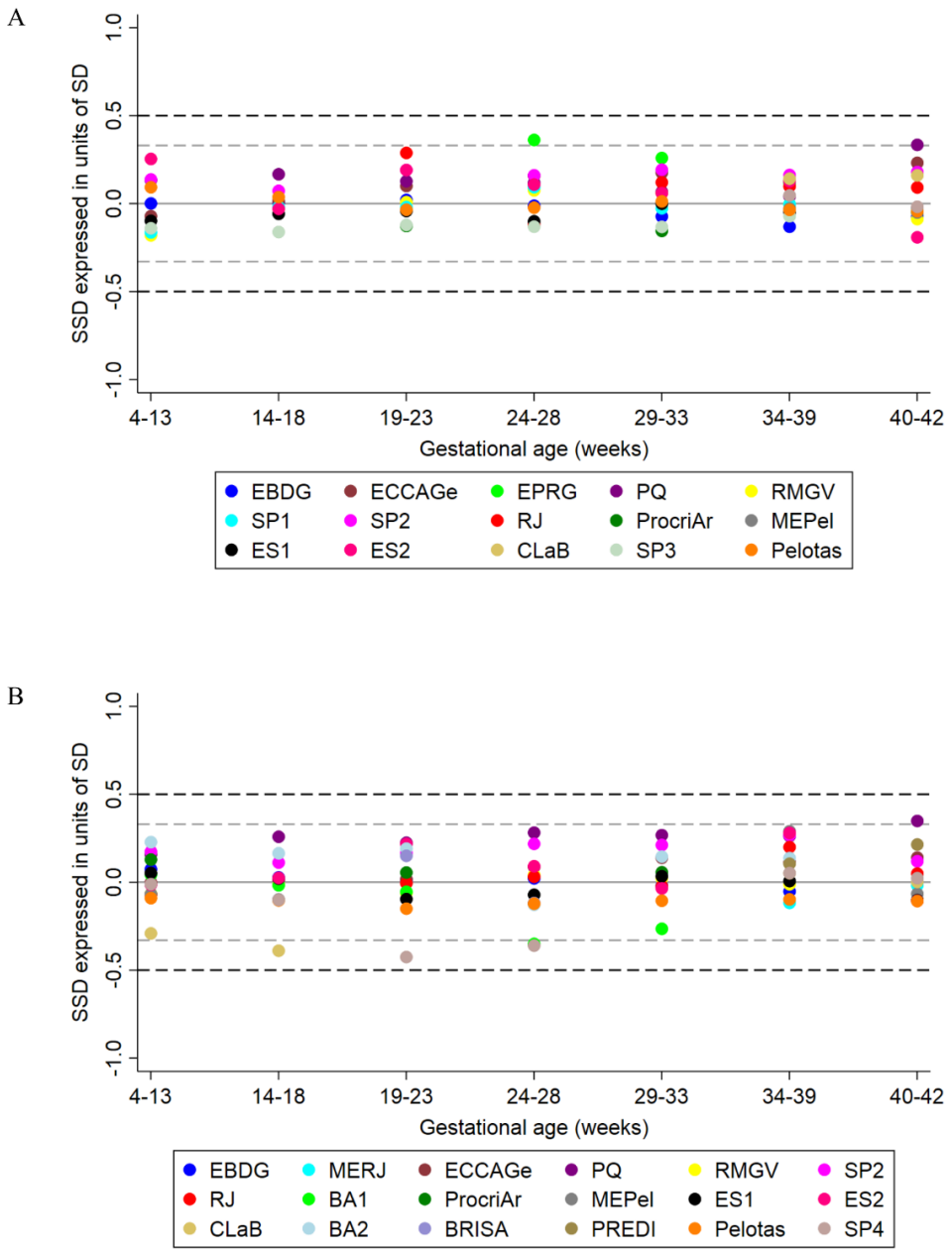

Figure A1.2. Heterogeneity analysis for the combined datasets: a. Gestational weight gain based on first trimester; b. based on self-reported pre-pregnancy weight.

Note: First trimester weight; n= 36809 measures; Self-reported pre-pregnancy weight: 59124 measures. Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. SSD: Standardized site difference; SD: standard deviation.

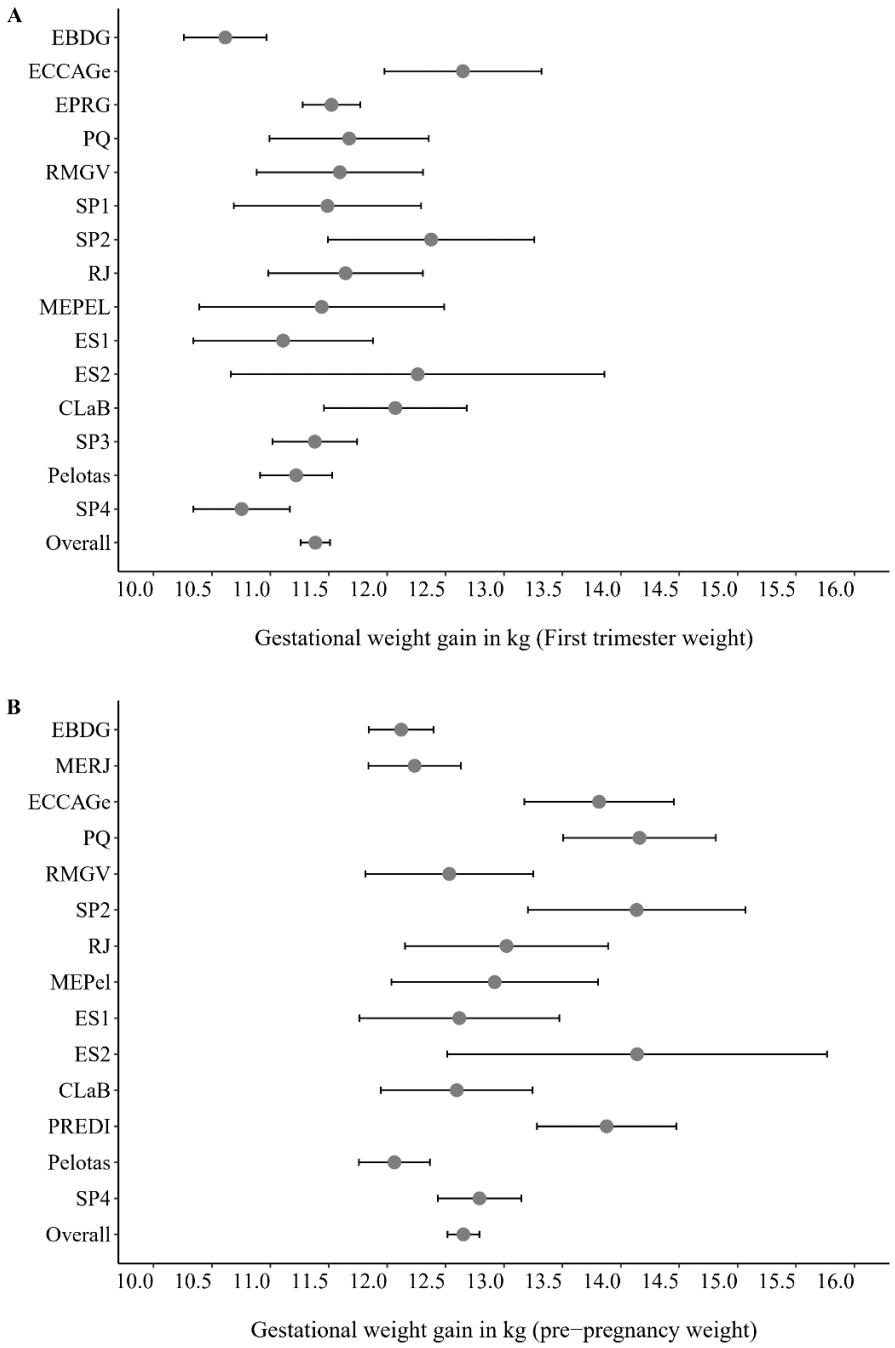

Figure A1.3. Means and 95% confidence intervals for gestational weight gain calculated using a. first trimester; b. self-reported pre-pregnancy weight.

Note: First trimester weight; n= 6292 women; Self-reported pre-pregnancy weight: 7426 women. Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4.

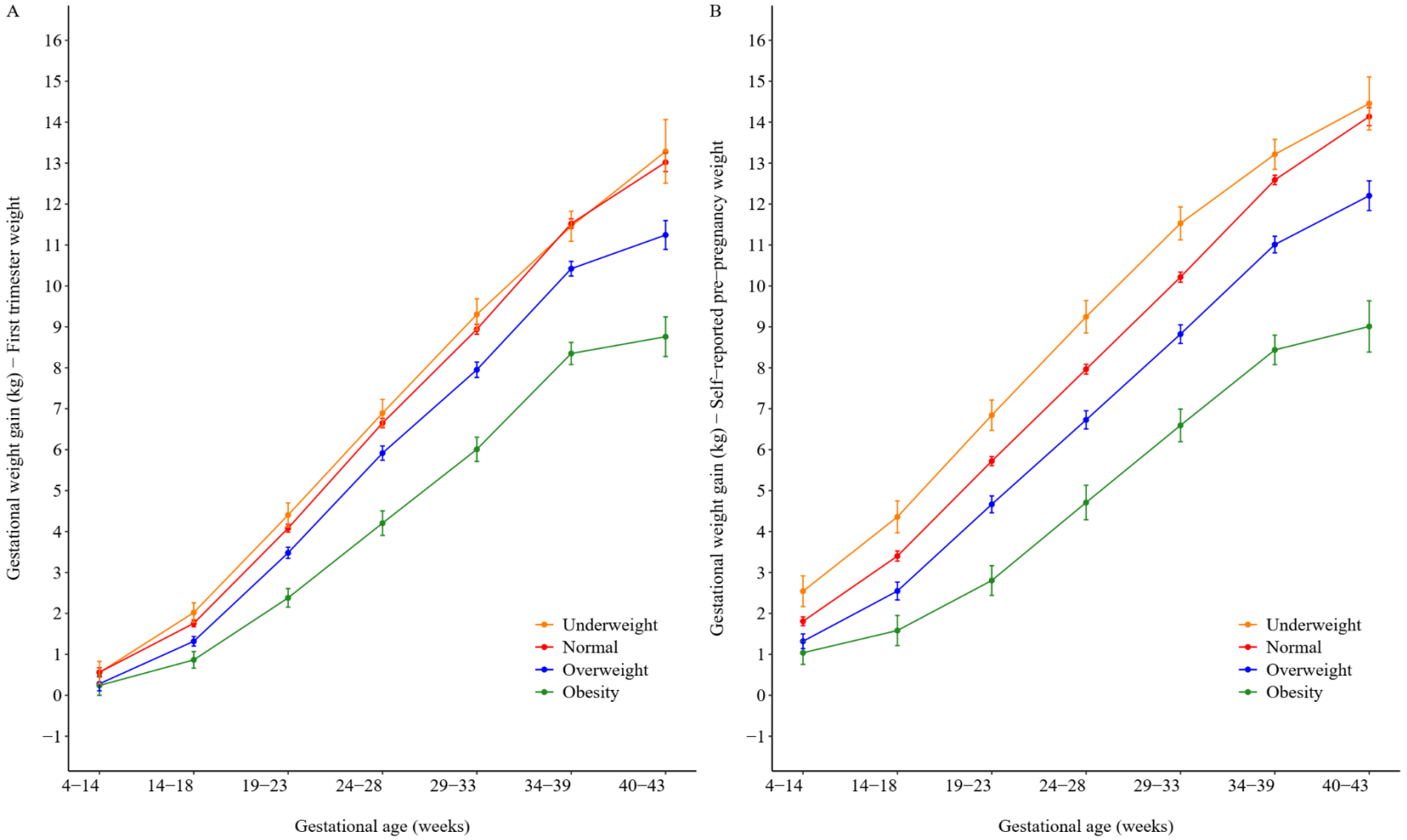

Figure A1.4. Distribution of weight gain during pregnancy according to a. first trimester; or b. pre-pregnancy body mass index.

Discussion

This manuscript presents the creation of the BMCNC. The combined cohort comprises 21 primary studies that collected data between 1990 and 2018 in different regions of Brazil and includes 17,344 pregnant women aged 18 years or older with 72,616 weight measurements. The prevalence of SGA newborns was 7.4% and LGA was 17.9%. Birth characteristics, such as length and weight, did not vary substantially among the studies. GWG differed according to maternal pre-pregnancy BMI and women with obesity presented lower values at all time points, followed by overweight, normal weight and underweight women.

The characteristics of our cohort reflect those of the general Brazilian obstetrical population, especially regarding maternal pre-pregnancy BMI [11], mean birth weight (3,235 g in this study *vs.* 3,212 g according to data from the Information System on Live Births, SINASC) and the prevalence of LBW (6.5% in this study and in SINASC) [12]. Our results are also remarkably similar to those observed in Birth in Brazil, a nationwide study conducted in 2011-2012, especially regarding the prevalence of preterm birth (10.3% *v.* 11.8% in Birth in Brazil), mode of delivery (51.8% of vaginal delivery v. 46.4% in Birth in Brazil), and sociodemographic characteristics such as maternal education [13]. Although half of the identified studies were not included in our final cohorts, these similarities reinforce the potential of this data and its representativeness of the country. In addition, when sociodemographic (maternal age, education, marital status) and anthropometric data (pre-pregnancy BMI) of the women from the studies not included in the pool are compared to those from the BMCNC, it is possible to observe that the distributions are quite similar.

There are several advantages of combining studies and conducting a pooled data analysis. One of the key aspects is the increase in sample size, which improves the statistical power of the analyses and thus strengthen the robustness and relevance of the results [14]. Pooling allows better use of the data from individual studies, maximizing the existing resources and, in the case of Brazil, maximizing the public investment made on the individual projects. In addition, it allows researchers to answer questions that the individual studies could not answer themselves. Moreover, pooled data analyses offer an opportunity for collaboration among researchers from different institutions and areas. The creation of consortiums such as ours represents an important data source, especially in countries where the investment in research is limited.

The prevalence of overweight and obesity among pregnant women is increasing worldwide, and most rapidly in middle-income countries, where more than half of women can be classified as overweight [15]. In this pooled cohort, more than 30% of women started

pregnancy with overweight or obesity. The trends in GWG according to pre-pregnancy or first trimester BMI were as expected, i.e., women classified with overweight and obesity had lower means values for GWG throughout pregnancy. The total GWG mean (calculated with self-reported pre-pregnancy weight) for women classified with overweight were above the upper limit of the Institute of Medicine (US) recommendations (12.2 kg *vs.* 11.5 kg recommendation) for overweight women in the US [16]. Ensuring an adequate GWG, especially among heavier women, can contribute to decrease the prevalence of overweight and obesity, since nutritional status during pregnancy is one of the determinants of maternal health [17].

The prevalence of LGA in this study was 17.9%, which is associated with both pre-pregnancy BMI and the amount of weight gained during pregnancy. Appropriate GWG can help prevent the occurrence of both adverse maternal [18] and child outcomes, such as the birth of LGA newborns, macrosomia (birth weight > 4,000 g), and obesity during childhood and adolescence [19-21]. Thus, evaluating GWG in developing countries as Brazil, where the prevalence of overweight and obesity is increasing [22], is especially important and should be part of routine prenatal care.

There is still debate about whether to use self-reported pre-pregnancy weight or first-trimester weight to calculate GWG [23,24]. In this study, when datasets with both types of measures were compared, the differences between them varied from 0.5 to 2.3 kg. Those differences may reflect the amount of weight women are gaining in the first trimester, which was virtually identical to the US Institute of Medicine values of GWG recommended for the first trimester [16].

The evaluation and consideration of implausible values (outliers) is an issue carefully addressed in this study. Several methods are available in the literature to identify outliers [25] but dealing with longitudinal measurements can be challenging, as the plausibility of a measurement in relation to that individual's previous and subsequent measures must also be considered. Two recent approaches were applied [26,27] and allowed us to flag outliers in the women's trajectories and values that were discrepant from the general distribution. We considered the combination of methods efficient because only those measurements that really seemed implausible were flagged as outliers. The exclusion of a low percentage of measurements flagged as outliers had minimal impact on the distribution of GWG and produced more plausible longitudinal data.

The homogeneity of the GWG data provided reassurance that this harmonized cohort can be used to perform robust analyses and respond to many other objectives of the BMCNC. The initiative to combine datasets from different studies is not new for GWG. Santos et al. [9]

have harmonized several European cohorts with GWG data. Although these authors used a combination of different datasets, few details were provided about how they assessed heterogeneity. In the current paper, all steps for the creation of a pooled dataset were reported, so that they can be used in future studies. The code used in the harmonization process is available upon request from the corresponding author.

This cohort has the potential to address a broad range of maternal and child health research questions. The large number of women, with repeated measures of weight during pregnancy, and, for a sub-cohort, with a postpartum follow-up of both mothers and their children, are some of the strengths of the combined cohort described here. The detection of outliers adopted in the study, which included approaches incorporating the longitudinal characteristics of the data is a strength of this work as is the evaluation of GWG heterogeneity across the datasets, which is usually not performed in studies of this nature. The similarity between birth outcomes and maternal characteristics with other Brazilian data reinforces the generalizability of this cohort.

Unfortunately, only half of the eligible studies could be incorporated into the combined cohort. In a few cases, the principal investigator (PI) was no longer active, and it was not possible to recover the dataset. The main reason that studies could not be included was a lack of response to the invitation to participate. This was unfortunate because some of these studies were carried out in underexplored regions of the country and would have been welcomed to fill spaces left somewhat unattended. The fact that each study used a different procedure to collect some of the key variables for the main purpose of this analysis, such as gestational age, is a constraint when evaluating the pooled data, but we tried to address this problem through careful harmonization of the variables.

Methods

Identification of studies

We conducted a literature review including papers published from January 1990 to December 2018 to identify studies eligible for the BMCNC initiative. Search strategies were created for PubMed/Medline, Web of Science, Scopus, LILACS, and *Scielo* (a Latin-American Scientific Library) to identify Brazilian studies that have measured weight or weight gain during pregnancy. Search strategies included the terms: pregnancy/gestation (and variations); Brazil; epidemiologic studies; cohort/longitudinal/prospective/observational (and variations). We also searched for cross-sectional, case-control studies, and clinical trials since they could have GWG information to be used in the current study. Additional searches were performed in the Lattes

Platform (a Brazilian database with information on science, technology, and innovation), to identify ongoing or unpublished projects. To be included in the BMCNC, the studies must have been approved by a research ethics committee; have an observational study design and have been conducted in Brazil after 1990, have pre-pregnancy or first-trimester body mass index (BMI) and weight during pregnancy, have been conducted with adult women (≥ 18 years old), free of infectious diseases, and have a sample size of at least 100 women.

The identified publications were downloaded to a library in EndNote, where duplicates were identified and removed. A reviewer selected the studies based on the titles and abstracts of the manuscripts. Full texts were consulted whenever necessary. A second reviewer verified 10% of the discarded studies to ensure that no eligible study was eliminated by mistake. This procedure did not uncover any new results. A team of four reviewers checked all the selected publications to confirm that they met the inclusion criteria for the BMCNC. To perform this step, the following information was extracted from the manuscripts (when available): location and period of the study, sample size, number of pregnancy visits/weight measures, maternal and child outcomes, other variables of interest (such as sociodemographic characteristics), origin of the anthropometric measures (self-reported, measured, medical records), availability of pre-pregnancy weight data and eligibility criteria.

After eligibility confirmation, the study PI was identified and invited by e-mail to participate in the initiative. In the same e-mail, a standardized form was used to request additional information about the studies. After the replies were received, a list of predetermined variables from the study dataset was requested. Once the dataset and data dictionary were received and checked, the distribution of the variables was evaluated to identify implausible values or discrepancies. The PIs were contacted whenever there were questions or problems with the data received.

Creation of a pooled dataset

To construct a pooled dataset, the first step of the cleaning process comprised an analysis of the consistency of the data, which was performed cross-sectionally and longitudinally. In this step, for each dataset, essential variables (such as dates of visits and weights) were checked for chronological order, statistical distribution, and missing data. Gestational age (at visits and birth) was standardized and calculated according to the ultrasound performed before 24 weeks of gestation or the date of the last menstrual period if the former was unavailable. In some datasets, it was not possible to calculate the gestational age according to the specified criteria, because the dates were not available (only the age already calculated).

Additionally, a dictionary of variables based on all studies was created to standardize the format and units of measure in the different datasets (such as weight in kilograms, gestational age in days). These datasets were then combined, and the frequency of all variables was examined to evaluate distribution similarities and differences.

Creation of variables

Following the harmonization of the datasets, derived variables were created, which ensured that this process was consistent across the studies. Cumulative GWG was calculated in two ways: first, by the difference between the weight measured in any visit and the first measure of weight during the first trimester; and, second, by the difference between the weight measured in any visit and the self-reported pre-pregnancy weight. Total GWG was calculated using the same procedures and only women with weight measured within 14 days of delivery were considered for this variable.

BMI (kg/m^2) was calculated dividing the weight (first trimester or self-reported pre-pregnancy) in kg by the measured height in meters squared. Nutritional status based on BMI was classified according to the World Health Organization (WHO) cutoffs [28] as underweight (<18.5 kg/m^2), normal (≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2), overweight (≥ 25.0 and <30.0 kg/m^2) and obese (≥ 30.0 kg/m^2).

Birth weight (g) was categorized as SGA ($<10^{th}$ percentile) or LGA ($> 90^{th}$ percentile) for gestational age by using the sex-specific INTERGROWTH-21^{st} neonatal charts [29]. In addition, the prevalence of low birth weight (LBW, <2,500 g) was determined. Z scores for length at birth were also calculated according to INTERGROWTH-21^{st} charts [29]. Gestational age at birth was classified as preterm (< 37 weeks) and term ($\geq$ 37 weeks) [30]. Information on mode of delivery, hypertension, and diabetes during pregnancy were used as binary variables. The way that information was collected varied by study and was either reported by women or measured in the study.

Statistical analyses

A detailed evaluation of outliers was conducted for the weight and GWG variables. Three procedures were implemented. The conditional method proposed by Yang and Hutcheon [26] was initially used to identify outliers in the distribution considering the longitudinal nature of the data. This approach flags outliers that are four standard deviations (SD) above or below the estimated individual's conditional mean, using a random-effects model. Moreover, unconditional means were also used to flag observations that were ± 4 SD from those values.

The third approach used to identify outlying values was a modified version of the methodology proposed by Shi, Korsiak and Roth [27], which flags as outliers the visits where the jackknife (or studentized) residuals are out of the ±4 range after each women's weight or GWG is regressed as a function of gestational age in women-specific models. The original approach was modified to flag jackknife residuals out of this range in relation to weight and GWG distribution adjusted for gestational age considering the whole dataset. The combination of methods was necessary to identify women who only had a single measure of weight at very extreme values of the distribution (and would not be flagged as outliers by using the conditional means method). All approaches identified visits where weight or GWG measurements were implausible. These procedures allowed us to remove only the specific data point considered to be an outlier. We removed the measurements flagged as outliers if they represented a percentage below 2% of the total data, given the impossibility of verifying the values in the original data sources.

To check if the harmonization process was appropriate and assess the heterogeneity of GWG distribution across datasets, multilevel models of GWG that included gestational age and study cohort (adjusted or not by BMI) were fitted. The percentage of the GWG variance explained by the original cohort was then determined. Additionally, SSD were compared across datasets by calculating the *z* scores for the means of GWG in gestational age groups (4-13, 14-18, 19-23, 24-28, 29-33, 34-39, 40-42 gestational weeks) in relation to the pooled means and SDs for each age group, in a similar approach to that adopted by WHO [31] and INTERGROWTH-21st [32]. The dataset was considered homogeneous if values of SSD were between -0.5 and +0.5, a cut-off also used by WHO in the Multicentre Growth Reference Study [31]. According to Cohen [33], differences of 0.5 SD units are considered medium, while differences of 0.2 SD units are small and 0.8 are large. For this analysis, each dataset contributed to specific time points, but not necessarily the same ones.

When assessing heterogeneity, we excluded all observations from a particular study in the gestational age groupings where the sample size for that study included fewer than 30 women after the cleaning procedure was implemented. This decision was made because smaller datasets could contribute too highly for heterogeneity as a result of the small sample size rather than true biological heterogeneity. This restriction was also applied when evaluating the total GWG (datasets with n<30 were not included in the graphs).

After evaluating outliers and the heterogeneity of GWG data, the variable distributions were evaluated using means, SDs, and 95% confidence intervals (continuous variables) and absolute and relative frequencies (categorical variables). As a result of the large sample size,

statistical tests to compare the distribution of the variables according to the datasets were not performed. We also compared the distribution (means, SDs/absolute, relative frequencies) of sociodemographic variables and pregnancy outcomes between the 23,343 (dataset without removing missing data in weight) and the 17,344 women selected for this study. Analyses were conducted in both Stata (version 15) and R (version 3.5).

Ethics approval

The Research Ethics Committee of the Rio de Janeiro Federal University Maternity Teaching Hospital approved this study (protocol number: 85914318.2.0000.5275) and all analyses were conducted with deidentified data to preserve the confidentiality of individuals' information. Additionally, all incorporated studies were individually approved by their own institutional research ethics committees, informed consent was obtained from the participants of each study, and they were conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki.

Data availability

The data that support the findings of this study are available from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium, but restrictions apply to the availability of these data, which were used under license for the current study, and so are not publicly available yet. Data are however available from the authors upon reasonable request and with permission of all members of the Consortium.

References

1. Friedenreich, C. M. Methods for pooled analyses of epidemiologic studies. *Epidemiology* **4**, 295-302 (1993).

2. Blettner, M., Sauerbrei, W., Schlehofer, B., Scheuchenpflug, T. & Friedenreich, C. Traditional reviews, meta-analyses and pooled analyses in epidemiology. *Int J Epidemiol* **28**, 1-9 (1999).

3. Wyss, A. *et al.* Cigarette, cigar, and pipe smoking and the risk of head and neck cancers: pooled analysis in the International Head and Neck Cancer Epidemiology Consortium. *Am J Epidemiol* **178**, 679-690 (2013).

4. Yang, X. R. *et al.* Associations of breast cancer risk factors with tumor subtypes: a pooled analysis from the Breast Cancer Association Consortium studies. *J Natl Cancer Inst* **103**, 250-263 (2011).

5. Fall, C. H. D. *et al.* Association between maternal age at childbirth and child and adult outcomes in the offspring: a prospective study in five low-income and middle-income countries (COHORTS collaboration). *Lancet Glob Health* **3**, e366-e377 (2015).

6. Wilkinson, M. D. *et al.* The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data* **3**, 160018 (2016).

7. Richter, L. M. *et al.* Cohort Profile: The Consortium of Health-Orientated Research in Transitioning Societies. *Int J Epidemiol* **41**, 621-626 (2011).

8. Unger, H. W. *et al.* Maternal Malaria and Malnutrition (M3) initiative, a pooled birth cohort of 13 pregnancy studies in Africa and the Western Pacific. *BMJ Open* **6**, e012697 (2016).

9. Santos, S. *et al.* Gestational weight gain charts for different body mass index groups for women in Europe, North America, and Oceania. *BMC Med* **16**, 201 (2018).

10. Roberts, J. M., Mascalzoni, D., Ness, R. B., Poston, L. & Global Pregnancy, C. Collaboration to Understand Complex Diseases: Preeclampsia and Adverse Pregnancy Outcomes. *Hypertension* **67**, 681-687 (2016).

11. Nunes, C. T. G. *Análise do ganho de peso gestacional em mulheres da região Sudeste do Brasil e desfechos perinatais*. Universidade de São Paulo (master's degree dissertation), https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6136/tde-22122015-122740/pt-br.php (2015).

12. Henriques, L. B. *et al.* [Accuracy of gestational age assessment in Brazilian Information System on Live Birth (SINASC): a population study]. *Cad Saude Publica* **35**, e00098918 (2019).

13. Szwarcwald, C. L. *et al.* [Evaluation of data from the Brazilian Information System on Live Births (SINASC)]. *Cad Saude Publica* **35**, e00214918 (2019).

14. Piwowar, H. A., Becich, M. J., Bilofsky, H. & Crowley, R. S. Towards a data sharing culture: recommendations for leadership from academic health centers. *PLoS Med* **5**, e183 (2008).

15. Chen, C., Xu, X. & Yan, Y. Estimated global overweight and obesity burden in pregnant women based on panel data model. *PloS one* **13**, e0202183 (2018).

16. Institute of Medicine (IOM, US). Committee to Reexamine Pregnancy Weight Guidelines. *Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines*. (ed K. M. Rasmussen & A. L. Yaktine) (National Academies Press, 2009).

17. Abu-Saad, K. & Fraser, D. Maternal Nutrition and Birth Outcomes. *Epidemiol Rev* **32**, 5-25 (2010).

18. Nehring, I., Schmoll, S., Beyerlein, A., Hauner, H. & von Kries, R. Gestational weight gain and long-term postpartum weight retention: a meta-analysis. *Am. J. Clin Nutr* **94**, 1225-1231

(2011).

19. Goldstein, R. F. *et al.* Association of Gestational Weight Gain With Maternal and Infant Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA* **317**, 2207-2225 (2017).

20. Gaillard, R., Steegers, E. A., Franco, O. H., Hofman, A. & Jaddoe, V. W. Maternal weight gain in different periods of pregnancy and childhood cardio-metabolic outcomes. The Generation R Study. *Int J Obes* **39**, 677-685 (2015).

21. Goldstein, R. F. *et al.* Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women. *BMC Med* **16**, 153 (2018).

22. Jaacks, L. M., Slining, M. M. & Popkin, B. M. Recent underweight and overweight trends by rural-urban residence among women in low- and middle-income countries. *J Nutr* **145**, 352-357 (2015).

23. Krukowski, R. A. *et al.* Are early first trimester weights valid proxies for preconception weight? *BMC Pregnancy Childbirth* **16**, 357 (2016).

24. Headen, I., Cohen, A. K., Mujahid, M. & Abrams, B. The accuracy of self-reported pregnancy-related weight: a systematic review. *Obes Rev* **18**, 350-369 (2017).

25. Aguinis, H., Gottfredson, R. K. & Joo, H. Best-Practice Recommendations for Defining, Identifying, and Handling Outliers. *Organizational Research Methods* **16**, 270-301 (2013).

26. Yang, S. & Hutcheon, J. A. Identifying outliers and implausible values in growth trajectory data. *Ann Epidemiol* **26**, 77-80 e1-2 (2016).

27. Shi, J., Korsiak, J. & Roth, D. E. New approach for the identification of implausible values and outliers in longitudinal childhood anthropometric data. *Ann Epidemiol* **28**, 204-211 e203 (2018).

28. World Health Organization. WHO Expert Committee on Physical Status. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee*. (Geneva: World Health Organization, 1995).

29. Villar, J. *et al.* International standards for newborn weight, length, and head circumference by gestational age and sex: the Newborn Cross-Sectional Study of the INTERGROWTH-21st Project. *Lancet* **384**, 857-868 (2014).

30. World Health Organization. ICD-10 version: 2010. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision. (Geneva: World Health Organization,, 2010).

31. WHO Multicentre Growth Reference Study Group & de Onis, M. Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta*

Paediatrica **95**, 56-65 (2006).

32. Cheikh Ismail, L. *et al.* Gestational weight gain standards based on women enrolled in the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project: a prospective longitudinal cohort study. *BMJ* **352**, i555 (2016).

33. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (Taylor & Francis, 2013).

34. Schmidt, M. I. *et al.* Gestational diabetes mellitus diagnosed with a 2-h 75-g oral glucose tolerance test and adverse pregnancy outcomes. *Diabetes care* **24**, 1151-1155 (2001).

35. Padilha, P. D. *et al.* Birth weight variation according to maternal characteristics and gestational weight gain in Brazilian women. *Nutr Hosp* **24**, 207-212 (2009).

36. Nunes, M. A. *et al.* Nutrition, mental health and violence: from pregnancy to postpartum Cohort of women attending primary care units in Southern Brazil--ECCAGE study. *BMC Psychiatry* **10**, 66 (2010).

37. Zhang, L. *et al.* Tabagismo materno durante a gestação e medidas antropométricas do recém-nascido: um estudo de base populacional no extremo sul do Brasil. *Cad Saude Publica* **27**, 1768-1776 (2011).

38. Marano, D., Gama, S. G. N., Pereira, A. P. E. & Souza-Junior, P. R. B. Adequação do ganho ponderal de gestantes em dois municípios do Estado do Rio de Janeiro (RJ), Brasil, 2008. *Rev Bras Ginecol Obstet* **34**, 386-393 (2012).

39. Santos-Neto, E. T., Oliveira, A. E., Zandonade, E., Gama, S. G. N. & Leal, M. C. O que os cartões de pré-natal das gestantes revelam sobre a assistência nos serviços do SUS da Região Metropolitana da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil? *Cad Saude Publica* **28**, 1650-1662 (2012).

40. Sato, A. P. S. & Fujimori, E. Nutritional status and weight gain in pregnant women. *Rev Lat Am Enfermagem* **20**, 462-468 (2012).

41. Carvalhaes, M. A. B. L., Gomes, C. B., Malta, M. B., Papini, S. J. & Parada, C. M. G. L. Sobrepeso pré-gestacional associa-se a ganho ponderal excessivo na gestação. *Rev Bras Ginecol Obstet* **35**, 523-529 (2013).

42. Farias, D. R. *et al.* Prevalence of psychiatric disorders in the first trimester of pregnancy and factors associated with current suicide risk. *Psychiatry Res* **210**, 962-968 (2013).

43. Santana, A. C. *Consumo alimentar na gestação e ganho ponderal: um estudo de coorte de gestantes da zona oeste do município de São Paulo.* Universidade de São Paulo (master's degree dissertation), https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6138/tde-09102013-160851/pt-br.php, (2013).

44. Fernandes, M. P., Demoliner, F., Bierhals, I. O. P., Borges, A. D. & Pastore, C. A. Fatores

maternos associados ao peso ao nascer em gestantes de baixo risco obstétrico de uma maternidade-escola do sul do Brasil. *Nutr clin diet hosp* **34**, 48-56 (2014).

45. Martinelli, K. G., Santos-Neto, E. T., Gama, S. G. N. & Oliveira, A. E. Adequação do processo da assistência pré-natal segundo os critérios do Programa de Humanização do Pré-natal e Nascimento e Rede Cegonha. *Rev Bras Ginecol Obstet* **36**, 56-64 (2014).

46. Polgliani, R. B. S., Santos-Neto, E. T. & Zandonade, E. Informações dos cartões de gestantes e dos prontuários da atenção básica sobre assistência pré-natal. *Rev Bras Ginecol Obstet* **36**, 269-275 (2014).

47. Magalhaes, E. I. *et al.* Prevalence and factors associated with excessive weight gain in pregnancy in health units in the southwest of Bahia. *Rev Bras Epidemiol* **18**, 858-869 (2015).

48. Chagas, D. C. D., Silva, A., Ribeiro, C. C. C., Batista, R. F. L. & Alves, M. [Effects of gestational weight gain and breastfeeding on postpartum weight retention among women in the BRISA cohort]. *Cad Saude Publica* **33**, e00007916 (2017).

49. Mastroeni, M. F. *et al.* The Independent Importance of Pre-pregnancy Weight and Gestational Weight Gain for the Prevention of Large-for Gestational Age Brazilian Newborns. *Matern Child Health J* **21**, 705-714 (2017).

50. Morais, S. S., Ide, M., Morgan, A. M. & Surita, F. G. A novel body mass index reference range - an observational study. *Clinics (Sao Paulo)* **72**, 698-707 (2017).

51. Hallal, P. C. *et al.* Cohort Profile: The 2015 Pelotas (Brazil) Birth Cohort Study. *Int J Epidemiol* **47**, 1048-1048h (2018).

52. Morais, S. S., Nascimento, S. L., Godoy-Miranda, A. C., Kasawara, K. T. & Surita, F. G. Body mass index changes during pregnancy and perinatal outcomes - A cross-sectional study. *Rev Bras Ginecol Obstet* **40**, 11-19 (2018).

Supplementary material

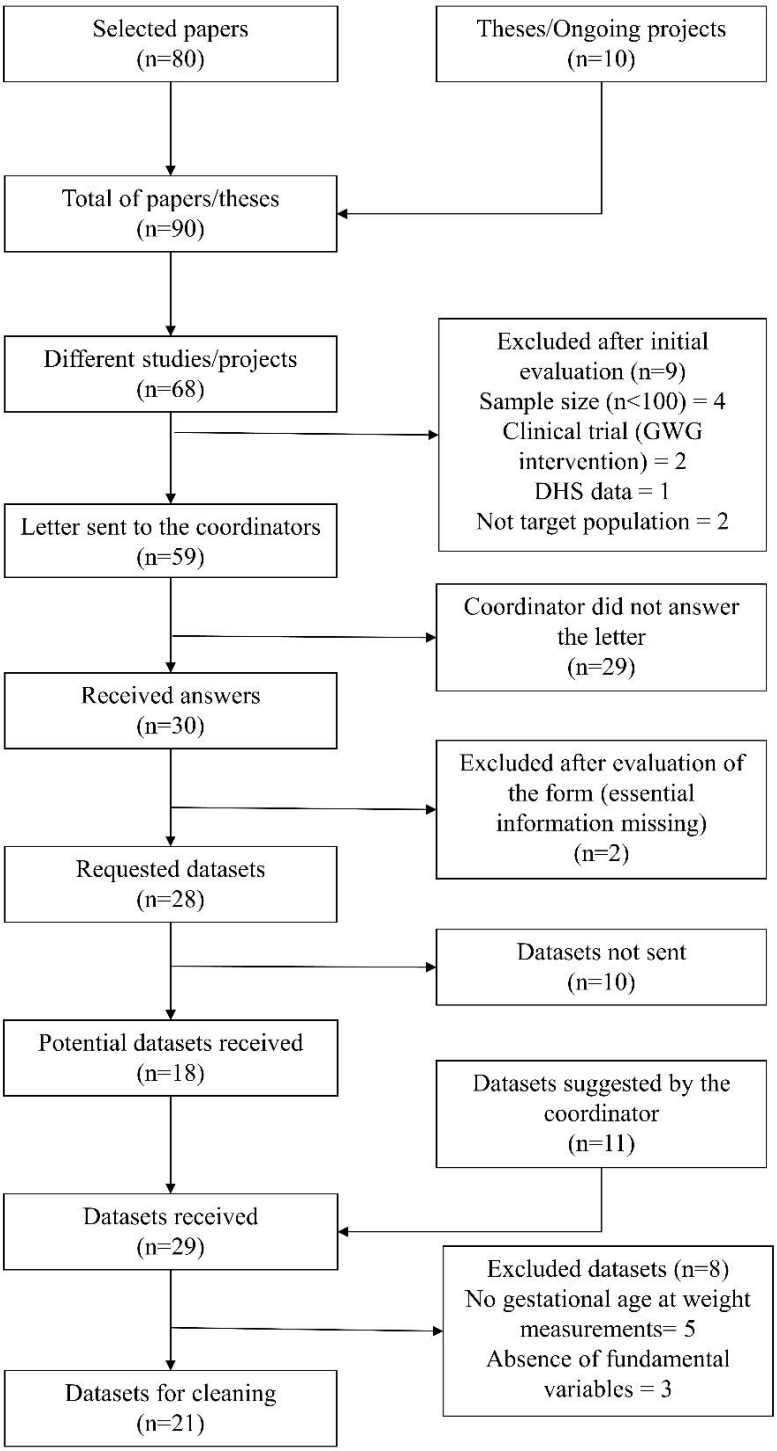

Figure A1.S1. Flowchart for the acquisition of datasets.

Note: GWG: gestational weight gain; DHS: Demographic and Health Surveys.

Table A1.S1. Comparison of women before and after cleaning first-trimester and self-reported pre-pregnancy weight, data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Continuous variables	Before cleaning* (23,343 women)	After cleaning* (17,344 women)
Maternal Age (n)	22,199	17,326
Mean (SD)	26.8 (5.8)	26.9 (5.8)
Min; Max	18; 49	18; 47
Gestational age at first visit (days) (n)	19,675	17,344
Mean (SD)	117.1 (62.0)	113.3 (62.9)
Min; Max	30; 299	30; 299
Gestational age at birth (days) (n)	20,805	16,671
Mean (SD)	272.4 (15.1)	272.8 (14.2)
Min; Max	168; 301	169; 301
Birth weight (g) n	21,435	16,683
Mean (SD)	3,229.1 (521.0)	3,235.4 (513.0)
Min; Max	500; 5,650	500; 5,250
Birth length (cm) n	18,043	14,034
Mean (SD)	48.6 (2.6)	48.7 (2.6)
Min; Max	26; 61	26; 61
Categorical variables	n (%)	n (%)
First-trimester nutritional status (BMI, kg/m^2)	8,812	8,812
Underweight (<18.5)	360 (4.1)	360 (4.1)
Normal (18.5 – 24.9)	4,488 (50.9)	4,488 (50.9)
Overweight (25 – 29.9)	2,587 (29.4)	2,587 (29.4)
Obese (> 30)	1,377 (15.6)	1,377 (15.6)
Pre-pregnancy nutritional status (BMI, kg/m^2)	15,233	13,272
Underweight (<18.5)	975 (6.4)	825 (6.2)
Normal (18.5 – 24.9)	9,210 (60.4)	7,981 (60.1)
Overweight (25 – 29.9)	3,440 (22.6)	3,032 (22.9)
Obese (> 30)	1,608 (10.6)	1,434 (10.8)
Maternal education (schooling years)	21,119	16,475
< 4	2,418 (11.4)	1,775 (10.8)
4 - 8	5,888 (27.9)	4,447 (27.0)
9 - 11	9,922 (47.0)	7,895 (47.9)
≥ 12	2,891 (13.7)	2,358 (14.3)

Marital status	15,350	12,397
Lives with a partner	13,081 (85.2)	10,585 (85.4)
Does not live with a partner	2,269 (14.8)	1,812 (14.6)
Mode of delivery	21,247	16,522
Normal	11,028 (51.9)	8,552 (51.8)
Cesarean	10,219 (48.1)	7,970 (48.2)
Hypertension (during pregnancy)	22,429	16,886
Yes	2,273 (10.1)	1,716 (10.2)
No	20,156 (89.9)	15,170 (89.8)
Diabetes (during pregnancy)	21,556	16,837
Yes	861 (4.0)	699 (4.1)
No	20,695 (96.0)	16,138 (95.9)

Note: *Cleaning refers to the removal of missing data in weight during pregnancy and pre-pregnancy weight or weight measured in the first trimester. 1. Variation in the number of individuals in each category is due to missing. 2. SD: standard deviation; Min: minimum; Max: maximum.

Table A1.S2. Variables available in the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Life-cycle period	Blocks of variables	Total of studies
Pre-pregnancy	Sociodemographic/economic	21
	Obstetric history	20
	Lifestyle	11
	Maternal health	8
	Maternal mental health	2
	Food consumption	1
	Maternal anthropometry	8
	Use of medicine/nutritional supplements	3
Pregnancy	Lifestyle	15
	Maternal health	15
	Maternal mental health	4
	Food consumption	11
	Use of medicine/nutritional supplements	10
	Biochemistry (blood samples)	8
	Blood pressure	8
	Maternal anthropometry	16
	Ultrasonography data	5
Birth	Birth information	17
	Maternal health	5
	Child's health	9
	Maternal anthropometry	4
	Child's anthropometry	13
Post-partum	Lifestyle	4
	Maternal health	6
	Maternal mental health	4
	Maternal food consumption	1
	Maternal biochemistry (blood samples)	0
	Maternal blood pressure	2
	Maternal anthropometry	5
	Child's health	6
	Child's food consumption/breastfeeding	8
	Use of medicine/nutritional supplements (mother/child)	2
	Child's biochemistry (blood samples)	1
	Child's anthropometry	6

Table A1.S3. General description of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

	Combined n (%)	**EBDG n (%)**	**MERJ n (%)**	**ECCAGe n (%)**	**EPRG n (%)**	**PQ n (%)**
1st trimester nutritional status (BMI, kg/m^2)	8,812	1,345	Not measured	249	2,275	299
Underweight (<18.5)	360 (4.1)	67 (5.0)		7 (2.8)	94 (4.1)	20 (6.7)
Normal (18.5 – 24.9)	4,488 (50.9)	870 (64.7)		139 (55.8)	1,081 (47.5)	162 (54.2)
Overweight (25 – 29.9)	2,587 (29.4)	341 (25.3)		66 (26.5)	672 (29.6)	72 (24.1)
Obese (≥ 30)	1,377 (15.6)	67 (5.0)		37 (14.9)	428 (18.8)	45 (15.0)
Pre-pregnancy nutritional status (BMI, kg/m^2)	13,272	3,888	712	474	Not measured	532
Underweight (<18.5)	825 (6.2)	268 (6.9)	28 (3.9)	18 (3.8)		43 (8.1)
Normal (18.5 – 24.9)	7,981 (60.1)	2,726 (70.1)	396 (55.6)	291 (61.4)		338 (63.5)
Overweight (25 – 29.9)	3,032 (22.9)	727 (18.7)	191 (26.8)	114 (24.0)		96 (18.1)
Obese (≥ 30)	1,434 (10.8)	167 (4.3)	97 (13.6)	51 (10.8)		55 (10.3)
Age (n)	17,326	3,888	711	476	2,490	580
Mean (SD)	26.9 (5.8)	27.3 (5.2)	28.9 (5.7)	25.7 (5.8)	26.5 (5.9)	25.8 (5.9)
Min; Max	18; 47	20; 46	19; 45	18; 42	18; 45	18; 45
Gestational age at birth (weeks) n	16,671	3,442	712	474	2,476	577
Mean (SD)	39.0 (2.0)	39.1 (2.1)	39.1 (1.6)	39.0 (2.1)	38.9 (2.4)	39.0 (2.2)
Min; Max	24.1; 43	25.7; 43	27.3; 42.7	24.9; 43	24.1; 43	26; 42.9
Classification of gestational age	16,671	3,442	712	474	2,476	577

Preterm birth (< 37 weeks)	1,710 (10.3)	398 (11.6)	41 (5.8)	61 (12.9)	348 (14.0)	72 (12.5)
Term birth (≥ 37 weeks)	14,961 (89.7)	3,044 (88.4)	671 (94.2)	413 (87.1)	2,128 (86.0)	505 (87.5)
Birth weight (g) n	16,683	3,387	712	475	2,489	575
Mean (SD)	3,235.3 (513.0)	3,214.5 (526.9)	3,276.7 (487.3)	3,248.7 (520.0)	3,209.2 (558.9)	3,210.8 (504.0)
Min; Max	500; 5,250	840; 5,250	915; 4,970	1,250; 5,050	515; 5,230	500; 5,220
n (base for SGA/LGA)	16,523	3,375	712	473	2,474	574
SGA	1,216 (7.4)	338 (10.0)	36 (5.1)	37 (7.8)	183 (7.4)	41 (7.1)
LGA	2,966 (17.9)	579 (17.2)	122 (17.1)	100 (21.1)	470 (19.0)	100 (17.4)
LBW (<2500g)	1,082 (6.5)	252 (7.4)	32 (4.5)	36 (7.6)	197 (7.9)	43 (7.5)
Birth length (cm) n	14,034	2,971	701	426	2,430	541
Mean (SD)	48.7 (2.6)	49.1 (2.6)	48.8 (2.4)	48.6 (2.6)	48.0 (2.8)	48.5 (2.8)
Min; Max	26.0; 61.0	36.0; 61.0	34.50; 61.0	32.0; 55.5	28.0; 56.0	26.0; 57.0
Birth length (z-score) n	13,919	2,961	701	425	2,419	540
Mean (SD)	0.1 (1.3)	0.3 (1.4)	0.1 (1.2)	0.1 (1.4)	-0.2 (1.4)	0.1 (1.4)
Min; Max	-6.5; 6.7	-5.8; 5.2	-5.6; 5.2	-6.0; 3.9	-6.4; 6.7	-5.1; 5.8
Mode of delivery	16,522	3,393	621	467	2,490	580
Vaginal	8,552 (51.8)	2,197 (64.8)	305 (49.1)	291 (62.3)	1,108 (44.5)	311 (53.6)
Cesarean	7,970 (48.2)	1,196 (35.2)	316 (50.9)	176 (37.7)	1,382 (55.5)	269 (46.4)
Hypertension during pregnancy	16,886	3,888	712	476	2,490	580

Yes	1,716 (10.2)	157 (4.0)	49 (6.9)	19 (4.0)	433 (17.4)	104 (17.9)
No	15,170 (89.8)	3,721 (96.0)	663 (93.1)	457 (96.0)	2,057 (82.6)	476 (82.1)
Diabetes during pregnancy	16,837	3,887	712	476	2,490	579
Yes	699 (4.1)	18 (0.5)	220 (30.9)	3 (0.6)	96 (3.9)	14 (2.4)
No	16,138 (95.9)	3,869 (99.5)	492 (69.1)	473 (99.4)	2,394 (96.1)	565 (97.6)

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. BMI: Body Mass Index; SD: standard deviation; Min: minimum; Max: maximum; SGA: small for gestational age; LGA: large for gestational age; LBW: low birth weight. Variation in the number of individuals in each category is due to missing.

Table A1.S3. General description of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

	RMGV **n (%)**	**SP1** **n (%)**	**SP2** **n (%)**	**RJ** **n (%)**	**BA1** **n (%)**	**ProcriAr** **n (%)**
1st trimester nutritional status (BMI, kg/m^2)	160	162	153	225	129	306
Underweight (<18.5)	13 (8.2)	6 (3.7)	6 (3.9)	7 (3.1)	4 (3.1)	7 (2.3)
Normal (18.5 – 24.9)	73 (45.6)	106 (65.4)	84 (54.9)	123 (54.7)	67 (51.9)	136 (44.4)
Overweight (25 – 29.9)	45 (28.1)	42 (25.9)	43 (28.1)	68 (30.2)	40 (31.0)	102 (33.3)
Obese (≥ 30)	29 (18.1)	8 (5.0)	20 (13.1)	27 (12.0)	18 (14.0)	61 (20.0)
Pre-pregnancy nutritional status (BMI, kg/m^2)	297		194	234	530	315
Underweight (<18.5)	28 (9.4)	Not measured	14 (7.2)	12 (5.1)	40 (7.6)	10 (3.2)
Normal (18.5 – 24.9)	168 (56.9)		117 (60.3)	133 (56.9)	300 (56.6)	168 (53.3)
Overweight (25 – 29.9)	57 (19.2)		43 (22.2)	60 (25.6)	124 (23.4)	84 (26.7)

Obese (≥ 30)	43 (14.5)		20 (10.3)	29 (12.4)	66 (12.4)	53 (16.8)
Age (n)	458	162	194	241	536	325
Mean (SD)	25.4 (5.7)	25.4 (5.2)	26.1 (5.5)	26.5 (5.3)	26.8 (6.1)	26.9 (5.8)
Min; Max	18; 42	18; 40	18; 43	20; 40	18; 42	18; 42
Gestational age at birth (weeks) n	437	158	185	225	478	321
Mean (SD)	38.9 (2.9)	40.0 (1.3)	39.3 (1.9)	38.6 (2.1)	39.1 (1.6)	39.2 (1.5)
Min; Max	24.1; 43	29.4; 42.1	26.3; 42.1	28; 43	30; 43	32; 41.9
Classification of gestational age	437	158	185	225	478	321
Preterm birth (< 37 weeks)	76 (17.4)	1 (0.6)	12 (6.5)	29 (87.1)	16 (3.4)	24 (7.5)
Term birth (≥ 37 weeks)	361 (82.6)	157 (99.4)	173 (93.5)	196 (12.9)	462 (96.6)	297 (92.5)
Birth weight (g) n	447	162	194	225	485	325
Mean (SD)	3,231.3 (564.5)	3,277.7 (520.0)	3,207.7 (514.6)	3,246.2 (557.8)	3,281.3 (498.3)	3,238.3 (460.7)
Min; Max	750; 5,050	2,180; 4,530	660; 4,630	1320; 4,635	980; 5,150	1,540; 4,630
n (base for SGA/LGA)	425	158	185	224	467	321
SGA	42 (9.9)	19 (12.0)	11 (6.0)	10 (4.5)	35 (7.5)	27 (8.4)
LGA	96 (22.6)	20 (12.2)	19 (10.3)	46 (20.5)	88 (18.8)	49 (15.3)
LBW (<2500g)	37 (8.3)	4 (2.5)	12 (6.2)	16 (7.1)	18 (3.7)	16 (4.9)
Birth length (cm) n	437	Not measured	Not measured	222	Not measured	290

Mean (SD)	48.7 (2.5)			49.5 (3.2)		48.4 (2.3)
Min; Max	34.0; 57.0			33.0; 57.0		41.0; 54.0
Birth length (z-score) n	415			221		286
Mean (SD)	0.2 (1.4)	Not measured	Not measured	0.7 (1. 6)	Not measured	-0.2 (1.3)
Min; Max	-3.6; 5.4			-5. 8; 5.8		-4.4; 3.9
Mode of delivery	455	127	194	222	486	295
Vaginal	271 (59.6)	85 (66.9)	133 (68.6)	124 (55.9)	200 (41.)	153 (51.9)
Cesarean	184 (40.4)	42 (33.1)	61 (31.4)	98 (44.1)	286 (58.9)	142 (48.1)
Hypertension during pregnancy	333	Not measured	194	211	535	192
Yes	28 (8.4)		0	2 (0.1)	21 (3.9)	13 (6.8)
No	305 (91.6)		194 (100)	209 (99.0)	514 (96.1)	179 (93.2)
Diabetes during pregnancy	298		194	208	535	192
Yes	10 (3.4)	Not measured	0	13 (6.3)	6 (1.1)	5 (2.6)
No	288 (96.6)		194 (100)	195 (93.7)	529 (98.9)	187 (97.4)

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. BMI: Body Mass Index; SD: standard deviation; Min: minimum; Max: maximum; SGA: small for gestational age; LGA: large for gestational age; LBW: low birth weight. Variation in the number of individuals in each category is due to missing.

Table A1.S3. General description of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

	MEPel n (%)	**ES1 n (%)**	**ES2 n (%)**	**CLaB n (%)**	**BA2 n (%)**
1st trimester nutritional status (BMI, kg/m^2)	101	238	38	362	37
Underweight (<18.5)	3 (3.0)	19 (8.0)	1 (2.6)	6 (1.7)	3 (8.1)
Normal (18.5 – 24.9)	57 (56.4)	121 (50.8)	23 (60.5)	156 (43.1)	19 (51.4)
Overweight (25 – 29.9)	24 (23.8)	64 (26.9)	11 (29.0)	116 (32.0)	10 (27.0)
Obese (≥ 30)	17 (16.8)	34 (14.3)	3 (7.9)	84 (23.2)	5 (13.5)
Pre-pregnancy nutritional status (BMI, kg/m^2)	200	343	72	392	271
Underweight (<18.5)	15 (7.5)	34 (9.9)	1 (1.4)	13 (3.3)	24 (8.9)
Normal (18.5 – 24.9)	109 (54.5)	184 (53.6)	49 (68.1)	192 (49.0)	163 (60.1)
Overweight (25 – 29.9)	45 (22.5)	77 (22.5)	15 (20.8)	104 (26.5)	63 (23.3)
Obese (≥ 30)	31 (15.5)	48 (14.0)	7 (9.7)	83 (21.2)	21 (7.7)
Age (n)	206	496	103	488	272
Mean (SD)	25.8 (5.7)	25.5 (5.4)	25.4 (5.8)	28.0 (6.2)	25.4 (5. 7)
Min; Max	18; 41	18; 42	18; 38	18; 42	18; 42
Gestational age at birth (weeks) n	206	476	93	467	256
Mean (SD)	39.4 (1.2)	39.3 (1.9)	38.6 (2.8)	38.9 (1.5)	38.9 (1.8)
Min; Max	37; 43	26.4; 43	26.7; 42.9	30; 42	30; 43
Classification of gestational age	206	476	93	467	256
Preterm birth (< 37 weeks)	0	44 (9.2)	14 (15.1)	18 (3.9)	22 (8.6)
Term birth (≥ 37 weeks)	206 (100)	432 (90.8)	79 (84.9)	449 (96.1)	234 (91.4)

Birth weight (g) n	206	495	103	486	256
Mean (SD)	3,299.4 (479.3)	3,313.3 (454.8)	3,194.7 (438.4)	3,239.2 (456.5)	3,204.4 (514.8)
Min; Max	2,060; 4,750	800; 5,080	1,600; 4,390	1,520; 4,725	650; 4,780
n (base for SGA/LGA)	205	474	93	467	253
SGA	13 (6.3)	35 (7.4)	11 (11.8)	25 (5.4)	19 (7.5)
LGA	31 (15.2)	97 (20.5)	15 (16.1)	77 (16.5)	42 (16.6)
LBW (<2500g)	9 (4.4)	19 (3.8)	4 (3.9)	24 (4.9)	15 (5.9)
Birth length (cm) n		487	102	477	
Mean (SD)	Not measured	49.7 (3.1)	48.1 (2.4)	48.8 (2.3)	Not measured
Min; Max		31.0; 57.0	40.0; 53.0	32.5; 57.0	
Birth length (z-score) n		467	92	458	
Mean (SD)	Not measured	0.6 (1.5)	-0.2 (1.6)	0.2 (1.1)	Not measured
Min; Max		-6.0; 4.6	-4.5; 5.3	-6.3; 4.1	
Mode of delivery	206	496	102	489	255
Vaginal	110 (53.4)	209 (42.1)	64 (62.8)	240 (49.1)	171 (67.1)
Cesarean	96 (46.6)	287 (57.9)	38 (37.2)	249 (50.9)	84 (32.9)
Hypertension during pregnancy	206	496	101	491	272
Yes	0	53 (10.7)	2 (2.0)	4 (0.8)	7 (2.6)
No	206 (100)	443 (89.3)	99 (98.0)	487 (99.2)	265 (97.4)

Diabetes during pregnancy	206	496	95	491	272
Yes	0	2 (0.4)	4 (4.2)	2 (0.4)	0
No	206 (100)	494 (99.6)	91 (95.8)	489 (99.6)	272 (100)

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. BMI: Body Mass Index; SD: standard deviation; Min: minimum; Max: maximum; SGA: small for gestational age; LGA: large for gestational age; LBW: low birth weight. Variation in the number of individuals in each category is due to missing.

Table A1.S3. General description of the studies included in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

	BRISA n (%)	**PREDI n (%)**	**SP3 n (%)**	**Pelotas n (%)**	**SP4 n (%)**
1st trimester nutritional status (BMI, kg/m^2)	3	Not measured	589	1,396	745
Underweight (<18.5)	0		32 (5.4)	37 (2.6)	28 (3.8)
Normal (18.5 – 24.9)	1 (33.3)		283 (48.0)	615 (44.2)	372 (49.9)
Overweight (25 – 29.9)	2 (66.7)		180 (30.6)	453 (32.4)	236 (31.7)
Obese (≥ 30)	0		94 (16.0)	291 (20.8)	109 (14.6)
Pre-pregnancy nutritional status (BMI, kg/m^2)	1,001	425	Not measured	2,296	1,096
Underweight (<18.5)	99 (9. 9)	20 (4.7)		91 (4.0)	67 (6.1)
Normal (18.5 – 24.9)	670 (66.9)	252 (59.3)		1,116 (48.6)	608 (55.5)
Overweight (25 – 29.9)	185 (18.5)	100 (23.5)		665 (28.9)	282 (25.7)
Obese (≥ 30)	47 (4.7)	53 (12.5)		424 (18.5)	139 (12.7)
Age (n)	1,140	425	651	2,366	1,118
Mean (SD)	26.1 (5.1)	25. 9 (6.1)	26.1 (5.7)	27.9 (6.3)	27.7 (5.9)

Min; Max	18; 43	18; 42	18; 42	18; 47	18; 44
Gestational age at birth (weeks) n	1,139	425	657	2,365	1,102
Mean (SD)	39.4 (1.7)	39.1 (1.1)	37.8 (2.7)	38.8 (1.9)	39.1 (1.5)
Min; Max	24.9; 42,9	37; 42	24.3; 41.6	25; 42.9	28.9; 42.3
Classification of gestational age	1,139	425	657	2,365	1,102
Preterm birth (< 37 weeks)	68 (6.0)	0	148 (22.5)	264 (11.2)	54 (4.9)
Term birth (≥ 37 weeks)	1,071 (94.0)	425 (100)	509 (77.5)	2,101 (88.8)	1,048 (95.1)
Birth weight (g) n	1,134	425	645	2,362	1,095
Mean (SD)	3,261.7 (485.6)	3,417.5 (446.9)	3,202.7 (555.7)	3,216.8 (508.6)	3,239.6 (449.5)
Min; Max	930; 4,780	2,100; 5,220	625; 5,010	645; 5,065	1,350; 4,645
n (base for SGA/LGA)	1,133	425	644	2,361	1,080
SGA	86 (7.6)	10 (2.4)	33 (5.1)	134 (5.7)	71 (6.6)
LGA	160 (14.1)	103 (24.2)	183 (28.4)	419 (17.8)	150 (13.9)
LBW (<2500g)	63 (5.6)	3 (0.7)	61 (9.5)	157 (6.6)	64 (5.9)
Birth length (cm) n	1,103	425		2,357	1,065
Mean (SD)	49.2 (2.4)	48.6 (1.8)	Not measured	48.4 (2.4)	48.6 (2.2)
Min; Max	33.0; 57.0	40.0; 54.5		28.9; 56.7	29.0; 55.0
Birth length (z-score) n	1,102	425		2,356	1,051
Mean (SD)	0.3 (1.2)	-0.1 (1.1)	Not measured	0.1 (1.1)	-0.1 (1.1)
Min; Max	-6.1; 4.8	-4.4; 3.1		-6.1; 4.7	-6.5; 3.5

Mode of delivery	1,138	425	627	2,366	1,088
Vaginal	576 (50.6)	287 (67.5)	368 (58.7)	917 (38.8)	432 (39.7)
Cesarean	562 (49.4)	138 (32.5)	259 (41.3)	1449 (61.2)	656 (60.3)
Hypertension during pregnancy	1,139	425	662	2,365	1,118
Yes	161 (14.1)	22 (5.2)	13 (2.0)	544 (23.0)	84 (7.5)
No	978 (85.9)	403 (94.8)	649 (98.0)	1,821 (77.0)	1,034 (92.5)
Diabetes during pregnancy	,1140	425	662	2,366	1,113
Yes	22 (1.9)	29 (6.8)	5 (0.8)	192 (8.1)	58 (5.2)
No	1,118 (98.1)	396 (93.2)	657 (99.2)	2,174 (91.9)	1055 (94.8)

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); MERJ: Maternidade-escola, Rio de Janeiro; ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; EPRG: Estudos Perinatais de Rio Grande; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP1: São Paulo 1; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; BA1: Bahia 1; ProcriAr: cohort conducted in São Paulo; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; ES2: Espírito Santo 2; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; BA2: Bahia 2; BRISA: birth cohort in São Luís, Maranhão; PREDI: PREDIctors of maternal and infant excess body weight - PREDI Study; SP3: São Paulo 3; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. BMI: Body Mass Index; SD: standard deviation; Min: minimum; Max: maximum; SGA: small for gestational age; LGA: large for gestational age; LBW: low birth weight. Variation in the number of individuals in each category is due to missing.

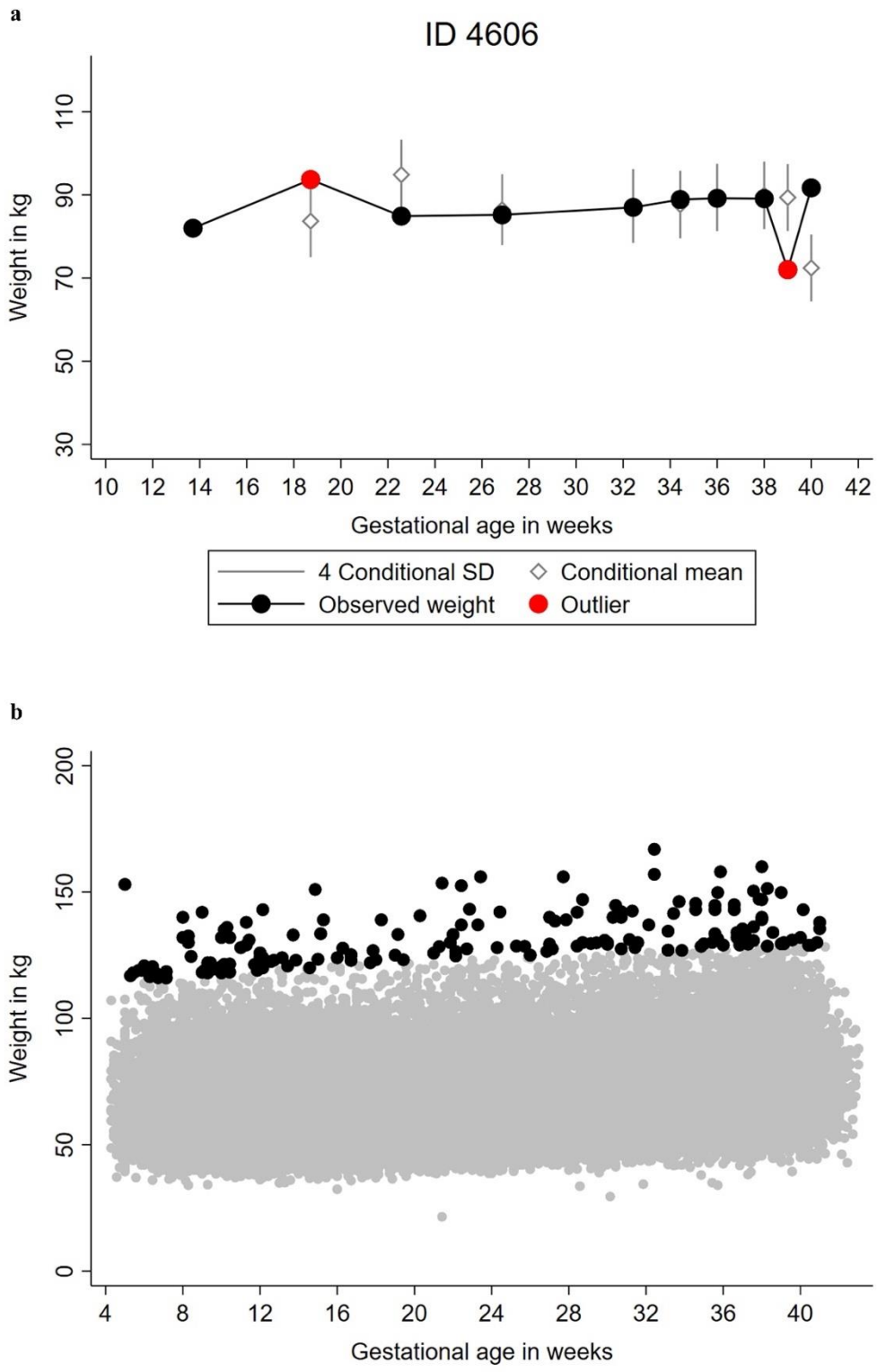

Figure A1.S2. Examples of outliers for maternal weight during pregnancy. a. Conditional mean approach using 4 standard deviation (SD); b. Jackknife residuals using 4 as cutoff.

Table A1.S4. Alternative approach for heterogeneity assessment of the studies included in Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

	GWG (First trimester weight) Absolute value (%)	**GWG (pre-pregnancy weight) Absolute value (%)**
Crude variance due to the original cohort	0.1 (0.5)	0.2 (0.8)
Crude variance due to id	13.0	21.6
Crude Residual variance	3.4	3.8
Adjusted models		
Adjusted variance due to the cohort*	0.1 (0.8)	0.2 (0.8)
Adjusted variance due to id*	11.9	20.4
Adjusted Residual variance*	3.4	3.8
Adjusted variance due to the cohort **	0.1 (0.8)	0.2 (0.9)
Adjusted variance due to id**	11.8	20.2
Adjusted Residual variance**	3.4	3.8

* Adjusted for nutritional status based on Body Mass Index (BMI) (calculated using 1st trimester weight or self-reported pre-pregnancy weight). ** Adjusted for pre-pregnancy BMI (continuous, calculated using 1st trimester weight or self-reported pre-pregnancy weight). Note: GWG: Gestational weight gain.

Table A1.S5. Comparative analysis between total gestational weight gain calculated using first trimester weight or self-reported pre-pregnancy weight (n=3,526 women).

Study name	GWG First-trimester weight (kg)		GWG self-reported pre-pregnancy weight (kg)		Difference between means (kg)
	Mean	95% CI	Mean	95% CI	
EBDG	10.6	10.3 - 11.0	12.5	12.1 - 13.0	1.93
ECCAGe	12.7	12.0 -13.4	14.3	13.5 - 15.1	1.61
PQ	11.7	11.0 - 12.4	13.9	13.0 - 14.9	2.27
RMGV	11.7	10.8 - 12.5	12.6	11.7 - 13.6	0.96
SP2	12.4	11.5 – 13.3	14.4	13.3 – 15.4	1.98
RJ	11.7	11.0 - 12.4	13.2	12.3 - 14.1	1.49
MEPel	11.4	10.4 - 12.5	12.8	11.56 - 14.1	1.38
ES1	11.1	10.3 - 11.9	12.9	11.9 - 13.9	1.78
CLAB	12.2	11.5 - 12.9	12.8	12.0 - 13.5	0.56
PELOTAS	11.2	10.9 - 11.6	12.3	11.9 - 12.6	1.01
SP4	11.4	11.0 - 11.7	13.0	12.6 - 13.4	1.60
Overall	11.4	11.3 - 11.6	12.9	12.7 - 13.1	1.46

Note: Names of studies are derivated from acronyms and abbreviations from Portuguese: EBDG; Estudo Brasileiro do Diabetes Gestacional (Brazilian Study of Gestational Diabetes); ECCAGe: Estudo do Consumo e Comportamento Alimentar na Gestação; PQ: Petrópolis e Queimados; RMGV: Região Metropolitana da Grande Vitória; SP2: São Paulo 2; RJ: Rio de Janeiro; MEPel: Maternidade-escola, Pelotas; ES1: Espírito Santo 1; CLaB: Coorte de Lactentes de Botucatu; Pelotas: Pelotas 2015 birth cohort; SP4: São Paulo 4. GWG: gestational weight gain; CI: confidence interval.

6.2 ARTIGO 2 (*BMC PREGNANCY AND CHILBIRTH*)

Agreement between self-reported pre-pregnancy weight and measured first-trimester weight in Brazilian women

Authors: Thaís Rangel Bousquet Carrilho, Kathleen M. Rasmussen, Dayana Rodrigues Farias, Nathalia Cristina Freitas Costa, Mônica Araújo Batalha, Michael E. Reichenheim, Eric O. Ohuma, Jennifer A. Hutcheon, Gilberto Kac, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Abstract

Background: Self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the first trimester are both used to estimate pre-pregnancy body mass index (BMI) and gestational weight gain (GWG) but there is limited information on how they compare, especially in low- and middle-income countries, where access to a weight scale can be limited. Thus, the main goal of this study was to evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during the first trimester of pregnancy among Brazilian women so as to assess whether self-reported pre-pregnancy weight is reliable and can be used for calculation of BMI and GWG.

Methods: Data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC, n = 5,563) and the National Food and Nutritional Surveillance System (SISVAN, n = 393,095) were used to evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weights measured in three overlapping intervals (30-94, 30-60 and 30-45 days of pregnancy) and their impact in BMI classification. We calculated intraclass correlation and Lin's concordance coefficients, constructed Bland and Altman plots, and determined Kappa coefficient for the categories of BMI.

Results: The mean of the differences between self-reported and measured weights was < 2 kg during the three intervals examined for BMCNC (1.42, 1.39 and 1.56 kg) and about 1 kg for SISVAN (1.0, 1.1 and 1.2 kg). Intraclass correlation and Lin's coefficient were > 0.90 for both datasets in all time intervals. Bland and Altman plots showed that the majority of the difference laid in the ±2 kg interval and that the differences did not vary according to measured first-trimester BMI. Kappa coefficient values were > 0.80 for both datasets at all intervals. Using

self-reported pre-pregnancy or measured weight would change, in total, the classification of BMI in 15.9, 13.5, and 12.2% of women in the BMCNC and 12.1, 10.7, and 10.2% in the SISVAN, at 30-94, 30-60 and 30-45 days, respectively.

Conclusion: In Brazil, self-reported pre-pregnancy weight can be used for calculation of BMI and GWG when an early measurement of weight during pregnancy is not available. These results are especially important in a country where the majority of woman do not initiate prenatal care early in pregnancy.

Keywords: Weight, Self-report, First trimester, Pregnancy, Gestational weight gain, Body mass index, Agreement

Background

Pre-pregnancy weight refers to a woman's weight at conception and is used during prenatal care for determining maternal pre-pregnancy body mass index (BMI) and calculating gestational weight gain (GWG) (1, 2). However, this information is not generally available in most settings because it is often not feasible to obtain weight measurements right after conception. This difficulty can be related to a variety of factors, such as unplanned pregnancies, the lack data on women's weight throughout the life-course, and the lack of an early enough start to prenatal care for an accurate recall of women's pre-pregnancy weight. As a result, either self-reported pre-pregnancy or measured weight in the first trimester may be used for calculating pre-pregnancy BMI and GWG (2, 3).

The agreement between self-reported and measured weight before or during the first trimester of pregnancy has been evaluated in several populations with conflicting results (4-7). Bodnar *et al.* (4) evaluated the accuracy of reported pre-pregnancy BMI and GWG on over 47,000 birth certificates from Pennsylvania and found that maternal weight data was poorly reported. In contrast, Holland *et al.* (6) observed that using self-reported pre-pregnancy or measured weight at first prenatal visit had no impact on BMI classification using data from 307 women from Massachusetts. Some studies have also shown that maternal education, socioeconomic status, and race/ethnicity influence the quality of the reported weight (5, 8-10).

In their recent systematic review, Headen *et al.* (11) suggested that more studies, with larger sample sizes, are necessary to evaluate the agreement between self-reported and

measured first-trimester weight, especially in the beginning of this period. They also argued that the bias in self-reporting would be problematic, especially in low- and middle-income countries, where access to a weight scale at home and medical care may be limited.

In most studies that have compared self-reported pre-pregnancy weight with weight measured in the first trimester, a restricted time frame for the measurement (such as the first month of pregnancy) was not specified. This makes it difficult to differentiate between an error in reporting pre-pregnancy weight and the possibility of weight gain during the first trimester. Three studies on this subject (12-14) have been conducted in Brazil. Oliveira *et al.* (12) analyzed data from 30 women from Rio de Janeiro and compared self-reported weight and the weight measured in the first trimester registered in their pregnancy cards. The authors concluded that these women underestimated their pre-pregnancy weight but, in general, the values were close to the measured weight. Niquini *et al.* (13) evaluated 512 women who were also from Rio de Janeiro. They compared self-reported with measured first-trimester weight and concluded that women tended to underestimate their weight but the effect of this underestimation on BMI classification was limited. Araújo *et al.* (14) observed the same pattern of underestimation of self-reported pre-pregnancy weight in their study of 17,093 pregnant women from the whole country. It is important to mention, however, that the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight at different times during the first trimester of pregnancy was not evaluated in those studies. Thus, the possibility of using self-reported pre-pregnancy weight to determine BMI and GWG remains unclear.

The primary goal of this study was to evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during the first trimester of pregnancy among Brazilian women. Our primary interest was to assess whether self-reported weight was a viable option to calculate BMI and GWG in comparison with measured weight. To accomplish this, we used two large datasets, one based on research studies and another on administrative data. The secondary goal was to assess the impact of using each of these estimates in the classification of pre-pregnancy BMI.

Methods

This study used data from two different sources, namely a research dataset from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC) (15), and an administrative dataset from the National Food and Nutritional Surveillance System (SISVAN, from the

Portuguese acronym). The analyses were restricted to apparently healthy women (no indication of infectious or chronic diseases – except obesity - before pregnancy), aged 18-49 years.

The steps for harmonization and combination of datasets for the BMCNC are described elsewhere (15). The harmonized and cleaned dataset included 17,344 women. The current study considered only those women who provided self-reported pre-pregnancy weight and had their weight measured in the first trimester (*n*=5563).

The SISVAN is a national database containing nutritional surveillance information from subjects from all over the country, in every stage of life, collected during routine public health care services. It is the only Brazilian administrative dataset with repeated measures of weight during pregnancy. SISVAN had over five million women registered from 2008 to 2018. Details about the system are published elsewhere (16). For this dataset, steps of data cleaning were employed. Identification of outliers considering the longitudinal characteristics of the data and the general distribution of variables was also performed (17, 18). For this study, data from 393,095 women were used.

The variables used in this study included self-reported pre-pregnancy weight (in kg) collected in the first pregnancy visit or the first study interview; weight measured during the first trimester of pregnancy; maternal height (in meters) measured in the study or routine prenatal care in early pregnancy; maternal body mass index (BMI, in kg/m^2) classified according to the World Health Organization cutoffs as underweight (< 18.5 kg/m^2), normal (18.5-24.9 kg/m^2), overweight (≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2) and obese (≥ 30.0 kg/m^2) (19); and gestational age (in weeks) at the prenatal visits. The determination of gestational age varied according to the origin of the data. For the BMCNC, ultrasound data (performed before 24 weeks) and the date of the last menstrual period (LMP) reported by the women were available. Ultrasound information (date and gestational age of the exam) performed before 24 weeks was used for the determination of gestational age whenever available. When ultrasound was performed after 24 weeks or was not available, the calculation was made based on the LMP date (20). In the SISVAN, only the date of the LMP was available.

The analyses were conducted using weight measured at several overlapping intervals during the first trimester of pregnancy, namely at 30-94 days of pregnancy (any time in the first trimester), 30-60 days (between 4 and 8 weeks), and 30-45 days (between 4 and 6 weeks). We used these intervals for both datasets as well as a cumulative analysis because we wanted to compare different potential upper gestational age ranges that clinicians and researchers might

need to use. We also considered the expected pattern of weight gain up to 8th week of pregnancy, which could be as low as no gain (21). The lower limit of 30 days was used because it is unlikely that women would start prenatal care before then. The upper limit of 94 days marks the end of the first trimester. Some women contributed more than one weight measurement during the first trimester, and, in these cases, the first measurement was used. Some women contributed to more than one group because analyses were cumulative and, thus, overlapped (e.g. if a woman had data at 42 days, these data would also be included in the other two longer intervals).

Statistical analyses

A complete-case analysis was performed for both datasets. We determined the intraclass correlation coefficient (ICC) and Lin's concordance coefficient, both with 95% confidence intervals (CI) (22). ICC may vary from 0 (no agreement) to 1 (perfect agreement) and, in the current case, it assessed the agreement between the pairs of weights, representing the proportion of the total variability in the observations due to the differences between the pairs of weights (23). Lin's concordance coefficient can be better explained by plotting the line of best fit in a scatter plot of both weights. This coefficient is a modification of Pearson's correlation coefficient, measuring how far the data are from the 45-degree line of perfect agreement (regression line with intercept = 0 and slope = 1). Lin's coefficient will be equal to 1 when all the points lie on the perfect agreement line and diminishes as the points depart from this line (22).

As an initial procedure to test for the equivalence between self-reported and measured weight, two one-sided tests (TOST) were performed. The application of TOST in agreement analysis provides a means to evaluate empirical evidence of equivalence between the two measurements rather than only measuring the absence of differences, as the *t* test provides (24, 25). To perform TOST, it is necessary to determine the equivalence region, i.e., the limits outside which the difference in mean values is considered significant (both in terms of statistics and practical use). We determined the equivalence region between − 2 and + 2 kg, considering these limits as small and plausible when evaluating the two measurements, and the upper limit of the recommended GWG for the first trimester (2 kg) (2). We presented 90% CI since TOST consists of two separate one-sided tests at level 1-α. When combining those tests into a single CI, a confidence level of 100(1-2α)% should be estimated (24, 25).

Bland and Altman plots were also constructed (26). These graphs portray differences between self-reported and first trimester weights, and whether these increase with higher mean weights. In perfect agreement, differences are expected to be zero irrespective of weight. Besides plotting the traditional limits at ±1.96 standard deviation proposed by the authors, we added lines indicating differences at ±2 kg to facilitate visual inspection. Bland and Altman plots were presented with different colors for each first-trimester measured BMI category, in order to show BMI variations in the differences, due to the limited sample size to perform the graphs stratified, especially in the 4-6 weeks interval.

The kappa coefficient with quadratic weighting (27) was estimated to assess the impact of using the self-reported or measured data to classify women's pre-pregnancy BMI values. Bootstrap method with 500 replications was used to calculate 95% CI (28). The kappa coefficient measures the agreement between two categorical variables by examining the proportion of responses in two or more agreement cells (e.g. underweight according to self-reported weight BMI/underweight according to first-trimester weight BMI) in relation to the proportion of responses in these cells which would be expected by chance, given the marginal distribution (27, 29). The classification of agreement used the limits proposed by Landis & Koch (30): $\kappa > 0.60–0.80$, substantial and $\kappa > 0.80$, almost perfect agreement.

As an additional analysis, to ensure that the selected women from both datasets presented similar sociodemographic profile when compared to the original data before selection, tables with means and standard deviations for continuous variables (maternal age, pre-pregnancy weight, height, pre-pregnancy BMI) and absolute and relative frequencies for categorical ones (maternal education and BMI classification) were constructed. All the analyses were performed in Stata version 15 (31) and R version 3.6 (32).

Results

In the BMCNC, at 30-94 days, 5563 women were evaluated, at 30-60 days, 1691, and at 30-45 days, 502. In the SISVAN, the initial dataset for women with both self-reported pre-pregnancy and first-trimester measured weight was 393,095; for 30-60 days, 173,676, and for 30-45 days, 63,117 women (**Figure A2.S1**). In general, women from both datasets presented similar age distributions (mean = 27.2 [SD: 5.7] years, for the BMCNC and mean = 26.8 [SD: 5.9] years for the SISVAN). However, the distribution of education was quite different among

the two data sources; 17.4% of the women of the BMCNC presented tertiary education, while only 2.4% of the women in the SISVAN were in this category (**Table A2.S1**).

In the BMCNC dataset, the mean pre-pregnancy weight was 62.4 kg (SD: 13.0), and in the SISVAN dataset, the mean was 63.8 kg (13.6). The mean first-trimester weight (measured in any gestational week from 30-94 days) was 64.0 (13.1) and 65.0 (13.8) kg, in the BMCNC and SISVAN, respectively. The mean of the differences between the self-reported and measured weights was less than 2 kg during the three intervals examined for the BMCNC data. These differences were smaller (around 1 kg) in the SISVAN data (**Table A2.1**).

ICC and Lin's coefficient were above 0.90 for both datasets. Higher agreement was observed between self-reported and the weight measured between 30 and 45 days of pregnancy (ICC and Lin = 0.961 and 0.979 for the BMCNC data and the SISVAN, respectively), compared to the other time intervals. All the coefficients were slightly smaller when the first-trimester weight measured at any time point (30-94 days) was used, compared to more restricted time intervals (30-60 and 30-45 days) (**Table A2.2**).

The TOST procedure revealed that self-reported pre-pregnancy weight and first trimester measures can be considered equivalent, but not equal, for all the evaluated scenarios in the SISVAN but only for 30-94 days in the BMCNC data, according to 90% CI and ± 2 kg limits used. For the BMCNC data, the 90% CIs for the periods of 30-45 days and 30-60 days were outside those limits, so these measurements cannot be considered equivalent according to this procedure (**Fig. A2.1)**.

Table A2.1. Description of the weight and body mass index variables in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

	BMCNC dataset		SISVAN dataset	
Weight and BMI variables	Mean (SD)	Minimum; Maximum	Mean (SD)	Minimum; Maximum
30 - 94 days				
Self-reported pre-pregnancy weight	62.4 (13.0)	30; 120	63.8 (13.6)	33.0; 128.0
First trimester weight	64.0 (13.1)	34.9; 116.8	65.0 (13.8)	36.6; 121.5
Difference between weights†	1.6 (3.8)	-21.1; 23.5	1.2 (2.8)	-8.7; 15.8
Self-reported pre-pregnancy BMI‡	24.4 (4.6)	12.9; 46.9	25.0 (5.0)	12.6; 56.6
First trimester BMI**	25.1 (4.6)	14.4; 45.8	25.4 (5.0)	12.6; 56.9
Difference between BMI†	0.6 (1.48)	-7.1 – 8.7	-0.5 (1.1)	-0.9; 4.1
30 - 60 days				
Self-reported pre-pregnancy weight	63.2 (12.9)	30; 115	64.2 (13.5)	33.0; 126.0
First trimester weight	64.6 (13.1)	35.8; 113.8	65.3 (13.7)	36.6; 120.0
Difference between weights†	1.4 (3.5)	-21.1; 19.5	1.1 (2.6)	-8.7; 15.8
Self-reported pre-pregnancy BMI‡	24.6 (4.6)	13.9; 45.7	25.0 (4.9)	12.6; 53.0
First trimester BMI**	25.1 (4.7)	14.4; 45.8	25.4 (5.0)	12.6; 53.3
Difference between BMI†	0.5 (1.3)	-7.1 – 8.0	-0.4 (1.0)	-7.4; 4.1
30 – 45 days				
Self-reported pre-pregnancy weight	64.2 (12.5)	40; 112	64.6 (13.7)	33.0; 124.0
First trimester weight	65.6 (12.5)	36; 113.8	65.6 (13.7)	36.6; 119.0
Difference between weights†	1.4 (3.2)	-16.0; 18.0	1.0 (2.5)	-8.7; 15.8
Self-reported pre-pregnancy BMI‡	24.9 (4.5)	16.4; 40.4	25.1 (4.9)	12.6; 53.0
First trimester BMI**	25.5 (4.5)	16.0; 40.2	25.5 (5.0)	12.6; 53.3
Difference between BMI†	0.6 (1.3)	-5.5 – 7.8	-0.4 (1.0)	-7.4; 4.0

Notes: †Difference was calculated as: first trimester weight/BMI – self-reported weight/BMI. ‡ There is a small difference in the sample size for the calculation of BMI due to missing data in height in the BMCNC dataset (n= 5381 for 30-94 days, n= 1617 for 30-60 days, n=480 for 30-45 days). BMCNC: Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium; BMI: Body mass index; SD: Standard deviation; SISVAN: Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

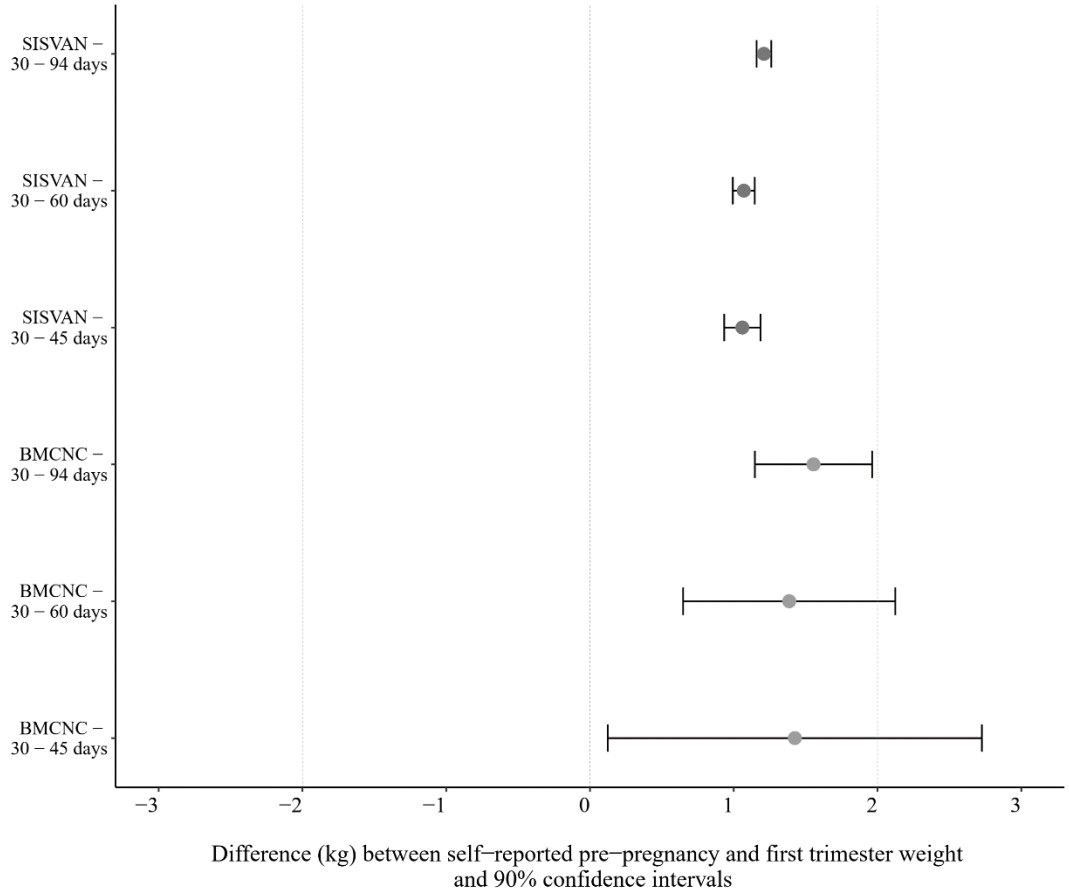

Figure A2.1. Mean differences and 90% confidence intervals for the TOST procedure for self-reported weight and weight measured in different time intervals during first trimester in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

The Bland and Altman plots (**Figs. A2.2 and A2.3**). showed that most women were within the limits of agreement defined by the plot (93.3, 93.6, 93.2% and 93.4, 93.8, 93.5% for the BMCNC and SISVAN at 30-94, 30-60, and 30-45 days, respectively). The percentage of women within the ±2 kg difference between the weights varied between 66 and 73% according to the time interval studied and the dataset used. Similarly, the percentage of women with differences above 5 kg is low (~10%, data not shown). The plots indicated no differing pattern regarding the mean of weights, i.e., the differences are spread over the distribution of means of self-reported and first-trimester weight in both datasets for all periods. It was also not possible to observe different patterns regarding the classification of first-trimester BMI.

Kappa coefficient varied from substantial to almost perfect agreement. Slightly higher values (0.89 for the BMCNC data and 0.92 for the SISVAN) occurred when the BMI was classified using the first-trimester weight measured up to 30-45 days, but the results were similar in other periods, especially if the CI is taken into account (**Table A2.2**). The high values of this coefficient highlight the low proportions off the agreement cells, showing that most women are classified in the same BMI category when self-reported or first-trimester weight was used (**Tables A2.3 and A2.4**).

Using self-reported pre-pregnancy or measured weight would change, in total, the classification of BMI in 15.9, 13.5, and 12.2% of women in the BMCNC at 30-94, 30-60, and 30-45 days, respectively. For the SISVAN, the reclassification would be 12.1, 10.7, and 10.2% for the same periods. The larger discrepancy was observed for the classification at 30-94 days for both datasets. In this interval, for the BMCNC, 7.3% of the women would be classified as normal using self-reported and as overweight if the first-trimester weight were used (**Table A2.3**). In the SISVAN, 5.4% of women would be classified as normal with self-reported weight and overweight with first-trimester weight. Most women changed their BMI classification to an adjacent category and larger discrepancies in classification were not observed in either dataset (**Table A2.4**).

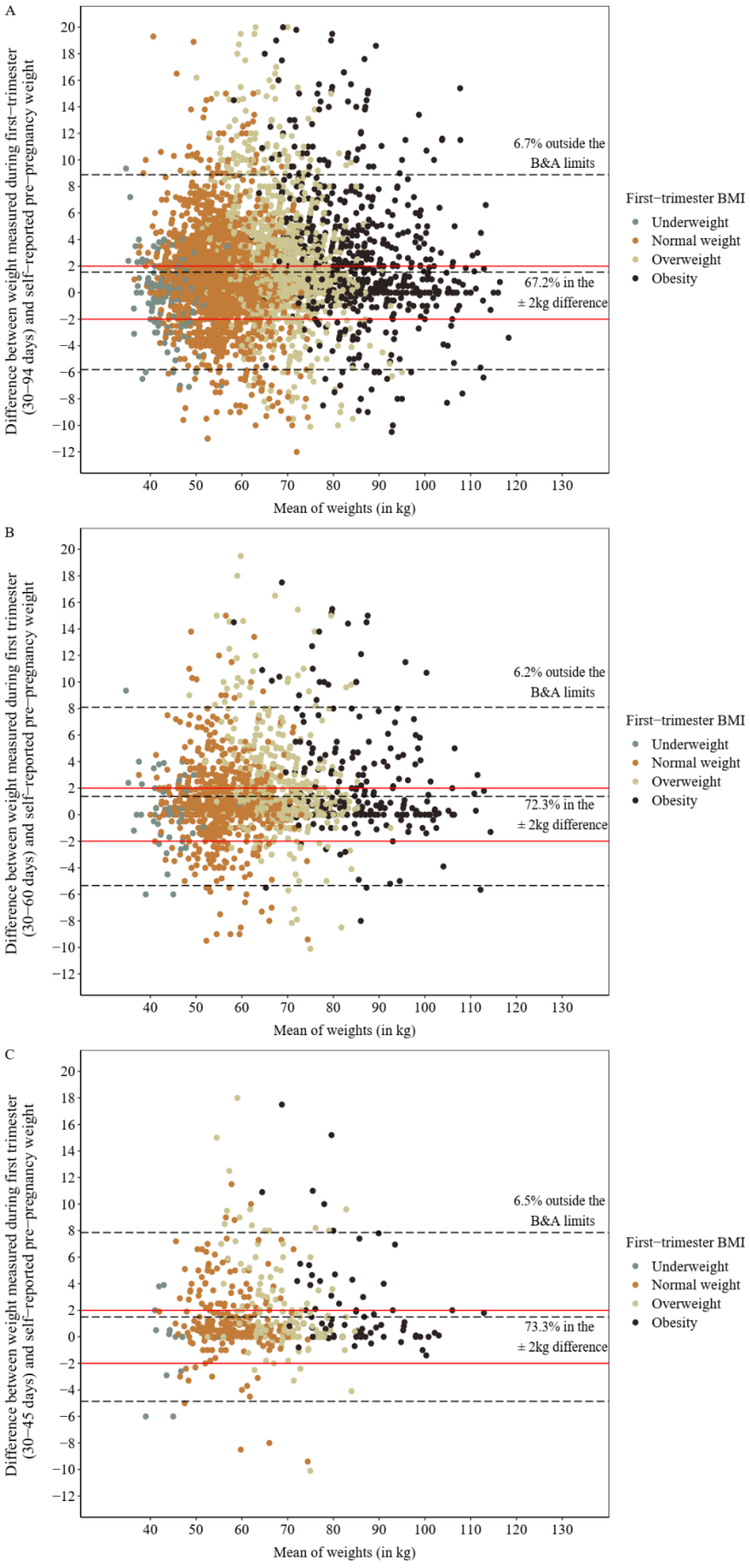
A
Difference between weight measured during first−trimester (30−94 days) and self−reported pre−pregnancy weight
6.7% outside the B&A limits
67.2% in the ± 2kg difference
Mean of weights (in kg)
B
Difference between weight measured during first trimester (30−60 days) and self−reported pre−pregnancy weight
6.2% outside the B&A limits
72.3% in the ± 2kg difference
Mean of weights (in kg)
C
Difference between weight measured during first trimester (30−45 days) and self−reported pre−pregnancy weight
6.5% outside the B&A limits
73.3% in the ± 2kg difference
Mean of weights (in kg)
First−trimester BMI
Underweight
Normal weight
Overweight
Obesity

Figure A2.2. Bland and Altman plots for the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data: A. 30-94 days of pregnancy; B. 30-60 days of pregnancy; C. 30-45 days of pregnancy.

Note: 1. B&A limits: Limits as defined in Bland & Altman (1986): Mean difference ± 1.96 X Standard deviation of the difference. 2. A small number of individuals (n=18 in A, n=4 in B and n=1 in C) were not plotted due to the chosen limits of the plots. 3. There is a small difference in the sample size in the graphs due to missing data in height (n= 5381 for 30-94 days, n= 1617 for 30-60 days, n= 480 for 30-45 days).

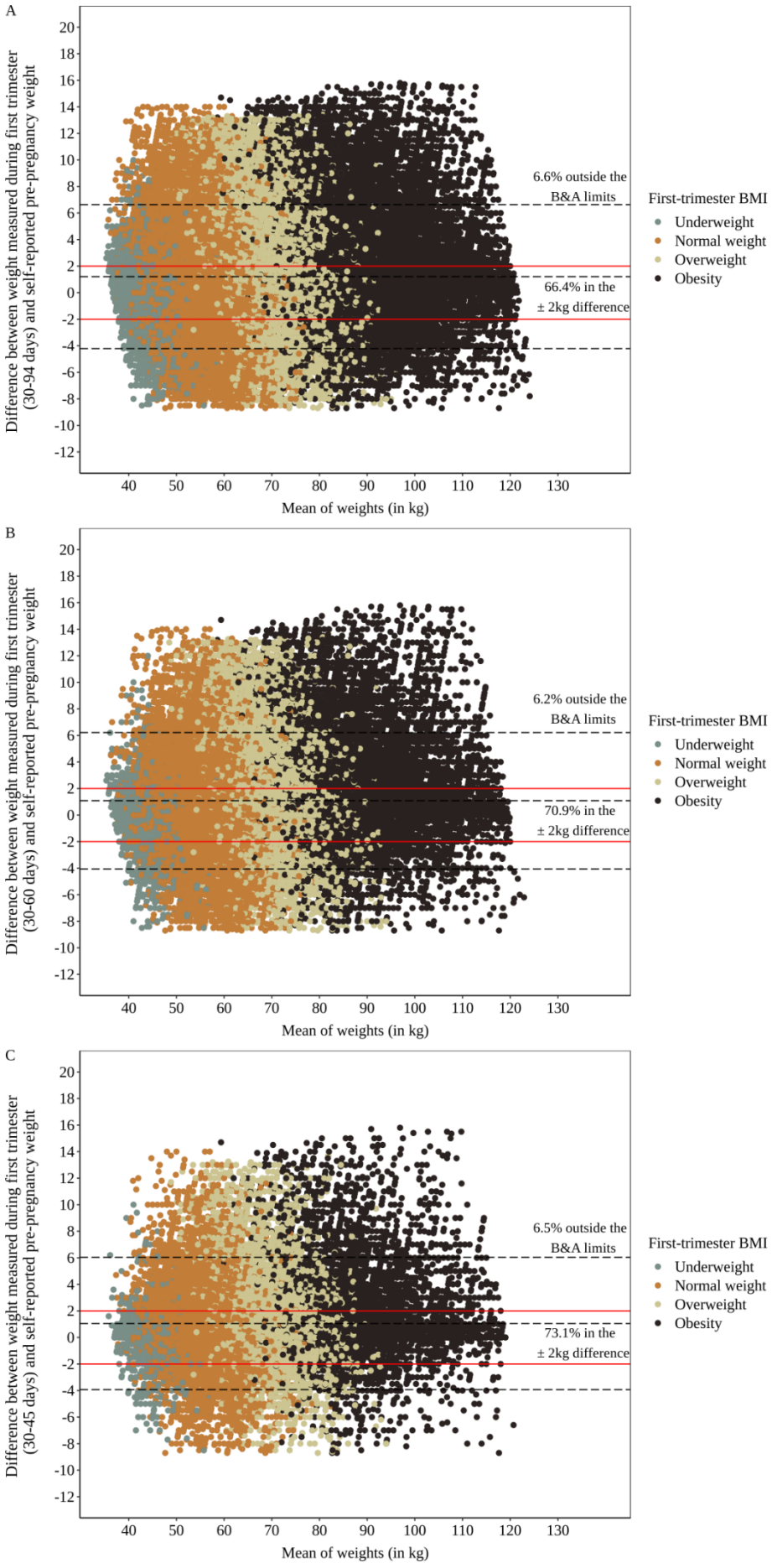
A
Difference between weight measured during first trimester (30-94 days) and self-reported pre-pregnancy weight
Mean of weights (in kg)
6.6% outside the B&A limits
66.4% in the ± 2kg difference
First-trimester BMI
Underweight
Normal weight
Overweight
Obesity
B
Difference between weight measured during first trimester (30-60 days) and self-reported pre-pregnancy weight
Mean of weights (in kg)
6.2% outside the B&A limits
70.9% in the ± 2kg difference
First-trimester BMI
Underweight
Normal weight
Overweight
Obesity
C
Difference between weight measured during first trimester (30-45 days) and self-reported pre-pregnancy weight
Mean of weights (in kg)
6.5% outside the B&A limits
73.1% in the ± 2kg difference
First-trimester BMI
Underweight
Normal weight
Overweight
Obesity

Figure A2.3. Bland and Altman plots for the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System data: A. 30-94 days of pregnancy; B. 30-60 days of pregnancy; C. 30-45 days of pregnancy.

Note: B&A limits: Limits as defined in Bland & Altman (1986): Mean difference ± 1.96 X Standard deviation of the difference.

Table A2.2. Measures of agreement between self-reported weight and weight measured during the first pregnancy trimester among Brazilian women in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

	30-94 days (up to 13 weeks)	30-60 days (up to 8 weeks) †	30-45 days (up to 6 weeks) †
BMCNC			
Number of individuals	5563	1691	502
ICC (95% CI)	0.952 (0.949 – 0.954)	0.959 (0.956 – 0.963)	0.961 (0.954 – 0.967)
Lin's coefficient (95% CI)	0.952 (0.949 – 0.954)	0.959 (0.956 – 0.963)	0.961 (0.953 – 0.967)
Kappa coefficient (95% CI‡)	0.867 (0.857 – 0.875)	0.888 (0.868 – 0.903)	0.897 (0.865 – 0.923)
Mean gestational age in the period (days)	69	49	40
SISVAN			
Number of individuals	393095	173676	63117
ICC (95% CI)	0.976 (0.975 – 0.976)	0.978 (0.978 – 0.979	0.979 (0.979 – 0.980)
Lin's coefficient (95% CI)	0.976 (0.975 – 0.976)	0.978 (0.978 – 0.979	0.979 (0.979 – 0.980)
Kappa coefficient (95% CI‡)	0.909 (0.909 – 0.910)	0.918 (0.917 – 0.920)	0.923 (0.921 – 0.925)
Mean gestational age in the period (days)	63.3	47.9	39.8

Notes: † Cumulative analysis. ‡ 500 replications; there is a small difference in the sample size for the calculation of the Kappa coefficient for BMI due to missing data in height, in the BMCNC dataset (n= 5381 for 30-94 days, n= 1617 for 30-60 days, n= 480 for 30-45 days). BMCNC: Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium; CI: Confidence interval; SD: Standard deviation; SISVAN: Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

Table A2.3. Contingency tables for the classification of body mass index using self-reported and first trimester weight in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Self-reported pre-pregnancy weight	First trimester weight				
	Underweight	Normal	Overweight	Obesity	Total
30-94 days					
Underweight	**167 (3.1)**	121 (2.2)	0	0	288 (5.3)
Normal	41 (0.8)	**2597 (48.3)**	393 (7.3)	6 (0.1)	3037 (56.4)
Overweight	0	103 (1.9)	**1148 (21.3)**	153 (2.8)	1404 (26.1)
Obesity	0	0	41 (0.8)	**611 (11.3)**	652 (12.1)
Total	208 (3.9)	2821 (52.4)	1583 (29.4)	770 (14.3)	5381 (100)
30-60 days					
Underweight	**53 (3.3)**	29 (1.8)	0	0	82 (5.1)
Normal	7 (0.4)	**792 (49.0)**	107 (6.6)	1 (0.06)	907 (56.1)
Overweight	0	27 (1.7)	**361 (22.3)**	40 (2.5)	428 (26.5)
Obesity	0	0	7 (0.4)	**193 (11.9)**	200 (12.4)
Total	60 (3.7)	848 (52.4)	475 (29.4)	234 (14.5)	1617 (100)
30-45 days					
Underweight	**14 (2.9)**	4 (0.8)	0	0	18 (3.7)
Normal	3 (0.6)	**225 (46.9)**	34 (7.1)	1 (0.2)	263 (54.8)
Overweight	0	4 (0.8)	**116 (24.2)**	13 (2.7)	133 (27.7)
Obesity	0	0	0	**66 (13.7)**	66 (13.7)
Total	17 (3.5)	233 (48.5)	150 (31.2)	80 (16.7)	480 (100)

Note: Values refer to absolute and relative frequencies in each cell. BMI cutoffs: Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2

Table A2.4. Contingency tables for the classification of body mass index using self-reported and first trimester weight in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

Self-reported pre-pregnancy weight	First trimester weight				
	Underweight	Normal	Overweight	Obesity	Total
30-94 days					
Underweight	**13351 (3.4)**	7195 (1.8)	0	0	20546 (5.2)
Normal	2342 (0.6)	**185445 (47.2)**	21083 (5.4)	17 (< 0.001)	208887 (53.1)
Overweight	0	4619 (1.2)	**88762 (22.6)**	9844 (2.5)	103265 (26.3)
Obesity	0	0	2290 (0.6)	**58107 (14.8)**	60397 (15.4)
Total	15693 (4.0)	197259 (50.2)	112135 (28.5)	68008 (17.3)	393095 (100)
30-60 days					
Underweight	**5819 (3.4)**	2658 (1.5)	0	0	8477 (4.9)
Normal	951 (0.5)	**82339 (47,4)**	8373 (4.8)	8 (< 0.001)	91671 (52.8)
Overweight	0	1824 (1.1)	**40779 (23.5)**	4049 (2.3)	46625 (26.9)
Obesity	0	0	904 (0.5)	**25972 (14.9)**	26876 (15.5)
Total	6770 (3,9)	86821 (50.0)	50056 (28.8)	30029 (17.3)	173676 (100)
30-45 days					
Underweight	**1984 (3.1)**	934 (1.5)	0	0	2918 (4.6)
Normal	308 (0.5)	**29901 (47.4)**	2946 (4.7)	2 (< 0.001)	33157 (52.5)
Overweight	0	602 (0.9)	**15114 (23.9)**	1387 (2.2)	17103 (27.1)
Obesity	0	0	279 (0.4)	**9660 (15.3)**	9939 (15.7)
Total	2292 (3.6)	31437 (49.8)	18339 (29.1)	11049 (17.5)	63117 (100)

Note: Values refer to absolute and relative frequencies in each cell. BMI cutoffs: Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2

Discussion

We observed a substantial agreement (all coefficients had values > 0.80) between self-reported weight and the weight measured in the first trimester, especially if the latter was measured up to the first 30-45 days of pregnancy. The weight measurement in this period, closer to conception, would be the best choice in research and clinical practice to determine BMI and GWG when recovering the true pre-conceptional weight is not possible, because it is less likely to be affected by weight gain. However, a measurement in this restricted time frame is rarely available in most settings. Thus, self-reported pre-pregnancy weight seems to be a suitable choice.

As we expanded the length of the eligible first-trimester window, the difference between the two measures was somehow larger, which would be expected, as there is usually weight gain along the first trimester. Weight measurements collected during the first trimester in a larger time frame (30-60 or 30-94 days) are also commonly used for the calculation of BMI and GWG. Nevertheless, using those measurements for calculating GWG would be neglecting pregnancy weight variations during this period, which is expected to happen (21). In turn, the acceptable agreement observed with these other time intervals reinforces the possibility of using self-reported weight in both research and clinical practice. This finding corroborates with Park *et al.* (33) results, using birth certificate data from the United States, which observed minimal and not clinically meaningful differences between pre-pregnancy and measured first-trimester weight.

Most studies on this topic have collected the information of self-reported weight in different times relative to the last menstrual period, i.e., in the beginning, middle or at the end of the gestational period or even 10 years after the conception (34, 35). This may lead to important recall bias given the long period since the event occurred. In addition, few studies have compared the report to the weight actually measured in the first trimester and, even if they did, the comparison was only one to point in the first trimester of pregnancy (8, 36).

In their systematic review, Headen *et al.* (11) observed a high correlation between self-reported and early-pregnancy weight, despite a tendency toward underreporting of pre-pregnancy weight among the 33 identified studies. In the three studies conducted in Brazil, a high correlation and agreement between self-reported and measured weight and a tendency toward underestimation was also observed (12-14). However, these studies did not consider the timing of the first-trimester weight measurement and the possibility of weight gain/loss during this period. These factors could produce differences between the report and the measurements that would not result from misreporting.

The TOST showed that for the SISVAN and the BMCNC data for 30-94 days, the weights could be considered statistically equivalent. These results emphasize that there is a difference between the measures, but this difference is expected, mainly because the first-trimester weight will be higher than pre-pregnancy weight. This would occur even if women remembered this value correctly. In terms of magnitude of discrepancies, the means were around 2 kg for both datasets and all time intervals, and in the Bland and Altman plots, the majority of the difference (~ 66-77%) were found in the ±2 kg interval. Shin *et al.* (8) also

observed that self-reported weight was lower than measured first-trimester weight by an average of 2.3 kg in data from 504 pregnant women from the United States. The 2-kg difference is close to the expected weight gain in the first trimester (2) and may not be related to an inaccurate weight report, but to rather to real changes in the measures because of the expected weight gain during this interval. Also, the plots revealed no pattern of difference considering measured first-trimester BMI, which may indicate that the BMI classification does not change the way a woman report her pre-pregnancy weight.

The classification of pre-pregnancy BMI using self-reported or first-trimester measured weight also had a high agreement, i.e., the impact of using one weight or another in the classification of BMI was small, according to the values of the kappa coefficient. The reduced impact on the classification suggests that using self-reported rather than measured weight would not substantially bias BMI estimates. This result differs from the findings of Fattah *et al.* (36). These authors evaluated 100 women from Ireland and observed that 22% of the women were classified in different BMI categories whether self-reported or measured first-trimester weight was used in BMI calculation.

For ascertainment of GWG, the differences observed between the weights would be the same for weight gain calculated using self-reported pre-pregnancy or measures first-trimester weight. However, since measurements collected early in the first trimester are rarely available, using weight collected at any time during this period would not consider the possibility of weight gain during the first trimester. Maternal first-trimester weight change may be important to fetal growth and the child's future health (37-39). In addition, using first-trimester weight to calculate GWG would be problematic for those women who start prenatal care after this time frame.

Recently published GWG charts by Santos *et al.* (40) and Hutcheon *et al.* (41) used self-reported weight to calculate weight gain and classify pre-pregnancy BMI, considering self-reported weight as the most commonly available information. However, the Intergrowth-21st GWG (42) and the Swedish charts (43) used weight measured in the first trimester, considering it a more appropriate source for the creation of the charts. It is possible to observe that there is still debate as to which measure should be employed, especially in studies assessing GWG (11, 44). However, considering the substantial agreement observed in the current study, it seems reasonable to assume the majority of women would receive adequate GWG counseling based on self-reported information.

By using a time interval close to conception (30-45 days), we were able to show that the women's report was not substantially biased and could be used when a measurement of weight in the beginning of pregnancy is unavailable. We also argue that using a measurement of weight collected at any time during the first trimester, although more often available, might disregard an effective GWG in this period. Future studies with weight measurements of women before conception could focus on developing a correction factor or a calibration equation to obtain a more accurate value for ascertaining both pre-pregnancy BMI and GWG. This would only be possible if weighting non-pregnant women becomes part of their routine health care.

Strengths and limitations

The availability of both self-reported and measured weights in the first trimester on the same women permitted us to address the central question of this study. Besides, using the most available realistic approaches for first-trimester weight also allowed us to evaluate differences when each weight was used. Collecting self-reported weight at the beginning of pregnancy to help reducing recall bias is another important strength. Also, the large sample size in both datasets for the first-trimester measurement used in the analyses and the fact that these datasets are from a middle-income country, where only limited information on this subject has been available, must be highlighted.

Nevertheless, some limitations must be considered. The number of women with a weight measurement in the first 30-45 and 30-60 days was relatively low, which affected the comparison of the coefficients and the determination of the TOST CI, even though the sample sizes for these periods were higher than those observed in several studies previously conducted on the topic (5, 35, 44). The sample size was not big enough to estimate coefficients according to BMI category, which would have been useful to compare differences between the report according to those categories. However, Bland and Altman plots were constructed depicting categories of BMI with different colors, and no clear pattern of differences were observed.

The reduction in the sample size in both datasets is another limitation to be mentioned. Unfortunately, the proportion of women who initiate prenatal care before 13 weeks in Brazil is limited and selecting those who also know their pre-pregnancy weight contributed further to decreasing the sample size available for this study in both sources of data. These facts may raise concern about the profile of the selected women, who may be substantially different from those removed from the analysis. However, the comparison of sociodemographic characteristics

between all the women and those selected for this study revealed a remarkably close profile (**Table A2.S1**).

The use of data collected in the routine prenatal care, which was the case for most studies included in the BMCNC and the SISVAN, could also introduce noise to the evaluation of the agreement between the measurements because the collection of weight and height was not standardized. The precise question used to inquire women about their pre-pregnancy weight is unknown. In some studies, participants knew their weight; in other cases, this information was abstracted from the participants' pregnancy booklets/cards. Finally, it was not possible to know the timing of the collection of self-reported weight, i.e., if it occurred before or after women were weighted in the visit. If women reported their pre-pregnancy weight shortly after being weighted, knowing the weight could have influenced their report. We recommend that the timing of weight is considered in future studies in the field.

Conclusions

In this study, we observed substantial agreement between self-reported pre-pregnancy and first-trimester measured weight, mainly at the beginning of gestation (30-45 days), even in data from SISVAN, a national administrative system. The mean differences between self-reported and measured first-trimester weights were lower than 2 kg, which have little impact on BMI classification and GWG calculation. An early measurement of weight is rarely available in Brazil and other LMIC and self-reported pre-pregnancy weight can be easily collected or retrieved from medical records or pregnancy booklets/cards. Thus, it seems to be a suitable choice to estimate pre-pregnancy BMI and GWG among Brazilian women and also those from other countries with similar characteristics.

Ethics approval and consent to participate

The Research Ethics Committee of the Rio de Janeiro Federal University Maternity Teaching Hospital approved this project (protocol number: 85914318.2.0000.5275). All analyses were conducted with de-identified data and all incorporated studies from the BMCNC were individually approved by their own institutional research ethics committees and were conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The use of data from the SISVAN database was approved by the same research ethics committee and security procedures to protect the data were taken.

References

1. Harris HE, Ellison GT. Practical approaches for estimating prepregnant body weight. Journal of Nurse-Midwifery. 1998;43(2):97-101.

2. Institute of Medicine (U.S.). Committee to Reexamine IOM Pregnancy Weight Guidelines. Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines. Washington, DC: National Academies Press; 2009. xiv, 854 p.

3. Amorim AR, Linne Y, Kac G, Lourenco PM. Assessment of weight changes during and after pregnancy: practical approaches. Maternal & Child Nutrition. 2008;4(1):1-13.

4. Bodnar LM, Abrams B, Bertolet M, Gernand AD, Parisi SM, Himes KP, et al. Validity of birth certificate-derived maternal weight data. Paediatric and Perinatal Epidemiology. 2014;28(3):203-12.

5. Han E, Abrams B, Sridhar S, Xu F, Hedderson M. Validity of Self-Reported Pre-Pregnancy Weight and Body Mass Index Classification in an Integrated Health Care Delivery System. Paediatric and Perinatal Epidemiology. 2016;30(4):314-9.

6. Holland E, Moore Simas TA, Doyle Curiale DK, Liao X, Waring ME. Self-reported pre-pregnancy weight versus weight measured at first prenatal visit: effects on categorization of pre-pregnancy body mass index. Maternal and Child Health Journal. 2013;17(10):1872-8.

7. Craig BM, Adams AK. Accuracy of body mass index categories based on self-reported height and weight among women in the United States. Maternal and Child Health Journal. 2009;13(4):489-96.

8. Shin D, Chung H, Weatherspoon L, Song WO. Validity of prepregnancy weight status estimated from self-reported height and weight. Maternal and Child Health Journal. 2014;18(7):1667-74.

9. Yu SM, Nagey DA. Validity of self-reported pregravid weight. Annals of Epidemiology. 1992;2(5):715-21.

10. Brunner Huber LR. Validity of self-reported height and weight in women of reproductive age. Maternal and Child Health Journal. 2007;11(2):137-44.

11. Headen I, Cohen AK, Mujahid M, Abrams B. The accuracy of self-reported pregnancy-related weight: a systematic review. Obesity reviews. 2017;18(3):350-69.

12. Oliveira AF, Gadelha AM, Leal MC, Szwarcwald CL. [Study of validity in self-reported weight and height among pregnant women treated at municipal maternity hospitals in Rio de Janeiro, Brazil]. Cadernos de Saude Publica. 2004;20 Suppl 1:S92-100.

13. Niquini RP, Bittencourt SA, Leal MdC. Conformity of pre-gestational weight measurement and agreement of anthropometric data reported by pregnant women and those recorded in prenatal cards, City of Rio de Janeiro, 2007-2008. Revista Brasileira de Epidemiologia. 2013;16:670-81.

14. Araújo RGPS, Gama SGN, Barros DC, Saunders C, Mattos IE. Validity of self-reported weight, height, and BMI in mothers of the research Birth in Brazil. Revista de Saude Publica. 2017;51:115.

15. Carrilho TRB, Farias DR, Batalha MA, Costa NCF, Rasmussen KM, Reichenheim ME, et al. Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium: Establishment, data harmonization and basic characteristics. Scientific Reports. 2020;10(14869).

16. Nascimento FAD, Silva SAD, Jaime PC. [Coverage of assessment of nutritional status in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System, 2008-2013]. Cadernos de Saude Publica. 2017;33(12):e00161516.

17. Yang S, Hutcheon JA. Identifying outliers and implausible values in growth trajectory data. Annals of Epidemiology. 2016;26(1):77-80 e1-2.

18. Shi J, Korsiak J, Roth DE. New approach for the identification of implausible values and outliers in longitudinal childhood anthropometric data. Annals of Epidemiology. 2018;28(3):204-11 e3.

19. WHO Expert Committee on Physical Status. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization; 1995. x, 452 p. p.

20. Papageorghiou AT, Kemp B, Stones W, Ohuma EO, Kennedy SH, Purwar M, et al. Ultrasound-based gestational-age estimation in late pregnancy. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2016;48(6):719-26.

21. Pitkin RM. Nutritional support in obstetrics and gynecology. Clinical Obstetrics and Gynecology. 1976;19(3):489-513.

22. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. Biometrics. 1989;45(1):255-68.

23. Watson PF, Petrie A. Method agreement analysis: a review of correct methodology. Theriogenology. 2010;73(9):1167-79.24.

24. Dixon PM, Saint-Maurice PF, Kim Y, Hibbing P, Bai Y, Welk GJ. A Primer on the Use of Equivalence Testing for Evaluating Measurement Agreement. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2018;50(4):837-45.

25. Lakens D, Scheel AM, Isager PM. Equivalence Testing for Psychological Research: A Tutorial. Advances in Methods and Practices in Psychological Science. 2018;1(2):259-69.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1(8476):307-10.
27. Cohen J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement. 1960;20(1):37-46.
28. Reichenheim ME. Confidence intervals for the kappa statistic. Stata Journal. 2004;4(4):421-8.
29. Streiner DL, Norman GR, Cairney J. Health Measurement Scales: A Practical Guide to Their Development and Use: Oxford University Press; 2015.
30. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159-74.
31. StataCorp. Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX.2017.
32. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. . 3.4.0 ed. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2017.
33. Park S, Sappenfield WM, Bish C, Bensyl DM, Goodman D, Menges J. Reliability and validity of birth certificate prepregnancy weight and height among women enrolled in prenatal WIC program: Florida, 2005. Maternal and Child Health Journal. 2011;15(7):851-9.
34. McClure CK, Bodnar LM, Ness R, Catov JM. Accuracy of maternal recall of gestational weight gain 4 to 12 years after delivery. Obesity. 2011;19(5):1047-53.
35. Tomeo CA, Rich-Edwards JW, Michels KB, Berkey CS, Hunter DJ, Frazier AL, et al. Reproducibility and validity of maternal recall of pregnancy-related events. Epidemiology. 1999;10(6):774-7.
36. Fattah C, Farah N, O'Toole F, Barry S, Stuart B, Turner MJ. Body Mass Index (BMI) in women booking for antenatal care: comparison between selfreported and digital measurements. European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive biology. 2009;144(1):32-4.
37. Gaillard R, Steegers EA, Franco OH, Hofman A, Jaddoe VW. Maternal weight gain in different periods of pregnancy and childhood cardio-metabolic outcomes. The Generation R Study. International Journal of Obesity. 2015;39(4):677-85.
38. Karachaliou M, Georgiou V, Roumeliotaki T, Chalkiadaki G, Daraki V, Koinaki S, et al. Association of trimester-specific gestational weight gain with fetal growth, offspring obesity, and cardiometabolic traits in early childhood. American Journal of Obstetrics and Gynecology.

2015;212(4):502 e1-14.

39. Rifas-Shiman SL, Fleisch A, Hivert MF, Mantzoros C, Gillman MW, Oken E. First and second trimester gestational weight gains are most strongly associated with cord blood levels of hormones at delivery important for glycemic control and somatic growth. Metabolism: Clinical and Experimental. 2017;69:112-9.

40. Santos S, Eekhout I, Voerman E, Gaillard R, Barros H, Charles MA, et al. Gestational weight gain charts for different body mass index groups for women in Europe, North America, and Oceania. BMC Medicine. 2018;16(1):201.

41. Hutcheon JA, Platt RW, Abrams B, Himes KP, Simhan HN, Bodnar LM. Pregnancy weight gain charts for obese and overweight women. Obesity. 2015;23(3):532-5.

42. Cheikh-Ismail L, Bishop DC, Pang R, Ohuma EO, Kac G, Abrams B, et al. Gestational weight gain standards based on women enrolled in the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project: a prospective longitudinal cohort study. BMJ. 2016;352:i555.

43. Johansson K, Hutcheon JA, Stephansson O, Cnattingius S. Pregnancy weight gain by gestational age and BMI in Sweden: a population-based cohort study. American Journal of Clinical Nutrition. 2016;103(5):1278-84.

44. Krukowski RA, West DS, DiCarlo M, Shankar K, Cleves MA, Saylors ME, et al. Are early first trimester weights valid proxies for preconception weight? BMC Pregnancy and Childbirth. 2016;16(1):357.

Supplementary material

Table A2.S1. Comparison between all women and those selected for the analyses (with information on self-reported pre-pregnancy weight and first-trimester measured weight) in the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium and National Food and Nutritional Surveillance System data.

	BMCNC		SISVAN	
	All women (n=17,344)	Selected women (n=5563)	All women (n= 840,848)	Selected women (n=393,095)
Continuous variables	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
Age	26.9 (5.8)	27.2 (5.7)	26.7 (5.9)	26.8 (5.9)
Pre-pregnancy weight (kg)	60.8 (13.1) [b]	62.4 (13.0)	63.4 (13.4)	63.8 (13.6)
Maternal height (cm)	159.3 (7.0) [c]	159.7 (7.0)	159.5 (6.4)	159.8 (6.4)
Pre-pregnancy BMI	24.1 (4.6) [d]	24.4 (4.6)	24.9 (4.9)	24.9 (5.0)
Categorical variables	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Maternal education [a]				
Pre-primary	1775 (10.8)	557 (10.0)	116,001 (25.5)	48,337 (21.1)
Primary	4447 (27.0)	1385 (25.0)	288,194 (63.2)	150,648 (65.7)
Secondary	7895 (47.9)	2644 (47.6)	42,468 (9.3)	24,734 (10.8)
Tertiary	2358 (13.3)	963 (17.4)	8967 (2.0)	5461 (2.4)
Pre-pregnancy BMI				
Underweight	814 (6.1)	288 (5.4)	47,103 (5.6)	20,517 (5.2)
Normal weight	7915 (59.6)	3037 (56.4)	452,005 (53.8)	207,819 (52.9)
Overweight	3101 (23.4)	1404 (26.1)	219,105 (26.0)	104,164 (26.5)
Obesity	1442 (10.9)	652 (12.1)	122,635 (14.6)	60,595 (15.4)

Notes: [a] Classification according to ISCED 2011 Operational Manual: Guidelines for Classifying National Education Programmes and Related Qualification; [b] available for 13,765 women; [c] available for 16,448 women; [d] available for 13,272 women. BMCNC: Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium; BMI: Body mass index; SD: Standard deviation; SISVAN: Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

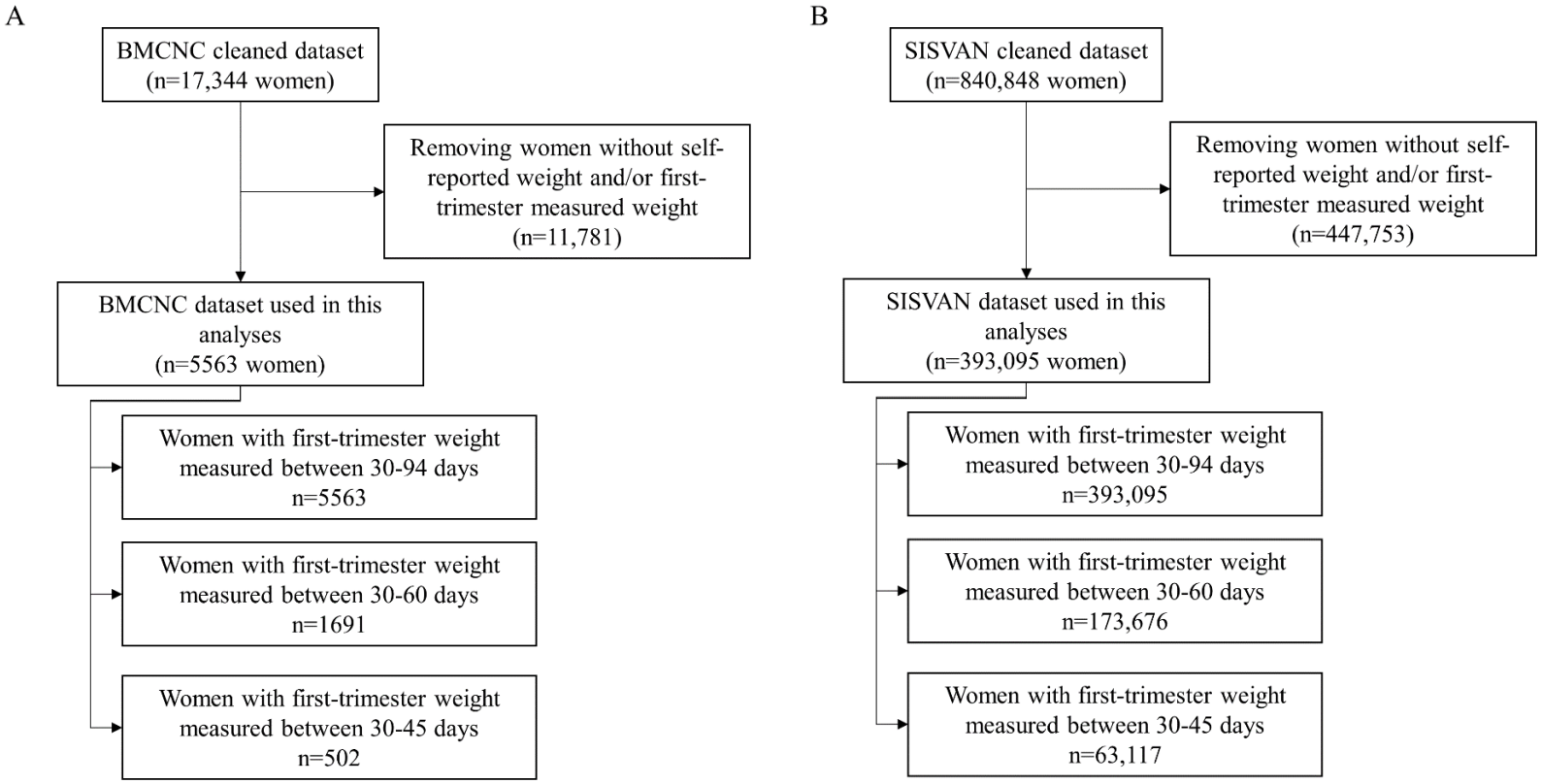

Figure A2.S1. Flowchart for the constitution of the datasets used in this study: a. data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium, and b. the National Food and Nutritional Surveillance System.

BMCNC: Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium; SISVAN: Brazilian Food and Nutritional Surveillance System.

6.3 ARTIGO 3 (*AMERICAN JOURNAL OF CLINICAL NUTRITION*)

Gestational weight gain charts: Results from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium

Authors: Gilberto Kac[*], Thaís R. B. Carrilho[*], Kathleen M. Rasmussen, Michael E. Reichenheim, Dayana R. Farias, Jennifer A. Hutcheon, on behalf of the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

***GK and TRBC share the first authorship of this paper.**

Abstract

Background

Monitoring gestational weight gain (GWG) is fundamental to ensure a successful pregnancy for the mother and the offspring. There are several international GWG charts but just a few for low and middle-income countries.

Objective

To construct GWG charts according to pre-pregnancy BMI for Brazilian women.

Methods

This is an individual patient data analysis using the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium, comprising 21 cohort studies. External validation was performed using 'Birth in Brazil', a nationwide study. We selected adult women with singleton pregnancies, who were free of infectious and chronic diseases, gestational diabetes, and hypertensive disorders; who delivered a live birth at term; and whose children were adequate for gestational age, with a birth weight between 2500-4000g. Maternal self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during pregnancy between 10-40 weeks of gestation were used to calculate GWG. Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape were fitted to create GWG charts according to gestational age, stratified by pre-pregnancy BMI.

Results

The cohort included 7086 women with 29,323 weight gain measurements to construct the charts and 4711 women with 31,052 measurements in the external validation. The predicted medians for GWG at 40 weeks, according to pre-pregnancy BMI, were: underweight, 14.1 kg (IQR, 10.8 – 17.5 kg); normal weight, 13.8 kg (IQR, 10.7 – 17.2 kg); overweight, 12.1 kg (IQR, 8.5 – 15.7

kg); obesity, 8.9 kg (IQR, 4.8 – 13.2 kg). The 10th, 25th, 50th, 75th and 90th percentiles were estimated. Results for internal and external validation showed that the percentages below the selected percentiles were close to those expected.

Conclusions

The charts proposed provide a description of GWG patterns according to gestational age and pre-pregnancy BMI among healthy Brazilian women with good neonatal outcomes. The external validation indicates that this new tool can be used to monitor GWG in the primary healthcare setting and to test potential recommended values.

Keywords: Gestational weight gain; pregnancy; reference standards; primary health care; weight gain; gestation.

Introduction

Monitoring gestational weight gain (GWG) during pregnancy and developing proper recommendations on optimal weight gain are useful strategies to prevent the occurrence of adverse outcomes for both the mother and the child, such as small/large for gestational age (SGA/LGA), cesarean delivery and postpartum weight retention (1-3). GWG recommendations must consider the trade-off between risks that increase with high weight gain and those that increase with low weight gain (4, 5). Several local and international charts for monitoring GWG have been developed (6-10). However, some of them were created for women from high-income countries, who may have a GWG pattern that differs from that of women from low- and middle-income countries (LMICs). Appropriate tools to monitor weight or GWG in these countries are scarce. A few initiatives were developed for some countries, but with important limitations, such as using a small sample size, non-representative population, and not considering pre-pregnancy BMI (11-13).

Pre-pregnancy BMI is a strong predictor of GWG and, since 1990, recommendations of weight gain during pregnancy have differed according to a woman's BMI category (14, 15). GWG trajectories among women from different BMI categories tend to be different and, more importantly, pre-pregnancy BMI modifies the association between pregnancy weight gain and adverse outcomes. Thus, different amount of weight is recommended for each BMI category (15).

Brazil has never developed its own GWG recommendations for its diverse population. Since the 1980's, the Ministry of Health has incorporated charts and recommendations developed for other countries in the national public health system (11, 14-17). Currently, Atalah et al. BMI charts (17) combined with the 2009 Institute of Medicine (IOM) GWG recommendations (15), are in place. A study conducted in 2009 revealed that Atalah et al. (17) charts were inadequate to predict the occurrence of low birth weight, SGA, and LGA newborns (18); thus, the system used to monitor GWG in Brazil and other Latin-American countries has low ability to predict the occurrence of neonatal outcomes. In addition, it has been shown that this tool can even be classifying excessive weight as "normal", potentially contributing to the obesity epidemic (18).

In 2016, the International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century (INTERGROWTH-21st) published GWG standards with data from eight countries, including Brazil (8). These standards have the potential to replace the current system adopted in Brazil as they were derived from a highly prescribed population, included a good sample size, and pertained to 8 diverse populations. However, they are limited to women classified as normal weight and relied on a weight measured between 9-14 gestational weeks for GWG calculation, which decreases their utility for monitoring weight gain in the first trimester (the charts start at the 14th gestational week). Because charts for all BMI categories are needed and a large proportion of women do not have a measure of weight collected during the first trimester (19, 20), incorporating the INTERGROWTH-21st standards in the public health-care system in Brazil was not a practical option.

To address the limitations of the current monitoring system and offer a pragmatic tool that considers the reality of the country, we aimed to construct new GWG charts according to pre-pregnancy BMI for Brazilian women that could be adopted in the Brazilian primary health-care system and even by other LMICs with similar socio-demographic and nutritional profiles.

Methods

Study design and sample

This study uses data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC), which combines individual patient data with repeated measurements of weight during pregnancy from 21 Brazilian studies conducted between 1990-2018. Details of the

cohort creation and steps taken to harmonize key variables such as gestational age, weight and self-reported weight have been reported elsewhere (21).

The present study was restricted to women with singleton pregnancies, aged ≥ 18 years, who were free of infectious and chronic diseases (except obesity), without pregnancy complications of gestational diabetes or hypertensive disorders, and who delivered a live-born infant. We excluded women who did not have at least 1 measurement of weight during pregnancy or had no information on pre-pregnancy BMI. Outliers of weight and weight gain were removed for this analysis using previously described methods (21).

We further excluded pregnancies that delivered preterm (< 37 weeks), SGA or LGA infants (<10^{th} and > 90^{th} percentile of the INTERGROWTH-21^{st} sex-specific neonatal charts, respectively) (22), or delivered infants with low birth weight (weight < 2500g) or macrosomia (weight > 4000g). We limited the charts to measurements between 10-40 weeks of pregnancy to ensure our estimates had reasonable statistical precision. Only approximately 7% of the measurements were taken outside this interval (369 women, 3514 measurements), and there were removed from the analyses.

Study variables

Pregnancy weight gain was defined as the difference between the weight measured in each pregnancy visit and the self-reported pre-pregnancy weight. In a previous validation study, we found good agreement between self-reported weight and the weight measured in the first trimester among women with both values available, especially if the latter was measured up to the first 30-45 days of pregnancy (19). However, because a measurement in this restricted time frame is rarely available to antenatal care providers in Brazil, the use of self-reported pre-pregnancy weight is a pragmatic choice.

Pre-pregnancy BMI was calculated based on the self-reported pre-pregnancy weight (kg) and height (m^2) measured in each study. Pre-pregnancy BMI (kg/m^2) was classified according to the WHO cutoffs as underweight (< 18.5), normal weight (≥ 18.5 and < 25.0), overweight (≥ 25.0 and < 30.0) and obese (≥ 30.0) (23). Gestational age in each visit was determined based on ultrasound performed up to 24 weeks of pregnancy. If the exam was performed later or was not available, the last menstrual period date was used. Birth weight and length, mode of delivery, and maternal sociodemographic characteristics were used to describe

the sample and were obtained from the questionnaires of the original studies or medical records (21).

Ethics

The Research Ethics Committee of the Rio de Janeiro Federal University Maternity Teaching Hospital approved this project (protocol number: 85914318.2.0000.5275). All analyses were conducted with de-identified data, and all incorporated studies from the BMCNC were individually approved by their own institutional research ethics committees and were conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The Birth in Brazil study was also approved by the Research Ethics Committee from the National School of Public Health (Oswaldo Cruz Foundation, Ministry of Health, opinion no. 92/10), and all women signed a Term of Free and Informed Consent.

Statistical analysis

Characteristics of the study population were described using medians and interquartile ranges (IQR) for continuous variables and absolute (n) and relative (%) frequencies for categorical ones. Kruskal-Wallis and Chi-squared tests were performed to compare the median and frequencies of the selected variables according to pre-pregnancy BMI. Several different modeling strategies were considered for the construction of the charts. We documented our process of choosing our final model in the **Supplementary Methods 1**. Briefly, we tested linear mixed models, fractional polynomials (incorporating or not clusters of individuals), restricted cubic splines, a combination of multilevel models (two-level random intercept and slope) and fractional polynomials and Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape (GAMLSS). Several criteria guided the selection of the best model, including diagnostic measures and a comparison of the percentage of observed measurements below and above selected percentiles on the charts (3, 10, 25, 50, 75, 90, 97). All models were stratified by pre-pregnancy BMI.

GAMLSS were used to produce the final BMI-specific charts. These models best described the distribution of GWG in each gestational age, which is the main goal when creating such charts. The use of GAMLSS allows modeling up to four parameters of the GWG distribution, i.e., mu (mean), sigma (standard deviation), nu (or lambda, asymmetry) and tau (kurtosis). The LMS function, which is available at the GAMLSS package in R software, was

used. This function adjusts LMS (lambda, mu, sigma, the three parameters modeled and Box-Cox Cole Green distribution – BCCGo); LMST (an extension of LMS with four parameters being modeled and Box-Cox *t* distribution – BCTo) and LMSP (also an extension of LMS to model four parameters but using Box-Cox Power Exponential distribution – BCPEo). This function does not require specifications of degrees of freedom of parameters or smoothers for each of them (24). The software chooses the best specifications of the models based on the generalized Akaike's information criteria. The LMS function is recommended when the interest is on modeling growth charts and extracting percentiles (25). Given that the distributions used in the LMS function do not work with negative values, a constant of 20 kg was added to all GWG measures before fitting the models.

To evaluate overfitting, the degrees of freedom of each parameter in each model were examined, to ensure high values (>10) were not used in the model adjustment by the LMS function. We conducted the following model diagnostics: graph of the fitted parameters against gestational age; graph of the residuals from the models against fitted values of μ, kernel density estimates and normal QQ plots; summary of quantile residuals and Q-stats (26). The worm plots created by van Buuren and Fredriks (27) were also examined. More importantly, at the end of the process, the estimates of the percentage of measurements below and above some selected percentiles (3, 10, 25, 50, 75,90,97) were generated ('internal validation of the model') (28).

We used the models' estimates to produce *z* scores, and percentiles were extracted according to gestational age, based on the prediction of the four parameters and the type of distribution (BCTo or BCPEo). We used the function 'y2z' from the AGD package (29). To create the graphs and extract the values of the z-scores and percentiles, the 20 kg constant was subtracted from all GWG values.

External validation

To assess the external validity of the charts, data from pregnant women collected in the Birth in Brazil study (2011) were used. Birth in Brazil was a nationwide and representative hospital-based study conducted between February 2011 and July 2012 in all 27 Brazilian states. The main goal of Birth in Brazil was to investigate the national incidence of cesarean sections as well as its predictors and consequences. The study is described in detail elsewhere (30).

The initial sample size of Birth in Brazil was 23,955 women. For 15,115 women, body weight data from the pregnant booklets were photographed, then entered into a spreadsheet and revised for quality control purposes. We performed data cleaning using similar procedures to the ones implemented for the BMCNC dataset (21). For the external validation, we applied the same eligibility criteria used in the construction of the charts. After applying exclusion criteria, 4,711 women with 31,052 weight measurements were available for analysis (**Figure A3.S1**).

We converted each weight measurement into a gestational age and pre-pregnancy BMI specific z-score (and percentile) using our new charts (**Figure A3.1)**. Then, the percentage of women above/below the selected percentiles (50; 25/75; 10/90; 3/97) was determined. We expected that, if the models were not overfitted to the BMCNC data, the percentages above/below those values in the Birth in Brazil study would be similar to the expected values, e.g., 25% of the observations would be below the 25th and 25% would be above the 75th percentile. This would also support the application of our charts to the general Brazilian population of pregnant women. All the analyses were conducted in Stata version 15 and R, version 3.6 and all the codes are available at **Supplementary Methods 1**.

$$Z = \begin{cases} \frac{1}{\mathrm{S\,X\,L}}\left[\left(\frac{\mathrm{GWG}+20}{\mathrm{M}}\right)^{\mathrm{L}}-1\right], & \text{if } \mathrm{L} \neq 0 \\ \frac{1}{\mathrm{S}}\log\left(\frac{\mathrm{GWG}+20}{\mathrm{M}}\right), & \text{if } \mathrm{L} = 0 \end{cases}$$

Figure A3.1. Equation to extract *z* scores from GAMLSS models (Box-Cox *t* and Box-Cox Power Exponential distributions).

Note: 20 kg was the constant added to all models; S = sigma, L = lambda (or nu), M = mu.

Results

We used a cleaned dataset of the BMCNC, comprising 17,344 women and 72,616 weight measurements. After applying the exclusion criteria, the final cohort included 7,086 women with 29,323 weight gain measurements (median three, interquartile range 2-5 measurements per woman) (**Figure A3.2**). The highest proportion of women in the cohort were normal weight, followed by those with overweight, obesity and underweight, respectively (**Figure A3.3**).

The median age of women in the cohort was 26 years (Interquartile range 22 – 31). The median age varied according to pre-pregnancy BMI, from 23 years in women with underweight women to 27 years in women with obesity. Although the median birth weight was statistically different across the BMI categories ($p < 0.001$), the median and IQR of birth weight and length were remarkably similar across the categories. Women with obesity were more likely to have a cesarean delivery (54.3%) than women in other BMI categories. Most women (47.7%) had 9-11 years of education, lived with a partner (85.6%) and were multiparous (62.8%). Although significant differences were observed across the categories of pre-pregnancy BMI, differences in other demographic and neonatal characteristics were relatively small (**Table A3.1**).

The final models for under- and normal-weight women used a BCTo distribution, and for women with overweight and obesity, used a BCPEo distribution. The final models for the charts using GAMLSS showed no evidence of overfitting (degrees of freedom for all parameters were < 10) (**Table A3.S1**). All the diagnostic procedures had satisfactory results, with occasional minor inadequacies (data available on request).

Figure A3.4 shows selected percentiles of GWG according to gestational age and pre-pregnancy BMI. The GWG distribution varied substantially when different BMI categories were compared. Normal, over- and underweight women had relatively similar distributions while obese women had a considerably different GWG pattern, with systematically lower centiles than those estimated for the other categories. The median and interquartile range (IQR) GWG at 40 weeks for each BMI category was: 14.1 (10.8 – 17.5) kg for women with underweight; 13.8 (10.7 – 17.2) kg for normal-weight women; 12.1 (8.5 – 15.7) kg for women with overweight; and 8.9 (4.8 – 13.2) kg for women with obesity (**Tables A3.S2 - A3.S5**).

Our internal validation confirmed that an appropriate proportion of measurements fell below the corresponding percentile on the chart for all BMI categories. For example, 3.1% of normal-weight women were below the 3rd percentile, 9.6% below the 10th, 89.4% below the 90th, and 96.6% below the 97th (**Table A3.2**). All variation from the expected percentages was < 1%. Results for the external validation showed that the percentages were close to those expected, with differences varying from 0.1 – 3.4%. The largest differences between the expected and observed values were in women with pre-pregnancy overweight and obesity, specifically, in the 25th, 50th and 75th percentiles. For these categories, the differences were smaller in the extreme selected percentiles (3rd, 10th, 90th and 97th).

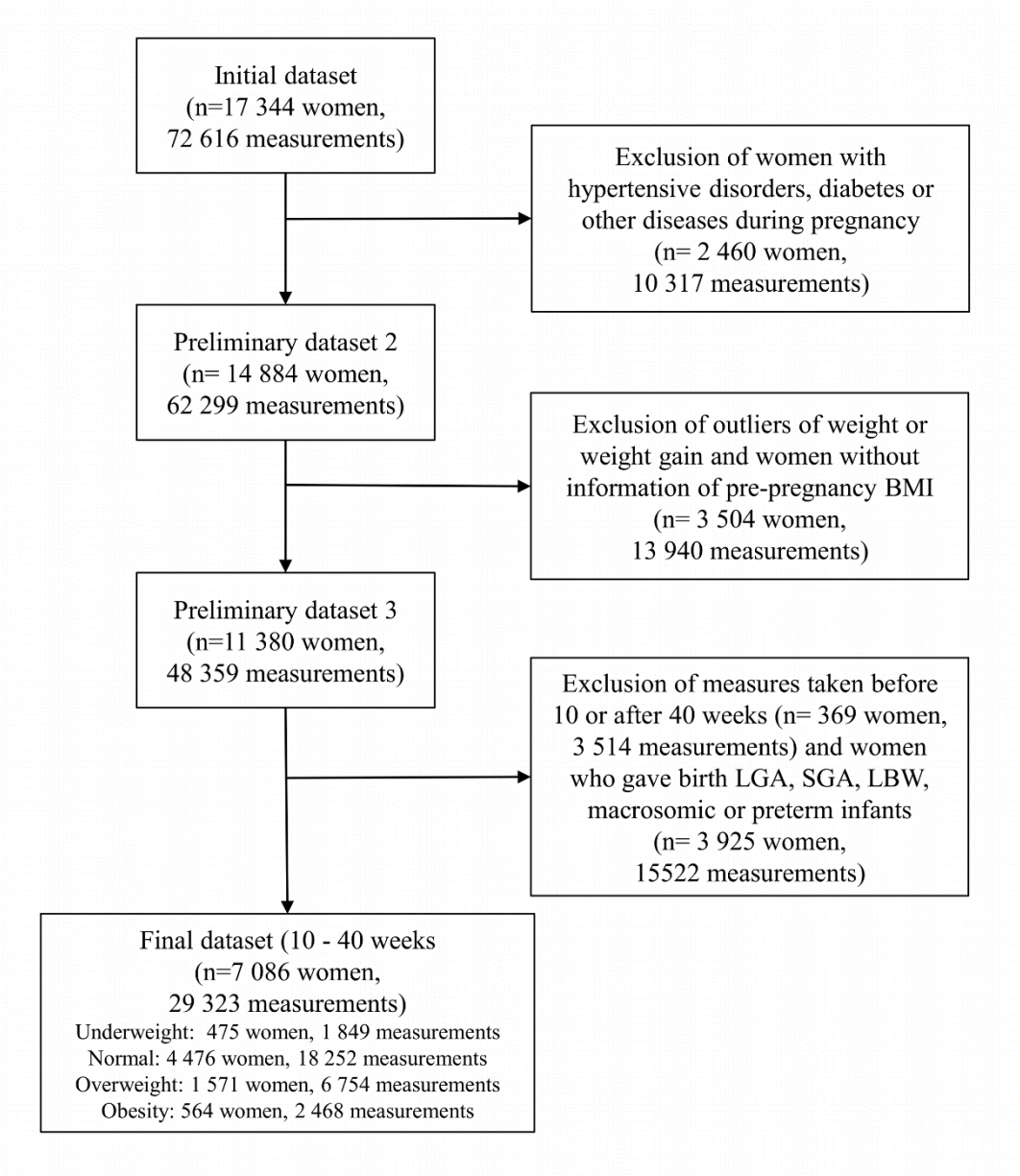

Figure A3.2. Sample size for the construction of the charts.

Note: 'measurements' refer to information of both gestational age and weight gain; Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2.

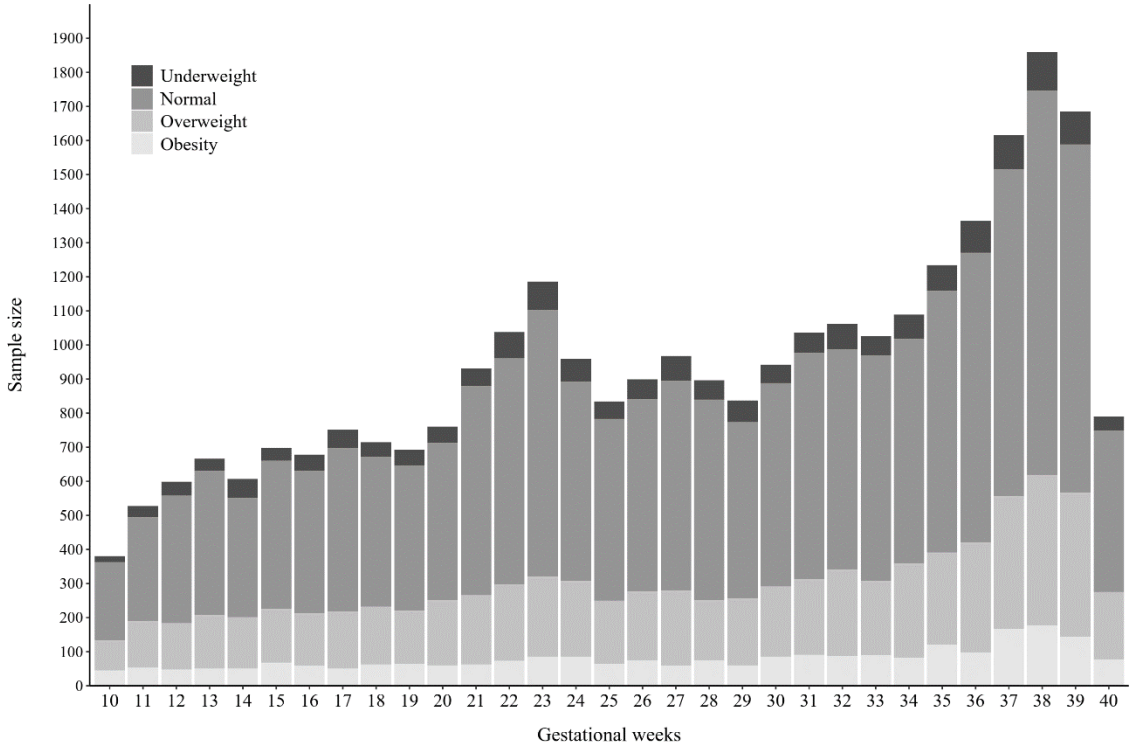

Figure A3.3. Sample size according to gestational age for each maternal pre-pregnancy body mass index group (Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2).

Table A3.1. Maternal and neonatal characteristics of pregnancies from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium included in the creation of the Brazilian gestational weight gain charts (n= 7086 women).

	Nutritional status (BMI, kg/m^2)					
Maternal and neonatal characteristics	**All women**	**Underweight (< 18.5)**	**Normal weight (≥ 18.5 and < 25.0)**	**Overweight (≥ 25.0 and < 30.0)**	**Obesity (≥ 30.0)**	**P-value**
Continuous variables	n Median (IQR)	n Median (IQR)	n Median (IQR)	n Median (IQR)	n Median (IQR)	
Maternal age (years)	7085 26 (22, 31)	475 23 (21, 27)	4476 26 (22, 30)	1570 28 (23, 32)	564 27 (23, 32)	< 0.001*
Number of prenatal visits	29323 3 (2, 5)	1849 3 (2, 5)	18252 3 (2, 5)	6754 3 (2, 6)	2468 4 (2, 6)	< 0.001*
Birth weight (g)	7086 3250 (3030, 3460)	475 3115 (2950, 3340)	4476 3240 (3025, 3450)	1571 3295 (3070, 3500)	564 3300 (3080, 3500)	< 0.001*
Length at birth (cm)	6036 49 (48, 50)	402 49 (48, 50)	3830 49 (48, 50)	1327 49 (48, 50)	477 49 (48, 50)	0.093*
Categorical variables	**n (%)**	**n (%)**	**n (%)**	**n (%)**	**n (%)**	
Maternal education (years)	7068	474	4465	1567	562	
0 - 4	828 (11.7)	56 (11.8)	521 (11.7)	187 (11.9)	64 (11.4)	
5 - 8	1873 (26.5)	123 (26.0)	1181 (26.5)	418 (26.7)	151 (26.9)	0.013**
9 - 11	3368 (47.7)	259 (54.6)	2114 (47.3)	732 (46.7)	263 (46.8)	
12 or more	999 (14.1)	36 (7.6)	649 (14.5)	230 (14.7)	84 (14.9)	

Marital status	6028	425	3897	1291	415	
Does not live with a partner	871 (14.4)	76 (17.9)	578 (14.8)	163 (12.6)	54 (13.0)	0.034**
Lives with a partner	5157 (85.6)	349 (82.1)	3319 (85.2)	1128 (87.4)	361 (87.0)	
Previous pregnancies	6643	435	4220	1469	519	
First pregnancy	2471 (37.2)	198 (45.5)	1643 (38.9)	488 (33.2)	142 (27.4)	< 0.001**
Second pregnancy or more	4172 (62.8)	237 (54.5)	2577 (61.1)	981 (66.8)	377 (72.6)	
Mode of delivery	6962	465	4389	1550	558	
Normal	3986 (57.3)	314 (67.5)	2598 (59.2)	819 (52.8)	255 (45.7)	< 0.001**
Cesarean	2976 (42.7)	151 (32.5)	1791 (40.8)	731 (47.2)	303 (54.3)	

*P-value for the Kruskal-Wallis test. **P-value for the Chi-squared test. Variation in the sample sizes are due to missing data. BMI: Body Mass Index; IQR: interquartile range.

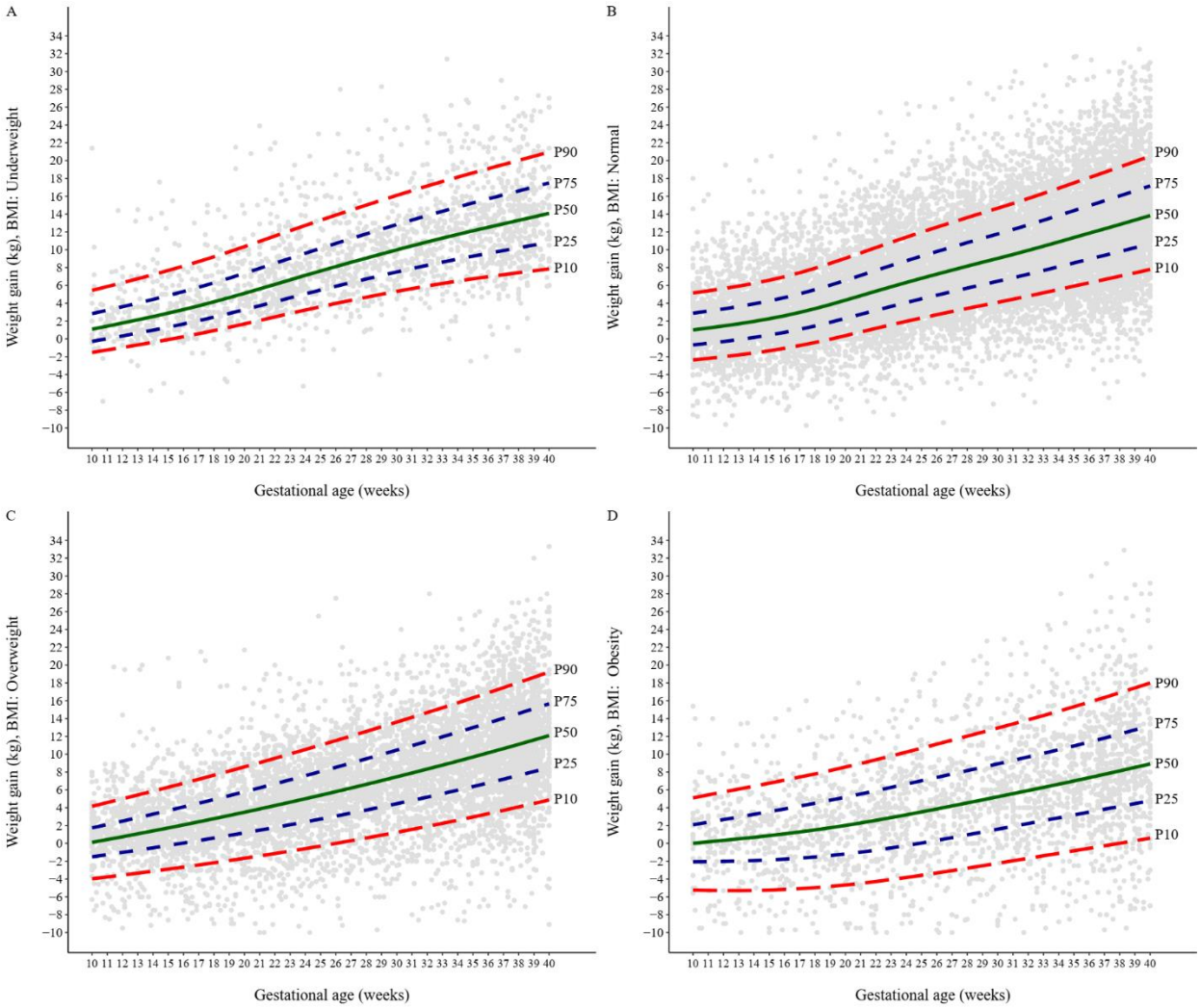

Figure A3.4. Gestational weight gain charts according to pre-pregnancy body mass index for Brazilian women, data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Grey dots represent each weight gain measurement used in the construction of the charts.

Note: A. Underweight (BMI < 18.5 kg/m^2, n= 1849 measurements); B. Normal (BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2, n=18252 measurements); C. Overweight (BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2, n= 6754 measurements); D. Obesity (BMI ≥ 30.0 kg/m^2, n= 2468 measurements).

Table A3.2. Performance of the gestational weight gain charts in the internal and external validation procedure.

BMI category (kg/m^2)	**% of observations below/above the selected centiles (internal validation, BMCNC data)**							**% of observations below/above the selected centiles (external validation, Birth in Brazil data)**						
	< P3	< P10	< P25	< P50	< P75	< P90	< P97	< P3	< P10	< P25	< P50	< P75	< P90	< P97
Underweight (< 18.5)	2.7	9.0	24.9	50.9	75.6	89.0	96.7	2.6	8.2	22.4	49.6	73.2	88.8	96.5
Normal weight (≥ 18.5 and < 25.0)	3.1	9.6	24.4	50.9	75.0	89.4	96.6	2.4	8.2	23.0	51.6	75.7	89.5	96.5
Overweight (≥ 25.0 and < 30.0)	3.1	9.9	24.3	49.9	74.7	89.9	97.1	2.0	7.6	21.6	46.8	71.7	87.8	95.5
Obesity (≥ 30.0)	3.6	10.6	24.8	74.3	50.4	89.9	96.6	3.9	10.1	23.2	53.0	77.5	90.7	96.6

*BMCNC: Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium.

Discussion

In this study, prescriptive GWG charts were constructed for each pre-pregnancy BMI category according to WHO cutoffs using appropriate statistical models with no overfitting and with good results in the internal and external validation procedure. These charts describe patterns of GWG among Brazilian women with good pregnancy outcomes and provide an important tool for monitoring weight gain in pregnancy in clinical care, especially in Latin America and other LMIC. In **Supplementary methods 2**, we provide a worked example of how to convert a woman's weight gain measurement into a gestational age- and BMI-specific weight z-score and percentile.

The pattern of GWG varied substantially according to pre-pregnancy BMI and highlighted the non-linearity of weight gain during pregnancy. For women classified as underweight, normal, or overweight, a small amount of weight gain was observed during the first trimester (median 2.1 kg for underweight, 1.7 kg for normal and 1.1 kg for overweight). This pattern was different for women with obesity, who had lower first-trimester weight gain values and even weight loss in the period (median: 0.5, IQR: -2.0 – 3.0 kg). The pattern of GWG for the second and third trimester showed a higher rate of gain as compared with first trimester, and the differences among the BMI categories became more evident. The median GWG at the 40^{th} week varied between 9 and 14 kg, among women with obesity and underweight, respectively. Many women with obesity experienced weight loss at the end of pregnancy, a worrying observation because weight loss during pregnancy is not recommended (15, 31).

The internal validation of the model produced particularly good results, ensuring that the percentiles plotted in the charts accurately represent the distribution of GWG according to gestational age and pre-pregnancy BMI among Brazilian women, without any indication of bias. External validation results were also satisfying, ensuring that the models were not overfitted to the data and that the distribution of GWG depicted in our charts is similar to the distribution of GWG in another large sample of Brazilian women.

Although GWG is commonly monitored as part of the prenatal care routine in several countries (32), the WHO does not provide any guidance regarding appropriate GWG in its antenatal care manual (33). Given the lack of an international reference on GWG, several charts have been created in the recent years. Santos *et al.* (9) developed GWG charts for women from Europe, North America, and Oceania, by using data pooled from studies conducted in multiple countries. The pattern of weight gain observed among women with overweight and obesity throughout pregnancy and among women from all BMI categories during the second and third

trimester in Santos *et al.* (9) differed from the patterns observed in the current study. Their charts described a small reduction in GWG among women with overweight between 20-25 weeks. Moreover, there are weeks during the second and third trimesters where their curves are flat (no weight gain seems to occur) for women with obesity. Perhaps, these characteristics of the charts by Santos *et al.* (9) may have resulted from their choice of the internal breakpoints for μ in the GAMLSS models that they constructed, which may have led to an artificial distribution of GWG, especially among women with overweight and obesity. Also, the dataset used by *Santos et al.* (9) had relatively few measurements per woman, so it could be that they were picking up a cross-sectional effect of different women at different ages, rather than true decreases or levelling of curves. By using the LMS function in the current study, no breakpoints were chosen for any of the parameters modeled. In addition, our study relies on measured data on weight during pregnancy, while some studies incorporated by Santos *et al.* (9) only included self-reported weight.

Another important chart was developed by the International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century (INTERGROWTH-21st), a multicenter and multiethnic study conducted in eight countries, including Brazil (8). The pattern of weight gain of the current study is similar to the INTERGROWTH-21st GWG chart for normal-weight women even though INTERGROWTH-21st chart used weight measured between 9-14 weeks to calculate GWG and not self-reported pre-pregnancy weight. INTERGROWTH-21st was able to produce charts only for normal-weight women and not for women in other BMI categories.

The pattern of GWG observed in the charts created the United States and China (7, 10) also differs from what we observed for Brazilian, especially regarding the rate of GWG. It is important to mention, however, that the methods used by these groups differ from the methods we employed. The U.S. charts are based on a population that includes a substantial number of women with overweight or obesity, many of whom experienced weight loss during pregnancy. These facts may help to explain the differences in the GWG trajectories observed between those and our women. Also, the U.S. study was based on medical records from a single hospital in Pittsburgh, with mostly non-Hispanic white women. The Chinese charts use different BMI cutoffs and restricted cubic splines models with an elevated number of knots (n=8). This may explain the difference in the GWG pattern between the Chinese and Brazilian charts.

The values for the median and IQR for total GWG at the 40th week from the current study were also compared to the U.S. Institute of Medicine GWG recommendations (15), currently in use in Brazil and many other countries (32). The ranges proposed by IOM corresponded to approximate the 25th to 75th percentiles of our new charts for under- and

normal-weight women (underweight: Brazil IQR 10.8 – 17.5 kg *v.* IOM 12.5 – 18 kg; normal weight: Brazil 10.7 – 17.2 kg *v.* IOM 11.5 – 16 kg). In contrast, the upper limit of the IOM recommendation was markedly lower than the 75th percentile on our charts (15.7 *v.* 11.5kg in women with overweight and 13.2 kg *v.* 9 kg in women with obesity). For these BMI categories, the upper limit of the IOM recommendations corresponded to approximately the 45th and 50th percentiles of our chart, respectively. Nevertheless, the median and IQR values are not GWG recommendations, which are yet to be developed for Brazilian women with appropriate methods to evaluate the relationships between these GWG ranges with maternal and perinatal outcomes.

The development of the BMCNC is a pioneer initiative in Brazil that has combined 21 Brazilian cohort studies, to provide harmonized and homogeneous data for this study. The use of this dataset yielded a substantial number of weight and gestational age measurements to construct GWG charts according to BMI categories. The use of pre-pregnancy weight (rather than early pregnancy weight) to calculate GWG and BMI enabled us to create charts starting at the 10th gestational week, which permits an evaluation of weight gain at least for the last month of the first trimester of pregnancy. This is important as it allows the monitoring to start early enough in pregnancy, a time where interventions and counseling (if developed and delivered) could help prevent excessive GWG and the adverse outcomes related to it. In addition, previous work by our team (19) showed that self-reported pre-pregnancy weight is easily obtained and commonly available in public health care services in Brazil. As a result, having this information available for the calculation of GWG would coordinate well with the procedures used in routine prenatal care.

The evaluation of several statistical models to create the charts and the adoption of the best one considering several measurements of diagnostic, and internal and external validations are other strengths of this study. A characteristic that differentiates our study from others in the field is our use of an external validation procedure, which was based on a national dataset collected in the process of routine prenatal care.

Despite the important strengths, our study also has some limitations. Unfortunately, we did not have sufficient data to separate obesity into three classes as in the WHO cutoffs (23). This resulted from the low proportion of women in obesity classes II and III in Brazil (approximately 3.3% and 1% – data from the Food and Nutrition Surveillance System 2008-2018, not shown). We believe that not having separate charts for those categories does not represent a constraint to the use of these charts in the public health care system. We also did not have enough data before the 10th gestational week to have been able to include even earlier

weeks in the charts. In Brazil, where many women start prenatal care after the first trimester (20), this would represent a minor constraint.

The evidence derived from the current study will result in major changes in the nutritional assessment of pregnant women in Brazil, shifting the tool that monitors GWG from BMI to cumulative GWG. GWG charts represent a useful monitoring tool in prenatal care services because they are simple, easy to calculate and to understand. Having a tool that allows women to continuously monitor their GWG can increase awareness to this important measure that should not be neglected and help health care practitioners in interventions to ensure adequate GWG. Those interventions can begin early in pregnancy since the proposed charts start during the first trimester.

References

1. Nehring I, Schmoll S, Beyerlein A, Hauner H, von Kries R. Gestational weight gain and long-term postpartum weight retention: a meta-analysis. American Journal of Clinical Nutrition 2011;94(5):1225-31. doi: 10.3945/ajcn.111.015289.

2. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, Misso M, Boyle JA, Black MH, Li N, Hu G, Corrado F, Rode L, et al. Association of Gestational Weight Gain With Maternal and Infant Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of the American Medical Association 2017;317(21):2207-25. doi: 10.1001/jama.2017.3635.

3. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, Misso ML, Boyle JA, Harrison CL, Black MH, Li N, Hu G, Corrado F, et al. Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women. BMC Medicine 2018;16(1):153. doi: 10.1186/s12916-018-1128-1.

4. Nohr EA, Vaeth M, Baker JL, Sorensen T, Olsen J, Rasmussen KM. Combined associations of prepregnancy body mass index and gestational weight gain with the outcome of pregnancy. American Journal of Clinical Nutrition 2008;87(6):1750-9.

5. Nohr EA, Vaeth M, Baker JL, Sorensen TI, Olsen J, Rasmussen KM. Pregnancy outcomes related to gestational weight gain in women defined by their body mass index, parity, height, and smoking status. American Journal of Clinical Nutrition 2009;90(5):1288-94. doi: 10.3945/ajcn.2009.27919.

6. Xu J, Luntamo M, Kulmala T, Ashorn P, Cheung YB. A longitudinal study of weight gain in pregnancy in Malawi: unconditional and conditional standards. American Journal of Clinical Nutrition 2014;99(2):296-301. doi: 10.3945/ajcn.113.074120.

7. Hutcheon JA, Platt RW, Abrams B, Himes KP, Simhan HN, Bodnar LM. Pregnancy weight

gain charts for obese and overweight women. Obesity 2015;23(3):532-5. doi: 10.1002/oby.21011.

8. Cheikh Ismail L, Bishop DC, Pang R, Ohuma EO, Kac G, Abrams B, Rasmussen K, Barros FC, Hirst JE, Lambert A, et al. Gestational weight gain standards based on women enrolled in the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project: a prospective longitudinal cohort study. BMJ 2016;352:i555. doi: 10.1136/bmj.i555.

9. Santos S, Eekhout I, Voerman E, Gaillard R, Barros H, Charles MA, Chatzi L, Chevrier C, Chrousos GP, Corpeleijn E, et al. Gestational weight gain charts for different body mass index groups for women in Europe, North America, and Oceania. BMC Medicine 2018;16(1):201. doi: 10.1186/s12916-018-1189-1.

10. Huang A, Xiao Y, Hu H, Zhao W, Yang Q, Ma W, Wang L. Gestational weight gain charts by gestational age and body mass index for Chinese women: A population-based follow-up study. Journal of Epidemiology 2019. doi: 10.2188/jea.JE20180238.

11. Fescina RH. Nutrición materna y resultados perinatales. Clinicas perinatologicas argentinas 1997(4):77-98.

12. Grandi C, Luchtenberg G, Sola H. [Nutrition assessment during pregnancy. A new weight chart]. Medicina (Buenos Aires) 2007;67(6 Pt 2):677-84.

13. Calvo EB, Lopez LB, Balmaceda Ydel V, Poy MS, Gonzalez C, Quintana L, Camera K, Barrientos E, Berlingueres S, Garciarena S. Reference charts for weight gain and body mass index during pregnancy obtained from a healthy cohort. Journal of Maternal-fetal & Neonatal Medicine 2009;22(1):36-42. doi: 10.1080/14767050802464502.

14. Subcommittee on Nutritional Status and Weight Gain during Pregnancy, Institute of Medicine (U.S.). Nutrition during pregnancy : part I, weight gain. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.

15. Committee to Reexamine IOM Pregnancy Weight Guidelines, Institute of Medicine (U.S.). Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines. Washington, DC: National Academies Press, 2009.

16. Rosso P. A new chart to monitor weight gain during pregnancy. American Journal of Clinical Nutrition 1985;41(3):644-52.

17. Atalah E, Castillo C, Castro R, Aldea A. [Proposal of a new standard for the nutritional assessment of pregnant women]. Revista medica de Chile 1997;125(12):1429-36.

18. Kac G, Nucci LB, Spyrides MH, Duncan BB, Schmidt MI. Evaluation of the ability of a Latin-American gestational weight curve to predict adverse pregnancy outcomes. International Journal of Gynaecology and Obstetrics 2009;106(3):223-6. doi: 10.1016/j.ijgo.2009.04.010.

19. Carrilho TRB, Rasmussen KM, Farias DR, Costa NCF, Batalha MA, Reichenheim ME, Ohuma EO, Hutcheon JA, Kac G, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium. Agreement between self-reported pre-pregnancy weight and measured first-trimester weight in Brazilian women. BMC Pregnancy and Childbirth 2020 (in press).

20. Viellas EF, Domingues RMSM, Dias MAB, Gama SGNd, Theme Filha MM, Costa JVd, Bastos MH, Leal MdC. Assistência pré-natal no Brasil. Cadernos de Saúde Pública 2014;30:S85-S100.

21. Carrilho TRB, Farias DR, Batalha MA, Costa NCF, Rasmussen KM, Reichenheim ME, Ohuma EO, Hutcheon JA, Kac G, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium. Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium: Establishment, data harmonization and basic characteristics. Scientific Reports 2020;10(14869). doi: 10.1038/s41598-020-71612-8.

22. Villar J, Cheikh Ismail L, Victora CG, Ohuma EO, Bertino E, Altman DG, Lambert A, Papageorghiou AT, Carvalho M, Jaffer YA, et al. International standards for newborn weight, length, and head circumference by gestational age and sex: the Newborn Cross-Sectional Study of the INTERGROWTH-21st Project. Lancet 2014;384(9946):857-68. doi: 10.1016/s0140-6736(14)60932-6.

23. WHO Expert Committee on Physical Status. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization, 1995.

24. Rigby RA, Stasinopoulos DM. Automatic smoothing parameter selection in GAMLSS with an application to centile estimation. Statistical Methods in Medical Research 2014;23(4):318-32. doi: 10.1177/0962280212473302.

25. Stasinopoulos MD, Rigby RA, Heller GZ, Voudouris V, De Bastiani F. Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in R: CRC Press, 2017.

26. Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R. Journal of Statistical Software 2007;23(7):46. doi: 10.18637/jss.v023.i07.

27. van Buuren S, Fredriks M. Worm plot: a simple diagnostic device for modelling growth reference curves. Statistics in Medicine 2001;20(8):1259-77. doi: 10.1002/sim.746.

28. Cole TJ. Commentary: Methods for calculating growth trajectories and constructing growth centiles. Statistics in Medicine 2019;38(19):3571-9. doi: 10.1002/sim.8129.

29. van Buuren S. AGD: Analysis of Growth Data. R package version 0.39. 2018. Available at: https://CRAN.R-project.org/package=AGD.

30. Leal MC, da Silva AA, Dias MA, da Gama SG, Rattner D, Moreira ME, Filha MM, Domingues RM, Pereira AP, Torres JA, et al. Birth in Brazil: national survey into labour and birth. Reproductive Health 2012;9:15. doi: 10.1186/1742-4755-9-15.

31. Kapadia MZ, Park CK, Beyene J, Giglia L, Maxwell C, McDonald SD. Can we safely recommend gestational weight gain below the 2009 guidelines in obese women? A systematic review and meta-analysis. Obesity reviews 2015;16(3):189-206. doi: 10.1111/obr.12238.
32. Scott C, Andersen CT, Valdez N, Mardones F, Nohr EA, Poston L, Loetscher KC, Abrams B. No global consensus: a cross-sectional survey of maternal weight policies. BMC Pregnancy and Childbirth 2014;14:167. doi: 10.1186/1471-2393-14-167.
33. World Health Organization. WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience. Geneva: World Health Organization, 2016.

Supplementary material

Supplementary methods 1. Steps to construct the gestational weight gain charts.
(All the following steps were performed stratifying according to pre-pregnancy BMI category.)

Step 0. Constructing histograms for GWG in each gestational age (10-40 weeks) to understand the distribution of GWG during pregnancy according to each pre-pregnancy body mass index (BMI) category (R code 1).

Step 1. Adjusting linear mixed models and extracting percentiles and z-scores. This is a very naïve approach. The aim was to keep the models as simple as possible. However, the diagnostic of the models (graph of residuals *vs.* fitted values) and the plotting of the percentiles revealed the presence of heteroscedasticity. Based on those results, linear mixed models were found to be inappropriate, as they only model the mean according to gestational age. In cases where heteroscedasticity is observed, modeling the standard deviation (SD) is necessary (Stata code 1).

Step 2. Adjusting fractional polynomials (FP) and extracting percentiles and z-scores. This model was performed in two ways: using clusters of individuals and without clusters. The first approach attempted to incorporate the intra-individual variance, which exists because of the repetition of weight measurements for some women in our sample. With FP, it is possible to model both the mean and the SD according to gestational age, providing a solution for the heteroscedasticity problem (1). The incorporation of clusters did not affect percentiles estimation, as they interfere only with the standard error, which is not used in the calculation of the percentiles. Thus, considering the clusters did not change the estimation of the percentiles,

which are the values of interest, in our case. The problem of the FP models was the 'internal validation'. When we compared the percentages of observations above or below some selected percentiles (3/97, 10/90, 25/75, 50) or z-scores (-2/2,-3/3), the values were different from what one should expect, especially in the extreme percentiles (Stata code 2). For instance, in the 3/97 percentiles, one would expect that 3% of the sample would be above the 97th and below the 3rd percentile. In our case, for normal weight women, when FP models were adjusted, 4.8% of the sample were above the 97th centile. According to Cole (2), this is an indication of bias of the models.

Step 3. Adjusting random effects models modeling gestational age using restricted cubic splines. This approach allowed us to model weight gain as a function of gestational age using a flexible non-linear model (in each specified knot) (3). A random effects model with unstructured covariance matrix was adjusted, with several knots (3, 4, 5). In those models, the *k* knots are introduced on the *x*-axis (in this case, *x* = gestational age) located at t_1, t_2, …, t_k. A model of the expected value of weight gain (*y*) given the gestational age (*x*) is selected, that is linear before t_1 and after t_k, consists of piecewise cubic polynomials between adjacent knots and is continuous and smooth in each knot (3). This way, it is possible to account for non-linear relations between weight gain and intervals of gestational age. This approach is the same applied by Hutcheon *et al.* (4) and Huang *et al.* (5) when constructing GWG charts for the USA and China, respectively (Stata code 3). The same challenges mentioned on step 2 were present here, i.e., the performance of the model regarding the internal validation was poor even with 5 knots. Increasing the number of knots could lead to overfitting (6), so we decided not to use those models.

Step 4. Adjusting a combination of FP and multilevel models (ML). These types of models are similar to those adjusted by Ohuma & Altman (7) for head circumference data, and by Cheikh-Ismail *et al.* (8) for GWG. The use of these models requires the determination of the best-fitting powers for gestational age by modelling GWG as a function of GA using FP. In our case, the best powers were provided by a 2nd order FP for all BMI categories. The functional form of GA was then incorporated to a two-level (individuals and visit) random intercept and slope model. In this model, both mean and SD vary according to GA. However, although it is possible to obtain an equation of the mean, it is not possible to retrieve the equation for the SD, and both are necessary in the calculation of the percentiles. So, after the adjustment of the ML model, it is necessary to model the SD according to GA by using another FP model, to emulate

the SD from the ML and to obtain an equation for it. We decided to model the log(SD) to stabilize variance, in the same way as performed by Ohuma & Altman (7) (Stata code 4). Those models should be the best approach for our data, since there are women with repeated GWG measurements, and they provide more accurate equations for the mean and SD. Unfortunately, when we performed the internal validation, by comparing the percentages of observations above or below some selected percentiles (3/97, 10/90, 25/75, 50) or z-scores (-2/2;-3/3), the values were, again, different from the expected, especially in the most extreme percentiles. Besides bias, as mentioned by Cole (2), we considered that the modelling of those percentiles could be affected by kurtosis (9), and none of the models performed could account for that.

Step 5. Adjusting the GAMLSS models. These models are the same used by the World Health Organization when constructing the growth charts for children (9). By the time of the construction of the charts, a team of experts was consulted and reviewed several models available to construct those types of charts and they concluded in favor of using GAMLSS even with repeated measures, which are not accounted for in those models (10). However, the incorporation of the intra-individual variance in the models would affect the estimation of standard errors of the point estimates of the model, which are not used in the determination of percentiles and z-scores (9).

In our dataset, several attempts were made to find the best distribution, smoother and degrees of freedom for each parameter (mean, deviation, skewness and kurtosis, mu, sigma, nu and tau, respectively) being modeled (all the options are listed in (11)). To avoid the infinite possibilities of tests of specifications of the models, the 'LMS' function was used. This function tests and selects the best model from LMS (lambda, mu, sigma, the method proposed by Cole & Green (12)), and besides mean and SD, includes skewness in the modelling and models the parameters using a Box-Cox Cole Green distribution. This function also tests LMST (a modification of LMS that also models kurtosis and used Box-Cox-*t* as distribution) and LMSP (a modification of the LMS that also models kurtosis and used Box-Cox power exponential as distribution). By using this function, the adjustment of the percentiles improved substantially, and the diagnostic revealed very well-adjusted models. Details regarding the implementation of the GAMLSS models are described in the 'methods' section (R code 2).

References

1. Royston P, Altman DG. Regression Using Fractional Polynomials of Continuous Covariates: Parsimonious Parametric Modelling. Journal of the Royal Statistical Society Series C (Applied

Statistics) 1994;43(3):429-67. doi: 10.2307/2986270.

2. Cole TJ. Commentary: Methods for calculating growth trajectories and constructing growth centiles. Statistics in medicine 2019;38(19):3571-9. doi: 10.1002/sim.8129.

3. Harrell FE, Jr., Lee KL, Pollock BG. Regression models in clinical studies: determining relationships between predictors and response. . Journal of the National Cancer Institute 1988;80(15):1198-202. doi: 10.1093/jnci/80.15.1198.

4. Hutcheon JA, Platt RW, Abrams B, Himes KP, Simhan HN, Bodnar LM. Pregnancy weight gain charts for obese and overweight women. Obesity 2015;23(3):532-5. doi: 10.1002/oby.21011.

5. Huang A, Xiao Y, Hu H, Zhao W, Yang Q, Ma W, Wang L. Gestational weight gain charts by gestational age and body mass index for Chinese women: A population-based follow-up study. Journal of Epidemiology 2019. doi: 10.2188/jea.JE20180238.

6. Perperoglou A, Sauerbrei W, Abrahamowicz M, Schmid M. A review of spline function procedures in R. BMC Medical Research Methodology 2019;19(1):46. doi: 10.1186/s12874-019-0666-3.

7. Ohuma EO, Altman DG, International F, Newborn Growth Consortium for the 21st C. Statistical methodology for constructing gestational age-related charts using cross-sectional and longitudinal data: The INTERGROWTH-21(st) project as a case study. Statistics in medicine 2019;38(19):3507-26. doi: 10.1002/sim.8018.

8. Cheikh Ismail L, Bishop DC, Pang R, Ohuma EO, Kac G, Abrams B, Rasmussen K, Barros FC, Hirst JE, Lambert A, et al. Gestational weight gain standards based on women enrolled in the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project: a prospective longitudinal cohort study. BMJ 2016;352:i555. doi: 10.1136/bmj.i555.

9. Borghi E, de Onis M, Garza C, Van den Broeck J, Frongillo EA, Grummer-Strawn L, Van Buuren S, Pan H, Molinari L, Martorell R, et al. Construction of the World Health Organization child growth standards: selection of methods for attained growth curves. Statistics in Medicine 2006;25(2):247-65. doi: 10.1002/sim.2227.

10. Rigby RA, Stasinopoulos DM. Generalized additive models for location, scale and shape. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics) 2005;54(3):507-54. doi: 10.1111/j.1467-9876.2005.00510.x.

11. Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R. Journal of Statistical Software 2007;23(7):46. doi: 10.18637/jss.v023.i07.

12. Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. Statistics in Medicine 1992;11(10):1305-19.

R and STATA codes used for the analysis

For all codes, an example with normal weight women is provided. In all cases, the models were restricted to 10-40 weeks, due to availability of data.

Step 0. R code 1

```
# Read The dataset – only normal weight women
library(ggplots2)
nwdata$GA=round(nwdata$gawk_)
nwdata$GA=as.factor(nwdata$GA)

ggplot(nwdata, aes(x=gain_, fill=GA)) +
  geom_histogram(binwidth=5) +
  facet_wrap(GA~.) +
  theme_bw()
```

Step 1. Stata code 1 (Based on codes gently provided by Dr. Eric Ohuma)

```
* Read the dataset (Normal weight women only)
* Fit the model for each pre-pregnancy BMI, using xtmixed
xtmixed gain_ gawk_|| id: gawk_

* Evaluating residuals – looking for heteroscedasticity:
predict fit1, fitted
predict residuals,rstandard
twoway (scatter residuals fit1)

*Extracting z-scores and percentiles
*Calculating the estimated mean:
predict p_mean, xb

*Calculating the estimated variance:
estat recov
matrix mymatrix=r(cov)
matrix list mymatrix
local var_slope=mymatrix[1,1]
display `var_slope'
local var_cons=mymatrix[2,2]
display `var_cons'
local cov=mymatrix[2,1]
display `cov'
*local var_resfgls_no= (exp(2 * [lnsig_e]_cons))
local var_resfgls_no= 2 * [lnsig_e]_cons
display `var_resfgls_no'
gen p_var = `var_cons' + (`var_slope')*gawk_^2 + 2*gawk_*`cov'+`var_resfgls_no'
label var p_var "Variance"
gen p_sd=sqrt(p_var)

* Generating the percentiles
```

```
*P3/97
gen p97=p_mean+1.88*p_sd
gen p3=p_mean-1.88*p_sd

*P5/95
gen p5=p_mean-1.645*p_sd
gen p95=p_mean+1.645*p_sd

*P10/90
gen p10=p_mean-1.28*p_sd
gen p90=p_mean+1.28*p_sd

tabstat p97 p3, s(min max mean)
tabstat p95 p5, s(min max mean)
tabstat p90 p10, s(min max mean)

* Graphing the percentiles
twoway (scatter gain_ gawk_, ms(Oh) mc(gs10)) ///
 (line p_mean p3 p10 p90 p97 gawk_, lcolor(red green blue blue green) ///
 lwidth(thin thin thin thin thin) sort lpattern(dash dash dash dash dash)), ///
 ylabel(-10(10)30) xlabel(10(2)40) ///
   scheme(s1mono) plotregion(style(none)) yscale(r(-10 40)) ///
     xscale(r(0 40)) xtitle(Gestational age in weeks) ytitle("GWG (Kg)") legend(off)
```

Step 2. Stata code 2 (Based on codes gently provided by Dr. Eric Ohuma and Dr. Michael Reichenheim)

```
* Read the dataset (Normal weight women only)
* Fit the model for each pre-pregnancy BMI

* A) FP without clusters
*Identifying the best FP:
xrigls gain_ gawk_, detail nogr

*Best FP Model: m:df 0 0,s:df 2
xrigls gain_ gawk_, fp(m: 0 0,s: 2) centile(3 10 50 90 97) detail nogr



* B) FP with clusters:
* TOGGLE
global clus "ropts(m:vce(cluster id), s:vce(cluster id))"

*Identifying the best FP:
xrigls gain_ gawk_, detail nogr ${clus}

*Best FP Model: m:df 0 0,s:df 2
xrigls gain_ gawk_, fp(m: 0 0,s: 2) centile(3 10 50 90 97) detail nogr ${clus}

**** Procedures to be adopted for both approaches:
*Generating z-scores and centiles:
foreach var of varlist C3_gls C50_gls C97_gls  C10_gls C90_gls C25_gls C75_gls Z_gls {
```

```
gen `var'_no=`var'
}

*Plotting centiles
set more on
#delimit ;
twoway (scatter gain_ gawk_, ms(Oh) mc(gs10) )
      (line  C3_gls_no C50_gls_no C97_gls_no gawk_, lcolor(blue blue blue)
      sort lpattern(dash dash dash)), ylabel(-10(5)40) xlabel(10(2)40)
      scheme(s1mono) plotregion(style(none)) ysca(titlegap(*6))
      xsca(titlegap(*6)) xtitle(Gestational age in weeks) ytitle("GWG (Kg)") legend(off)
;
#delimit cr

*Internal validation
gen complete_weeks=int(gawk_)

** Number of obs below 3rd or above 97th centiles
gen below_c3 =  cond(gain_<C3_gls,1,0)
tab below_c3
bysort complete_weeks: tab below_c3

gen above_c97 =  cond(gain_> C97_gls,1,0)
tab above_c97
bysort complete_weeks: tab above_c97

** Number of obs below 10th or above 90th centiles
gen below_c10 =  cond(gain_< C10_gls ,1,0)
tab below_c10
bysort complete_weeks: tab below_c10

gen above_c90 =  cond(gain_> C90_gls,1,0)
tab above_c90
bysort complete_weeks: tab above_c90


** Number of obs below 25th or above 75th centiles
gen below_c25 =  cond(gain_< C25_gls ,1,0)
tab below_c25
bysort complete_weeks: tab below_c25

gen above_c75 =  cond(gain_> C75_gls,1,0)
tab above_c75
bysort complete_weeks: tab above_c75
```

Step 3. Stata code 3 (Based on codes gently provided by Dr. Eric Ohuma and Dr. Jennifer Hutcheon)

```
* Read the dataset (Normal weight women only)
* Fit the model for each pre-pregnancy BMI
```

```
*Log-transforming the weight gain variable
*Adding a constant to the weight gain variable so that there are no negative values (which
can't be log-transformed)
sum gain_
hist gain_
gen gwg_=gain+25
gen logweight_gain_cumulative=log(gwg_)
sum logweight_gain_cumulative

*Creating a spline for gestational age (in weeks)
* Compare models with different knots to identify the best one
rc_spline gawk_, nknots(3)
*Random intercept and random slope model, unstructured covariance
xtmixed logweight_gain_cumulative _S*|| id: _Sgawk_1, cov(unstr) mle variance
estat ic
drop _S*

rc_spline gawk_, nknots(4)
xtmixed logweight_gain_cumulative _S*|| id: _Sgawk_1, cov(unstr) mle variance
estat ic
drop _S*

rc_spline gawk_, nknots(5)
xtmixed logweight_gain_cumulative _S*|| id: _Sgawk_1, cov(unstr) mle variance
estat ic
drop _S*

*Consider the model with lowest BIC and AIC and run it again
* Final model
rc_spline gawk_, nknots(5)
*Random intercept and random slope model, unstructured covariance
xtmixed logweight_gain_cumulative _S*|| id: _Sgawk_1, cov(unstr) mle variance
estat ic

* Calculating the estimated mean:
predict p_mean, xb


*Calculating the estimated variance:
estat recov
matrix mymatrix=r(cov)
matrix list mymatrix
local var_slope=mymatrix[1,1]
display `var_slope'
local var_cons=mymatrix[2,2]
display `var_cons'
local cov=mymatrix[2,1]
display `cov'
local var_resfgls_no= (exp(2 * [lnsig_e]_cons))
```

```
gen p_var = `var_cons' + (`var_slope')*_Sgawk_1^2 + 2*_Sgawk_1*`cov'+`var_resfgls_no'
label var p_var "Variance"

gen p_sd=sqrt(p_var)

* Back-converting to unstransformed scale
gen exp_p_mean = exp(p_mean) - 25

gen C50_rcs = exp(p_mean) - 25

* Obtaining SDs TO PLOT
*i.e., to obtain 1 SD
gen exp_lower_sd=(exp(p_mean-1*sqrt(p_var))) - 25
gen exp_upper_sd=(exp(p_mean+1*sqrt(p_var))) - 25

* Graphing mean and SD

twoway (scatter gain_ gawk_, msymbol(oh) mcolor(gs10)) ///
(connected exp_p_mean gawk_, msymbol(none) lcolor(blue) lwidth(medthick)
lpattern(solfgls_no)) ///
(connected exp_lower_sd gawk_, msymbol(none) lcolor(red) lwidth(medthick)
lpattern(dash)) ///
(connected exp_upper_sd gawk_, msymbol(none) lcolor(red) lwidth(medthick)
lpattern(dash)), legend(off) ///
ytitle("Gestational weight gain (kg)") xtitle("Gestational age (weeks)") scale(1.35) ylabel(,
nogrid) graphregion(color(white)) ///
xlabel(10(2)40) xsca(titlegap(*6)) ysca(titlegap(*6))

* Perform internal validation as before
```

Step 4. Stata code 4 (Based on codes gently provided by Dr. Eric Ohuma)

```
* Read the dataset (Normal weight women only)
* Fit the model for each pre-pregnancy BMI

* Identifying the best FP
xrigls gain_ gawk_, detail nogr

** Best model: Powers for the mean: -1, 0.5; for the SD 1.0
xrigls gain_ gawk_, fp(m: -1 0.5,s: 1) centile(3 10 50 90 97) detail

** Multi-level models
** 1) using the best FP powers (-1,0.5)
 global MLwiN_path C:\Program Files (x86)\MLwiN trial\i386\mlwin.exe
bysort origin id (gawk_): gen occasion = _n
tab occasion
format gain_ %9.3f
gen cons=1

* Creating variables according to the FP model
gen gw1 = (gawk_)^-1
```

```
gen gw2 = (gawk_)^0.5

cap drop u0 u1 u2 u0se u1se u2se
sort id occasion
runmlwin gain_ cons gw1 gw2, level2(id: cons gw1 gw2,residuals(u)) level1(occasion: cons)
maxiterations(1000) nopause rigls
est store rs_2levels
estimates table rs_2levels, stats(N deviance ll) b(%4.3f) stfmt(%4.0f) varwidth(18)

* Predict the average gwg for the average subject
predict rsmean_2levels, xb

* Add the subject residuals onto the predictions for the average gwg line
generate rsmean_2levelsxbu = rsmean_2levels + u0 + u1*gw1 + u2*gw2

* Sort the data by id and then by gawk_ within each subject
sort id gawk_
* Plot the predicted subject lines for GWG
twoway (line rsmean_2levelsxbu gawk_, connect(ascending)), ///
          ytitle("Predicted GWG") xtitle("Gestational age (weeks)") ///
            title(RS model (2-levels)) ///
            scheme(s1color) plotregion(style(none)) xsize(20) ysize(18) ///
             ylabel(-20(5)35) xlabel(10 (4) 40) ysca(titlegap(*10)) ///
             xsca(titlegap(*6))

* Predict the level 2 variance function
generate rslev2var = ///
          [RP2]var(cons) ///
          + 2*[RP2]cov(cons\gw1)*gw1 + [RP2]var(gw1)*gw1^2 ///
          +       2*[RP2]cov(cons\gw2)*gw2       +       2*[RP2]cov(gw1\gw2)*gw1*gw2       +
[RP2]var(gw2)*gw2^2

generate rslev2sd = sqrt(rslev2var)

* Plot the subject-level variance function
* Observe the variance/sd increase with GA
line rslev2var gawk_, sort xlabel(10 (2) 40) xtitle(Gestational age (weeks)) ///
 ytitle("Between-subject variance") title("RS (2-levels) variance by GA") scheme(s1color) ///
  plotregion(style(none))  legend(off)  ysca(titlegap(*10))  xsca(titlegap(*6))  xsize(20)
ysize(18)

line rslev2sd gawk_, sort xlabel(10 (2) 40) xtitle(Gestational age (weeks)) ///
 ytitle("Between-subject variability (SD)") title("RS (2-levels) in SD") ///
  scheme(s1color) plotregion(style(none)) legend(off)  ysca(titlegap(*10))  xsca(titlegap(*6))
xsize(20) ysize(18)

* Generate the predicted 97 and 3 centiles
generate rslev2high97 = rsmean_2levels + 1.88*rslev2sd
generate rslev2low3 = rsmean_2levels - 1.88*rslev2sd
```

```
* Generate the predicted 90 and 10 centiles
generate rslev2high90 = rsmean_2levels + 1.28*rslev2sd
generate rslev2low10 = rsmean_2levels - 1.28*rslev2sd

* Generate the predicted 1SD
generate rslev2high1SD = rsmean_2levels + 1*rslev2sd
generate rslev2low1SD = rsmean_2levels - 1*rslev2sd

* Generate the predicted 2SD
generate rslev2high2SD = rsmean_2levels + 2*rslev2sd
generate rslev2low2SD = rsmean_2levels - 2*rslev2sd

* Plotting percentiles
format gain_ %9.0f

* Plot the predicted mean relationship together with the predicted centiles
twoway (scatter gain_ gawk_ if ppns==0,msymbol(smcircle_hollow) mcolor(gs12))  ///
  (line  rslev2low3 rsmean_2levels rslev2high97 gawk_ if ppns==0, sort lcolor(red red red) lpattern(dash dash dash)), ///
   ylabel(-10(5)30) xlabel(10 (2) 40) xtitle(Gestational age (weeks)) ytitle("GWG (kg)") ///
    title("Random Slope model (2-levels)") scheme(s1color) plotregion(style(none)) legend(col(4) ///
            order(1 4 ) lab(1 "Raw data") lab(4 "RS (2-levels)")) ysca(titlegap(*10)) ///
             xsca(titlegap(*6)) xsize(20) ysize(18)

* Plot the predicted mean relationship together with the predicted centiles
twoway (scatter gain_ gawk_ if ppns==0,msymbol(smcircle_hollow) mcolor(gs12))  ///
  (line  rslev2low3 rslev2high97 gawk_ if ppns==0, sort lcolor(blue blue) lpattern(dash dash dash)) ///
  (line  rslev2low10 rsmean_2levels rslev2high90 gawk_ if ppns==0, sort lcolor(red green red) lpattern(dash dash dash)), ///
   ylabel(-10(5)30) xlabel(10 (2) 40) xtitle(Gestational age (weeks)) ytitle("GWG (kg)") ///
    title("Random Slope model (2-levels)") scheme(s1color) plotregion(style(none)) legend(col(4) ///
            order(1 4 ) lab(1 "Raw data") lab(4 "RS (2-levels)")) ysca(titlegap(*10)) ///
             xsca(titlegap(*6)) xsize(20) ysize(18)

* Plot the predicted mean relationship together with the predicted z-scores
twoway (scatter gain_ gawk_ if ppns==0,msymbol(smcircle_hollow) mcolor(gs12))  ///
  (line  rslev2low2SD rslev2high2SD gawk_ if ppns==0, sort lcolor(blue blue) lpattern(dash dash dash)) ///
  (line  rslev2low1SD rsmean_2levels rslev2high1SD gawk_ if ppns==0, sort lcolor(red green red) lpattern(dash dash dash)), ///
   ylabel(-10(5)30) xlabel(10 (2) 40) xtitle(Gestational age (weeks)) ytitle("GWG (kg)") ///
    title("Random Slope model (2-levels)") scheme(s1color) plotregion(style(none)) legend(col(4) ///
            order(1 4 ) lab(1 "Raw data") lab(4 "RS (2-levels)")) ysca(titlegap(*10)) ///
             xsca(titlegap(*6)) xsize(20) ysize(18)
```

```
*** Internal validation
gen complete_weeks=int(gawk_)

** Number of obs below 3rd or above 97th centiles
gen below_c3 =  cond(gain_<rslev2low3 ,1,0)
tab below_c3
bysort complete_weeks: tab below_c3

gen above_c97 =  cond(gain_>rslev2high97,1,0)
tab above_c97
bysort complete_weeks: tab above_c97

** Number of obs below 10th or above 90th centiles
gen below_c10 =  cond(gain_<rslev2low10 ,1,0)
tab below_c10
bysort complete_weeks: tab below_c10

gen above_c90 =  cond(gain_>rslev2high90,1,0)
tab above_c90
bysort complete_weeks: tab above_c90
```

Step 5. R code 2 (Extraction of GAMLSS centiles used a function created by prof. Stef van Buuren and gently provided by Dr. Iris Eekhout)

```
# Read the dataset (Normal weight women only)
# Fit the model for each pre-pregnancy BMI

library(gamlss)
# Adding 20kg to weight gain, since it cannot have negative or 0 values
summary(nwdata$gain_)
nwdata$gwg = nwdata$gain_+20
summary(nwdata$gwg)

# Rounding the GA for 2 digits
nwdata$ga=round(nwdata$gawk_, digits=2)

# Using LMS function
m1 <- lms(y=gwg, x=ga, data= nwdata, trans.x=F, n.cyc = 20)

# Extracting the DF
df=cbind(m1$mu.df,m1$sigma.df,m1$nu.df,m1$tau.df)
df

# Diagnostic
plot(m1)
fittedPlot(m1, x=nwdata$ga)
wp(m1, xvar = nwdata$ga, n.inter = 20, ylim.worm=1.0)
Q.stats(m1, xvar = nwdata$ga, n.inter=20)
# Ditribution by GA
library(gamlss.util)
plotSimpleGamlss(gwg,ga,m1, data=nwdata, x.val=seq(10,40,2),xlim=c(-10,40))
```

```
# Selected centiles: 3,10,25,50,75,90,97
centiles(m1, xvar=nwdata$ga, cent = c(3, 10, 25, 50, 75, 90, 97),
        legend = F, ylab = "Gestational weight gain (kg)", xlab = "Gestational age (weeks)",
        main = NULL, main.gsub = NULL, xleg = min(xvar), yleg = max(obj$y), save =
FALSE,
        plot = TRUE, points = TRUE,  pch =  15, cex = 0.5, col =  gray(0.75),
        col.centiles =  c("blue", "darkgreen", "orange", "red", "orange", "darkgreen","blue"),
lty.centiles = 1, lwd.centiles = 4)

# Codes adapted from Prof. Van Buuren/Dr. Iris Eekhout
# Extracting values for the table
# Make a new data frame with a column for gestational age and for other covariates if they
exist
nd <- data.frame(ga=c(10:40))

# Use the predict function from gamlss to predict the mu, sigma, nu and tau for the new
data (nd), according the model (m1)
refpred.BMI0<- predictAll(m1, terms = c("mu", "sigma", "nu", "tau"), newdata = nd, data =
nwdata)
ref.fitBMI0 <-data.frame(pop="meta", sex="W",
                         sub="N",
                         x=nd[,1],
                         mu=round(refpred.BMI0$mu,4),
                         sigma=round(refpred.BMI0$sigma,4),
                         nu=round(refpred.BMI0$nu,4),
                         tau=round(refpred.BMI0$tau,4))

# Transform the weight gain variable (gwg) in the data, to a z-score using the reference
table.
# In the distribution option, you can specify the model that you used. The reference (ref)
should contain a column for each parameter in the model.
# Package AGD is necessary
library (AGD)
nwdata$Zscores<- y2z(y=nwdata$gwg, x=nwdata$ga, sex="W", sub="N", ref=ref.fitBMI0,
dist="BCT", dec=4)

## Function to get the centiles based on the z-scores
get.centiles <- function(
  z=z,
  x=x,
  ref=ref,
  sex="W",
  sub=sub,
  dec=2) {
  zr <- rep(z,times=length(x))
  xr <- rep(x,each=length(z))
  w <- z2y(z=zr,x=xr,sex=sex,sub=sub, ref=ref,dec=dec,dist="BCT")
  w <- matrix(w,ncol=length(z), byrow=TRUE)
  w <- data.frame(sub=sub,sex=sex,x=x,round(w,dec), row.names=NULL)
```

```
  dimnames(w)[[2]] <- c("sub", "sex", "x",  as.character(z))
  return(w)
}

## Get the centiles to use for the plot
x <- c(10:40)
percentiles <-
c(0.01,0.023,0.03,0.05,0.10,0.16,0.20,0.25,0.50,0.75,0.80,0.84,0.90,0.95,0.977,0.99)
z <- qnorm(percentiles) #transform percentiles to z-scores
centile_refs_BMI0 <- get.centiles(x=x, sub="N",z=z,ref=ref.fitBMI0)
centile_refs_BMI0 <- data.frame(bmigr=1,centile_refs_BMI0)
colnames(centile_refs_BMI0) <- c("bmigr", "sub","sex", "x",
paste0("p",as.character(percentiles*100)))

# Set the centile refs back to the original scale (0 is no gain)
centile_refs_BMI0[,paste0("p",as.character(percentiles*100))] <-
(centile_refs_BMI0[,paste0("p",as.character(percentiles*100))])-20

## New graph – scale back to zero
g1 <-  ggplot(centile_refs_BMI0, aes(x,p50))+geom_line(size=1.2, colour="red")+
  geom_line(aes(x,p10), colour="darkgreen", size=1.2)+
  geom_line(aes(x,p90), colour="darkgreen", size=1.2)+
  geom_line(aes(x,p25),colour="orange", size=1.2)+
  geom_line(aes(x,p75), colour="orange", size=1.2)+
  scale_x_continuous(breaks=seq(10,40,1), limits=c(10,40))+
  scale_y_continuous(breaks=seq(-10,25,2), limits=c(-10,25))+
  theme_bw() +
  theme(panel.border = element_blank(),
        axis.line = element_line(colour = "black"),
        panel.grid.major = element_line(),
        panel.grid.major.x = element_blank(),
        panel.grid.major.y = element_blank(),
        panel.grid.minor = element_blank(),
        panel.grid.minor.x = element_blank(),
        panel.grid.minor.y = element_blank(),
        strip.background = element_rect(colour = "black", size = 0.5),
        legend.key = element_blank(),
        axis.text.y = element_text(size=12, family="serif", color="black"),
        axis.text.x = element_text(size=14,family="serif", color="black", hjust = 1, vjust=0.5),
        axis.title.x = element_text(size=15,family="serif",
color="black",margin=margin(20,0,0,0)),
        axis.title.y = element_text(size=15,family="serif",
color="black",margin=margin(0,20,0,0))
  )+
  xlab("Gestational age (weeks)")+ ylab("Weight gain (kg), BMI Normal")
g1

# Saving the parameters and centiles
save(ref.fitBMI0, file="reffitBMI0_10-40.RData")
write.csv2(centile_refs_BMI0, file="centiles_normal10-40.csv")
```

Supplementary methods 2. Example of calculation of a woman's z-score according to the Brazilian gestational weight gain charts (Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape; BCTo and BCPEo were used).

Example: Woman with self-reported pre-pregnancy weight of 60.0 kg and height of 160 cm, has a pre-pregnancy BMI of 23.4 kg/m^2, and is classified as normal weight. At the 32nd gestational weeks, she has gained 10 kg. This value is used to classify her z-score according to gestational age, using the equation from figure A3.1 (copied below) and the model parameters from table A3.S3. At 32 gestational weeks, M = 29.9311, S = 0.1305, L (or nu) = 0.3089 (hence L ≠ 0), so, using the first equation:

$$Z = \begin{cases} \frac{1}{\mathrm{S\,X\,L}}\left[\left(\frac{\mathrm{GWG}+20}{\mathrm{M}}\right)^{\mathrm{L}} - 1\right], & \text{if L} \neq 0 \\ \frac{1}{\mathrm{S}}\log\left(\frac{\mathrm{GWG}+20}{\mathrm{M}}\right), & \text{if L} = 0 \end{cases}$$

$$Z = \frac{1}{0.1305 \times 0.3089}\left[\left(\frac{10+20}{29.9311}\right)^{0.3089} - 1\right] = 0.0176$$

This woman is in the 0.0176 z-score, consequently, around the 50th percentile at the 32nd gestational week.

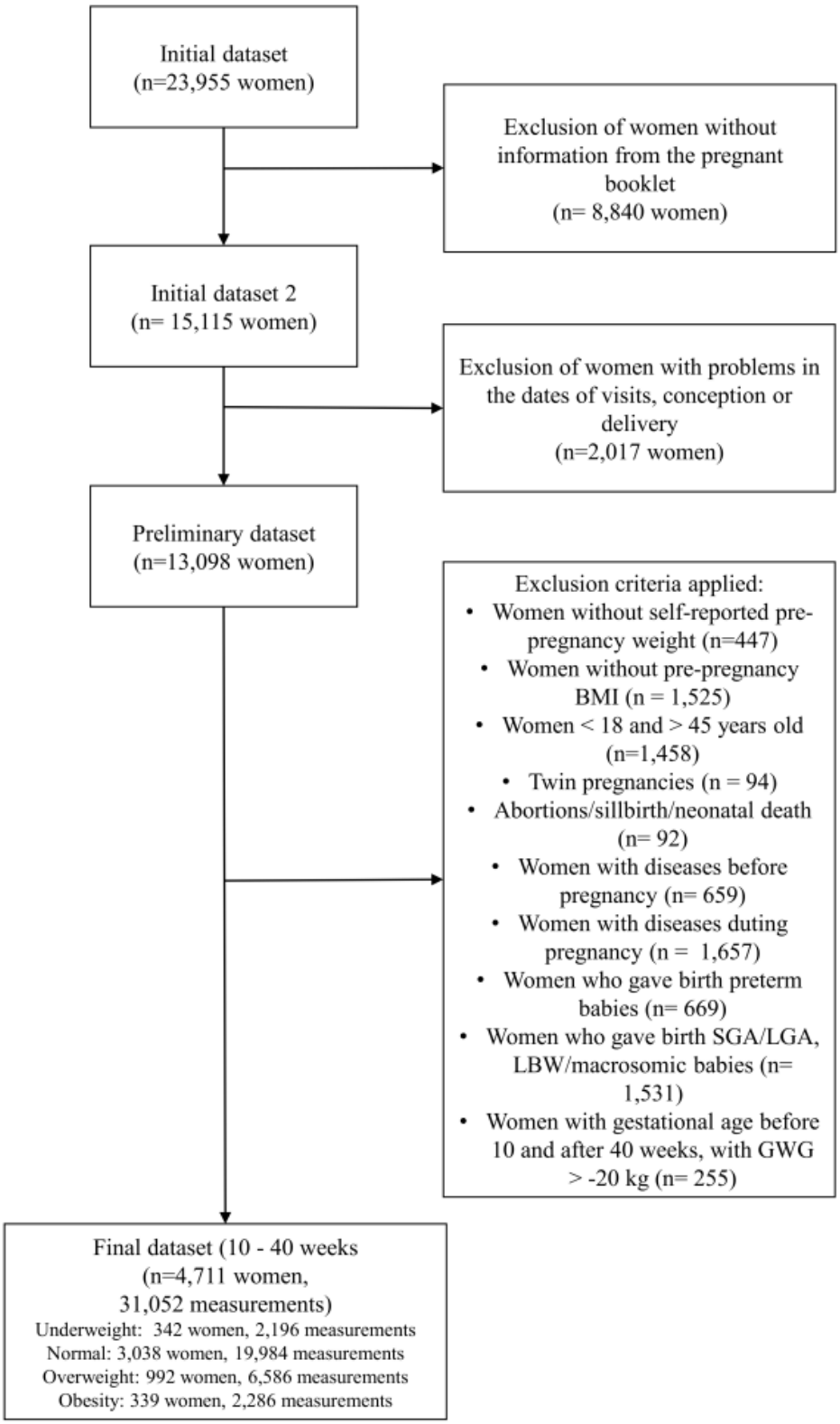

Figure A3.S1. Sample size for the external validation study using Birth in Brazil data.

Note: 'measurements' refer to information of both gestational age and weight gain; Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2.

Table A3.S1. Specifications of the Generalized Additive model for location, scale, and shape (GAMLSS) adjusted to each BMI category.

		Specifications of the model			
BMI category	Distribution	DF (mu)	DF (sigma)	DF (nu)	DF (tau)
Underweight (n=1849 observations)	BCTo	4.22	2.00	2.00	2.00
Normal weight (n=18252 observations)	BCTo	6.80	2.04	2.00	2.00
Overweight (n= 6754 observations)	BCPEo	2.41	2.01	2.00	3.33
Obesity (n=2468 observations)	BCPEo	2.80	2.00	2.00	4.00

BCTo: Box-Cox *t* with log as the link function for μ; BCPEo: Box-Cox Power Exponential with log as the link function for μ; DF: degrees of freedom; BMI cutoffs: Underweight, BMI < 18.5 kg/m^2; Normal, BMI ≥ 18.5 and < 25.0 kg/m^2; Overweight, BMI ≥ 25.0 and < 30.0 kg/m^2 and Obesity, BMI ≥ 30.0 kg/m^2.

Table A3.S2. Week-specific Box-Cox *t* model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy underweight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data.

Gestational age (weeks)	Model parameters				Percentiles of gestational weight gain (kg)															
	mu	sigma	nu	tau	P1	P2.3	P3	P5	P10	P16	P20	P25	P50	P75	P80	P84	P90	P95	P97.7	P99
10	21.126	0.097	-2.582	3.026	-4.3	-3.3	-3.0	-2.4	-1.5	-0.9	-0.6	-0.3	1.1	2.8	3.4	4.0	5.4	8.2	12.7	20.3
11	21.464	0.098	-2.479	3.139	-4.0	-3.0	-2.7	-2.1	-1.2	-0.6	-0.3	0.0	1.4	3.2	3.8	4.4	5.9	8.6	13.2	20.8
12	21.809	0.099	-2.377	3.255	-3.8	-2.8	-2.4	-1.8	-1.0	-0.3	0.0	0.3	1.8	3.6	4.2	4.8	6.3	9.1	13.7	21.4
13	22.161	0.101	-2.274	3.376	-3.5	-2.5	-2.2	-1.6	-0.7	0.0	0.3	0.6	2.1	4.0	4.6	5.3	6.8	9.6	14.1	21.9
14	22.526	0.102	-2.172	3.502	-3.2	-2.2	-1.9	-1.3	-0.4	0.3	0.6	1.0	2.5	4.4	5.1	5.7	7.2	10.0	14.6	22.3
15	22.907	0.103	-2.069	3.632	-3.0	-2.0	-1.6	-1.0	-0.1	0.6	0.9	1.3	2.9	4.9	5.5	6.2	7.7	10.5	15.0	22.8
16	23.306	0.104	-1.967	3.767	-2.7	-1.7	-1.3	-0.7	0.2	0.9	1.3	1.7	3.3	5.3	6.0	6.6	8.2	11.0	15.5	23.1
17	23.727	0.106	-1.864	3.908	-2.4	-1.4	-1.0	-0.4	0.6	1.3	1.7	2.1	3.7	5.8	6.5	7.1	8.7	11.5	15.9	23.4
18	24.170	0.107	-1.762	4.053	-2.1	-1.1	-0.7	0.0	0.9	1.7	2.0	2.4	4.2	6.3	7.0	7.6	9.2	12.0	16.4	23.7
19	24.635	0.108	-1.660	4.204	-1.8	-0.7	-0.4	0.3	1.3	2.0	2.4	2.9	4.6	6.8	7.5	8.2	9.8	12.6	16.9	23.9
20	25.118	0.109	-1.557	4.360	-1.5	-0.4	0.0	0.7	1.7	2.5	2.9	3.3	5.1	7.4	8.1	8.8	10.4	13.1	17.3	24.1
21	25.614	0.111	-1.455	4.522	-1.2	-0.1	0.3	1.0	2.1	2.9	3.3	3.7	5.6	7.9	8.6	9.3	10.9	13.7	17.8	24.4
22	26.118	0.112	-1.352	4.690	-0.9	0.3	0.6	1.4	2.5	3.3	3.7	4.2	6.1	8.5	9.2	9.9	11.5	14.3	18.3	24.5
23	26.624	0.113	-1.250	4.865	-0.6	0.6	1.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.6	6.6	9.0	9.8	10.5	12.1	14.9	18.8	24.7
24	27.126	0.115	-1.147	5.046	-0.3	0.9	1.3	2.1	3.2	4.1	4.6	5.1	7.1	9.6	10.4	11.1	12.7	15.5	19.2	24.8
25	27.622	0.116	-1.045	5.234	0.0	1.2	1.6	2.4	3.6	4.5	5.0	5.5	7.6	10.2	10.9	11.7	13.3	16.0	19.7	25.0
26	28.109	0.118	-0.942	5.428	0.3	1.5	2.0	2.8	4.0	4.9	5.4	5.9	8.1	10.7	11.5	12.2	13.9	16.6	20.1	25.1
27	28.589	0.119	-0.840	5.630	0.5	1.8	2.2	3.1	4.3	5.3	5.8	6.3	8.6	11.3	12.0	12.8	14.5	17.1	20.6	25.3
28	29.062	0.121	-0.738	5.840	0.8	2.1	2.5	3.4	4.7	5.7	6.2	6.7	9.1	11.8	12.6	13.4	15.0	17.6	21.0	25.5
29	29.529	0.122	-0.635	6.057	1.0	2.3	2.8	3.7	5.0	6.0	6.5	7.1	9.5	12.3	13.1	13.9	15.6	18.2	21.5	25.7
30	29.988	0.123	-0.533	6.282	1.2	2.6	3.1	4.0	5.3	6.4	6.9	7.5	10.0	12.8	13.6	14.4	16.1	18.7	21.9	26.0
31	30.438	0.125	-0.430	6.516	1.4	2.8	3.3	4.2	5.6	6.7	7.3	7.9	10.4	13.3	14.2	15.0	16.6	19.2	22.3	26.2
32	30.878	0.126	-0.328	6.758	1.5	3.0	3.5	4.5	5.9	7.0	7.6	8.3	10.9	13.8	14.7	15.5	17.2	19.7	22.7	26.5
33	31.307	0.128	-0.225	7.010	1.7	3.2	3.7	4.7	6.2	7.4	8.0	8.6	11.3	14.3	15.2	16.0	17.7	20.2	23.2	26.7

34	31.724	0.129	-0.123	7.271	1.8	3.4	3.9	5.0	6.5	7.7	8.3	9.0	11.7	14.8	15.6	16.5	18.2	20.6	23.6	27.0
35	32.129	0.131	-0.020	7.541	1.9	3.5	4.1	5.2	6.7	8.0	8.6	9.3	12.1	15.3	16.1	16.9	18.6	21.1	24.0	27.3
36	32.524	0.133	0.082	7.822	2.0	3.7	4.2	5.3	7.0	8.2	8.9	9.6	12.5	15.7	16.6	17.4	19.1	21.6	24.4	27.6
37	32.913	0.134	0.185	8.113	2.0	3.8	4.4	5.5	7.2	8.5	9.2	9.9	12.9	16.2	17.0	17.9	19.6	22.0	24.7	27.9
38	33.302	0.136	0.287	8.414	2.1	3.9	4.5	5.7	7.4	8.8	9.5	10.2	13.3	16.6	17.5	18.3	20.0	22.4	25.1	28.1
39	33.692	0.137	0.389	8.727	2.1	4.0	4.6	5.8	7.6	9.0	9.8	10.5	13.7	17.1	17.9	18.8	20.5	22.9	25.5	28.5
40	34.085	0.139	0.492	9.052	2.1	4.0	4.7	6.0	7.9	9.3	10.0	10.8	14.1	17.5	18.4	19.3	21.0	23.3	25.9	28.8

Table A3.S3. Week-specific Box-Cox *t* model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy normal weight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data.

Gestational age (weeks)	Model parameters				Percentiles of gestational weight gain (kg)															
	mu	sigma	nu	tau	P1	P2.3	P3	P5	P10	P16	P20	P25	P50	P75	P80	P84	P90	P95	P97.7	P99
10	21.012	0.113	-0.147	3.590	-6.4	-4.9	-4.4	-3.6	-2.4	-1.5	-1.1	-0.7	1.0	2.9	3.4	4.0	5.2	7.1	9.8	13.5
11	21.224	0.114	-0.126	3.719	-6.2	-4.7	-4.3	-3.4	-2.2	-1.4	-0.9	-0.5	1.2	3.1	3.7	4.2	5.4	7.3	9.9	13.5
12	21.448	0.115	-0.106	3.854	-6.0	-4.5	-4.1	-3.2	-2.0	-1.2	-0.7	-0.3	1.5	3.4	3.9	4.5	5.6	7.6	10.1	13.6
13	21.690	0.115	-0.085	3.993	-5.8	-4.3	-3.9	-3.0	-1.8	-1.0	-0.5	-0.1	1.7	3.6	4.2	4.7	5.9	7.8	10.3	13.7
14	21.958	0.116	-0.064	4.137	-5.6	-4.1	-3.7	-2.8	-1.6	-0.7	-0.3	0.2	2.0	3.9	4.5	5.1	6.2	8.1	10.6	13.9
15	22.257	0.117	-0.044	4.286	-5.4	-3.9	-3.4	-2.6	-1.3	-0.5	0.0	0.4	2.3	4.3	4.8	5.4	6.6	8.5	10.9	14.1
16	22.593	0.118	-0.023	4.441	-5.1	-3.6	-3.2	-2.3	-1.1	-0.2	0.3	0.7	2.6	4.6	5.2	5.8	7.0	8.9	11.2	14.4
17	22.972	0.118	-0.002	4.602	-4.8	-3.3	-2.9	-2.0	-0.8	0.1	0.6	1.1	3.0	5.1	5.6	6.2	7.4	9.3	11.7	14.7
18	23.394	0.119	0.019	4.768	-4.5	-3.0	-2.6	-1.7	-0.4	0.5	0.9	1.4	3.4	5.5	6.1	6.7	7.9	9.8	12.2	15.2
19	23.853	0.120	0.040	4.940	-4.2	-2.7	-2.2	-1.3	0.0	0.9	1.4	1.9	3.9	6.0	6.6	7.2	8.5	10.4	12.7	15.7
20	24.342	0.121	0.060	5.119	-3.8	-2.3	-1.8	-0.9	0.4	1.3	1.8	2.3	4.3	6.6	7.2	7.8	9.0	11.0	13.3	16.2
21	24.844	0.122	0.081	5.303	-3.4	-1.9	-1.5	-0.5	0.8	1.7	2.2	2.8	4.8	7.1	7.8	8.4	9.6	11.6	13.9	16.8
22	25.347	0.122	0.102	5.495	-3.1	-1.6	-1.1	-0.1	1.2	2.2	2.7	3.2	5.4	7.7	8.3	9.0	10.2	12.2	14.5	17.4
23	25.844	0.123	0.122	5.694	-2.7	-1.2	-0.7	0.2	1.6	2.6	3.1	3.6	5.8	8.2	8.9	9.5	10.8	12.8	15.1	18.0
24	26.330	0.124	0.143	5.899	-2.4	-0.9	-0.4	0.6	2.0	3.0	3.5	4.1	6.3	8.8	9.4	10.1	11.4	13.4	15.7	18.5
25	26.803	0.125	0.164	6.112	-2.1	-0.5	0.0	0.9	2.4	3.4	3.9	4.5	6.8	9.3	10.0	10.6	12.0	14.0	16.3	19.1
26	27.263	0.126	0.185	6.333	-1.8	-0.2	0.3	1.3	2.7	3.8	4.3	4.9	7.3	9.8	10.5	11.2	12.5	14.5	16.9	19.6
27	27.714	0.126	0.205	6.562	-1.5	0.1	0.6	1.6	3.1	4.2	4.7	5.3	7.7	10.3	11.0	11.7	13.1	15.1	17.4	20.2
28	28.159	0.127	0.226	6.799	-1.2	0.4	0.9	2.0	3.4	4.5	5.1	5.7	8.2	10.8	11.5	12.2	13.6	15.6	18.0	20.7
29	28.597	0.128	0.247	7.045	-0.9	0.7	1.3	2.3	3.8	4.9	5.5	6.1	8.6	11.3	12.0	12.7	14.1	16.2	18.5	21.2
30	29.032	0.129	0.268	7.299	-0.6	1.0	1.6	2.6	4.1	5.2	5.8	6.5	9.0	11.8	12.5	13.2	14.7	16.7	19.1	21.8
31	29.473	0.130	0.288	7.563	-0.3	1.3	1.9	2.9	4.5	5.6	6.2	6.9	9.5	12.3	13.0	13.7	15.2	17.3	19.6	22.3
32	29.931	0.131	0.309	7.836	0.0	1.6	2.2	3.2	4.8	6.0	6.6	7.3	9.9	12.8	13.6	14.3	15.8	17.9	20.2	22.9
33	30.404	0.131	0.330	8.119	0.3	2.0	2.5	3.6	5.2	6.4	7.0	7.7	10.4	13.3	14.1	14.8	16.3	18.4	20.8	23.5
34	30.885	0.132	0.350	8.413	0.6	2.3	2.8	3.9	5.5	6.8	7.4	8.1	10.9	13.9	14.6	15.4	16.9	19.0	21.4	24.1

35	31.371	0.133	0.371	8.717	0.9	2.6	3.2	4.3	5.9	7.2	7.8	8.5	11.4	14.4	15.2	16.0	17.5	19.7	22.0	24.7
36	31.857	0.134	0.392	9.032	1.2	2.9	3.5	4.6	6.3	7.6	8.2	9.0	11.9	14.9	15.8	16.5	18.1	20.3	22.7	25.3
37	32.344	0.135	0.413	9.358	1.5	3.2	3.8	5.0	6.7	8.0	8.6	9.4	12.3	15.5	16.3	17.1	18.7	20.9	23.3	25.9
38	32.833	0.136	0.433	9.696	1.8	3.5	4.1	5.3	7.0	8.4	9.1	9.8	12.8	16.0	16.9	17.7	19.3	21.5	23.9	26.6
39	33.328	0.137	0.454	10.046	2.0	3.8	4.4	5.6	7.4	8.8	9.5	10.2	13.3	16.6	17.5	18.3	19.9	22.1	24.6	27.2
40	33.832	0.137	0.475	10.409	2.3	4.2	4.8	6.0	7.8	9.2	9.9	10.7	13.8	17.2	18.0	18.9	20.5	22.8	25.2	27.9

Table A3.S4. Week-specific Box-Cox Power Exponential model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy overweight, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data.

Gestational	Model parameters				Percentiles of gestational weight gain (kg)															
age (weeks)	mu	sigma	nu	tau	P1	P2.3	P3	P5	P10	P16	P20	P25	P50	P75	P80	P84	P90	P95	P97.7	P99
10	20.111	0.190	1.072	0.822	-10.9	-8.3	-7.5	-6.0	-4.0	-2.7	-2.1	-1.5	0.1	1.7	2.3	2.9	4.2	6.1	8.4	11.0
11	20.424	0.189	1.071	0.850	-10.7	-8.1	-7.3	-5.8	-3.8	-2.5	-1.9	-1.3	0.4	2.1	2.7	3.3	4.6	6.6	8.8	11.4
12	20.742	0.189	1.070	0.878	-10.5	-7.9	-7.1	-5.6	-3.6	-2.2	-1.6	-1.0	0.7	2.5	3.1	3.7	5.0	7.0	9.3	11.7
13	21.066	0.189	1.070	0.907	-10.2	-7.7	-6.9	-5.4	-3.3	-2.0	-1.4	-0.8	1.1	2.9	3.5	4.1	5.4	7.4	9.7	12.1
14	21.394	0.188	1.069	0.937	-10.0	-7.5	-6.7	-5.2	-3.1	-1.8	-1.1	-0.5	1.4	3.3	3.9	4.5	5.9	7.9	10.1	12.5
15	21.729	0.188	1.069	0.967	-9.8	-7.3	-6.5	-5.0	-2.9	-1.5	-0.9	-0.2	1.7	3.7	4.3	5.0	6.3	8.3	10.5	12.9
16	22.069	0.188	1.068	0.998	-9.5	-7.0	-6.3	-4.7	-2.7	-1.3	-0.6	0.0	2.1	4.1	4.7	5.4	6.7	8.7	11.0	13.4
17	22.415	0.187	1.068	1.029	-9.3	-6.8	-6.0	-4.5	-2.4	-1.0	-0.4	0.3	2.4	4.5	5.2	5.8	7.2	9.2	11.4	13.8
18	22.767	0.187	1.067	1.061	-9.0	-6.6	-5.8	-4.3	-2.2	-0.8	-0.1	0.6	2.8	4.9	5.6	6.3	7.7	9.7	11.9	14.2
19	23.126	0.186	1.067	1.094	-8.7	-6.3	-5.5	-4.0	-1.9	-0.5	0.2	0.9	3.1	5.4	6.0	6.7	8.1	10.1	12.3	14.6
20	23.490	0.186	1.066	1.128	-8.4	-6.0	-5.3	-3.8	-1.7	-0.2	0.5	1.2	3.5	5.8	6.5	7.2	8.6	10.6	12.8	15.1
21	23.861	0.186	1.065	1.163	-8.1	-5.8	-5.0	-3.5	-1.4	0.1	0.8	1.5	3.9	6.2	6.9	7.6	9.1	11.1	13.3	15.5
22	24.238	0.185	1.065	1.198	-7.8	-5.5	-4.7	-3.2	-1.1	0.3	1.1	1.8	4.2	6.7	7.4	8.1	9.5	11.6	13.7	16.0
23	24.621	0.185	1.064	1.234	-7.5	-5.2	-4.5	-3.0	-0.9	0.6	1.4	2.1	4.6	7.1	7.9	8.6	10.0	12.1	14.2	16.4
24	25.009	0.185	1.064	1.269	-7.2	-4.9	-4.2	-2.7	-0.6	0.9	1.7	2.4	5.0	7.6	8.3	9.1	10.5	12.6	14.7	16.9
25	25.404	0.184	1.063	1.305	-6.9	-4.6	-3.9	-2.4	-0.3	1.2	2.0	2.7	5.4	8.1	8.8	9.6	11.0	13.1	15.2	17.4
26	25.805	0.184	1.063	1.339	-6.6	-4.3	-3.6	-2.1	0.0	1.5	2.3	3.1	5.8	8.5	9.3	10.1	11.5	13.6	15.7	17.8
27	26.211	0.184	1.062	1.373	-6.3	-4.0	-3.3	-1.8	0.3	1.8	2.6	3.4	6.2	9.0	9.8	10.6	12.0	14.1	16.2	18.4
28	26.623	0.183	1.062	1.404	-6.0	-3.7	-3.0	-1.5	0.6	2.2	2.9	3.7	6.6	9.5	10.3	11.1	12.6	14.6	16.7	18.9
29	27.042	0.183	1.061	1.434	-5.7	-3.4	-2.7	-1.2	0.9	2.5	3.3	4.1	7.0	10.0	10.8	11.6	13.1	15.1	17.3	19.4
30	27.467	0.182	1.060	1.462	-5.3	-3.1	-2.4	-0.9	1.2	2.8	3.6	4.5	7.5	10.5	11.3	12.1	13.6	15.7	17.8	19.9
31	27.898	0.182	1.060	1.487	-5.0	-2.8	-2.1	-0.6	1.6	3.2	4.0	4.8	7.9	11.0	11.8	12.6	14.1	16.2	18.4	20.5
32	28.336	0.182	1.059	1.510	-4.7	-2.5	-1.7	-0.3	1.9	3.5	4.3	5.2	8.3	11.5	12.3	13.1	14.7	16.8	18.9	21.0
33	28.780	0.181	1.059	1.530	-4.4	-2.2	-1.4	0.1	2.3	3.9	4.7	5.6	8.8	12.0	12.8	13.6	15.2	17.3	19.5	21.6
34	29.232	0.181	1.058	1.547	-4.1	-1.9	-1.1	0.4	2.6	4.3	5.1	6.0	9.2	12.5	13.4	14.2	15.8	17.9	20.1	22.2

35	29.690	0.181	1.058	1.562	-3.8	-1.5	-0.8	0.7	3.0	4.6	5.5	6.4	9.7	13.0	13.9	14.7	16.3	18.5	20.7	22.8
36	30.156	0.180	1.057	1.575	-3.5	-1.2	-0.4	1.1	3.3	5.0	5.9	6.8	10.2	13.5	14.4	15.3	16.9	19.1	21.3	23.4
37	30.630	0.180	1.056	1.584	-3.2	-0.9	-0.1	1.4	3.7	5.4	6.3	7.2	10.6	14.0	15.0	15.8	17.5	19.7	21.9	24.1
38	31.110	0.180	1.056	1.591	-2.9	-0.5	0.2	1.8	4.1	5.8	6.7	7.6	11.1	14.6	15.5	16.4	18.1	20.3	22.5	24.7
39	31.599	0.179	1.055	1.596	-2.5	-0.2	0.6	2.2	4.5	6.2	7.1	8.1	11.6	15.1	16.1	16.9	18.6	20.9	23.2	25.4
40	32.095	0.179	1.055	1.601	-2.2	0.1	0.9	2.5	4.9	6.6	7.5	8.5	12.1	15.7	16.6	17.5	19.2	21.5	23.8	26.1

Table A3.S5. Week-specific Box-Cox Power Exponential model parameters and selected percentiles of gestational weight gain for pre-pregnancy obesity, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data.

Gestational	Model parameters				Percentiles of gestational weight gain (kg)															
age (weeks)	mu	sigma	nu	tau	P1	P2.3	P3	P5	P10	P16	P20	P25	P50	P75	P80	P84	P90	P95	P97.7	P99
10	19.997	0.245	1.256	0.830	-13.6	-10.7	-9.7	-7.8	-5.2	-3.6	-2.8	-2.1	0.0	2.1	2.8	3.5	5.1	7.5	10.2	13.2
11	20.157	0.245	1.238	0.890	-13.6	-10.7	-9.7	-7.8	-5.3	-3.6	-2.8	-2.1	0.2	2.4	3.1	3.9	5.4	7.8	10.5	13.3
12	20.322	0.245	1.220	0.954	-13.5	-10.7	-9.7	-7.8	-5.3	-3.6	-2.8	-2.0	0.3	2.7	3.4	4.2	5.8	8.1	10.7	13.4
13	20.492	0.245	1.202	1.018	-13.4	-10.6	-9.7	-7.8	-5.3	-3.6	-2.8	-2.0	0.5	3.0	3.7	4.5	6.1	8.4	10.9	13.6
14	20.670	0.245	1.184	1.084	-13.2	-10.5	-9.6	-7.8	-5.3	-3.6	-2.8	-1.9	0.7	3.3	4.1	4.8	6.4	8.7	11.2	13.7
15	20.857	0.245	1.165	1.149	-13.1	-10.4	-9.5	-7.7	-5.2	-3.5	-2.7	-1.9	0.9	3.6	4.4	5.2	6.8	9.0	11.4	13.9
16	21.057	0.245	1.147	1.212	-12.8	-10.2	-9.3	-7.6	-5.2	-3.5	-2.6	-1.8	1.1	3.9	4.7	5.5	7.1	9.3	11.7	14.1
17	21.271	0.245	1.129	1.271	-12.6	-10.1	-9.2	-7.5	-5.1	-3.4	-2.5	-1.7	1.3	4.2	5.0	5.8	7.4	9.7	12.0	14.4
18	21.500	0.245	1.111	1.326	-12.4	-9.9	-9.0	-7.4	-5.0	-3.3	-2.4	-1.5	1.5	4.5	5.4	6.2	7.8	10.0	12.4	14.7
19	21.745	0.245	1.093	1.375	-12.1	-9.7	-8.8	-7.2	-4.8	-3.1	-2.3	-1.4	1.8	4.8	5.7	6.5	8.2	10.4	12.7	15.0
20	22.007	0.245	1.074	1.418	-11.9	-9.5	-8.6	-7.0	-4.7	-3.0	-2.1	-1.2	2.0	5.2	6.1	6.9	8.6	10.8	13.1	15.4
21	22.285	0.245	1.056	1.452	-11.6	-9.2	-8.4	-6.8	-4.5	-2.8	-1.9	-1.0	2.3	5.5	6.4	7.3	9.0	11.2	13.5	15.8
22	22.578	0.245	1.038	1.476	-11.4	-9.0	-8.2	-6.6	-4.3	-2.6	-1.7	-0.8	2.6	5.9	6.8	7.7	9.4	11.7	14.0	16.3
23	22.884	0.245	1.020	1.492	-11.2	-8.8	-8.0	-6.4	-4.1	-2.3	-1.4	-0.5	2.9	6.3	7.2	8.1	9.8	12.1	14.5	16.8
24	23.201	0.245	1.002	1.499	-10.9	-8.6	-7.8	-6.2	-3.8	-2.1	-1.2	-0.3	3.2	6.7	7.6	8.5	10.2	12.6	15.0	17.4
25	23.527	0.245	0.984	1.497	-10.7	-8.4	-7.6	-6.0	-3.6	-1.8	-0.9	0.0	3.5	7.0	8.0	8.9	10.7	13.1	15.6	18.0
26	23.860	0.245	0.965	1.487	-10.5	-8.2	-7.3	-5.7	-3.3	-1.5	-0.6	0.3	3.9	7.4	8.4	9.3	11.1	13.6	16.1	18.6
27	24.198	0.245	0.947	1.472	-10.3	-7.9	-7.1	-5.5	-3.1	-1.3	-0.3	0.6	4.2	7.8	8.8	9.7	11.6	14.1	16.7	19.3
28	24.539	0.245	0.929	1.455	-10.2	-7.7	-6.9	-5.2	-2.8	-1.0	0.0	1.0	4.5	8.2	9.2	10.1	12.0	14.6	17.3	20.0
29	24.883	0.245	0.911	1.437	-10.0	-7.5	-6.7	-5.0	-2.5	-0.7	0.3	1.3	4.9	8.5	9.6	10.5	12.5	15.1	17.9	20.7
30	25.228	0.245	0.893	1.420	-9.8	-7.3	-6.4	-4.7	-2.2	-0.4	0.6	1.6	5.2	8.9	10.0	11.0	12.9	15.7	18.5	21.4
31	25.575	0.245	0.874	1.406	-9.6	-7.1	-6.2	-4.5	-2.0	-0.1	0.9	1.9	5.6	9.3	10.4	11.4	13.4	16.2	19.1	22.1
32	25.925	0.245	0.856	1.394	-9.4	-6.8	-6.0	-4.2	-1.7	0.2	1.2	2.2	5.9	9.7	10.8	11.8	13.9	16.7	19.7	22.8
33	26.279	0.245	0.838	1.385	-9.2	-6.6	-5.7	-4.0	-1.4	0.5	1.5	2.6	6.3	10.1	11.2	12.2	14.3	17.3	20.3	23.5
34	26.638	0.246	0.820	1.379	-8.9	-6.4	-5.5	-3.7	-1.1	0.8	1.8	2.9	6.6	10.5	11.6	12.7	14.8	17.8	21.0	24.2

35	27.003	0.246	0.802	1.377	-8.7	-6.1	-5.2	-3.5	-0.8	1.1	2.1	3.2	7.0	10.9	12.1	13.1	15.3	18.4	21.6	24.9
36	27.374	0.246	0.784	1.379	-8.4	-5.9	-5.0	-3.2	-0.6	1.4	2.4	3.5	7.4	11.4	12.5	13.6	15.8	18.9	22.2	25.6
37	27.751	0.246	0.765	1.386	-8.2	-5.6	-4.7	-2.9	-0.3	1.7	2.8	3.8	7.8	11.8	13.0	14.1	16.4	19.5	22.9	26.3
38	28.132	0.246	0.747	1.396	-7.9	-5.3	-4.4	-2.7	0.0	2.0	3.1	4.1	8.1	12.3	13.5	14.6	16.9	20.1	23.5	27.0
39	28.516	0.246	0.729	1.408	-7.6	-5.0	-4.2	-2.4	0.3	2.3	3.4	4.5	8.5	12.7	13.9	15.1	17.4	20.7	24.2	27.7
40	28.905	0.246	0.711	1.421	-7.3	-4.8	-3.9	-2.1	0.6	2.6	3.7	4.8	8.9	13.2	14.4	15.6	18.0	21.3	24.8	28.4

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese apresentou três passos fundamentais na criação de um novo sistema de monitoramento do estado nutricional das gestantes brasileiras: a construção de uma base de dados robusta, que deu origem ao CONMAI; as análises de concordância que embasaram a decisão pelo uso do peso pré-gestacional autorrelatado para cálculo do IMC e GPG; e, o produto mais relevante, as quatro novas curvas brasileiras de GPG, criadas de acordo com a categoria de IMC pré-gestacional, e validadas interna e externamente. Esses resultados representam um extraordinário avanço para a área de nutrição materno-infantil no Brasil. Pela primeira vez, o país poderá contar com um sistema de monitoramento do GPG desenvolvido a partir de dados nacionais. Após anos de discussão e execução do projeto, as gestantes brasileiras e os gestores da área de nutrição e saúde da mulher poderão contar com uma ferramenta completa para acompanhamento do estado nutricional durante a gestação. A criação das curvas brasileiras e os demais produtos apresentados nesta tese representam um passo inicial nesta mudança.

O processo de criação das curvas, descrito no terceiro artigo da tese, merece ser destacado como um dos pontos centrais desta tese. Diferentes modelos estatísticos foram testados ao longo de quase dois anos de trabalho, até que se obtivessem resultados satisfatórios em termos de validade interna do modelo e plausibilidade dos valores de ganho de peso por semana gestacional. Esse processo foi descrito no material suplementar do terceiro artigo, mas os inúmeros testes realizados e as mais de 50 curvas criadas não puderam ser descritos em detalhes. A validação externa das curvas, utilizando dados do estudo “Nascer no Brasil”, também merece destaque, por ser uma iniciativa pioneira em estudos que criam curvas de GPG.

Além das curvas, a criação do CONMAI também deve ser mencionada. O CONMAI é uma iniciativa que agrega mais de 50 pesquisadores de diferentes instituições de pesquisa brasileiras, que estão unindo esforços e estudos para gerar produtos que possam subsidiar mudanças em políticas públicas voltadas para o público materno-infantil. Outros produtos relevantes serão produzidos pelo grupo nos próximos anos, tais como uma nova curva para monitoramento da altura uterina durante a gestação, com potencial para mudar outros instrumentos utilizados no acompanhamento nutricional das gestantes brasileiras.

Cabe ainda ressaltar que as curvas de GPG criadas apresentam limitações, e deverão ser corroboradas e revisitadas no futuro, para que reflitam o dinamismo e as mudanças que ocorrem no estado nutricional da população brasileira. Ademais, definir faixas ótimas baseadas nas curvas é de fundamental importância para sua implementação na rede de atenção básica do país. A definição de valores de GPG a serem recomendados para mulheres brasileiras, diferentes

daqueles criados para gestantes norte-americanas, é um passo fundamental na segunda fase deste projeto. Recomendar valores de ganho de peso que não refletem a realidade das nossas gestantes pode contribuir para o aumento das prevalências de sobrepeso e obesidade observado entre mulheres brasileiras. Ao mesmo tempo, definir novas recomendações é tarefa prioritária. Para isso, serão utilizados dados do SISVAN e do SINASC, vinculados à linha de base da coorte de 100 milhões de brasileiros. Esses dados permitirão testar valores de escores z de GPG nas curvas que minimizem a ocorrência de desfechos adversos para a mãe e para a criança. A proposta é que novas faixas de GPG 'ótimas', adequadas para a população brasileira, sejam definidas a partir da aplicação do método de margens de não-inferioridade (HUTCHEON; BODNAR, 2014). Esta metodologia pode ser considerada uma maneira sistemática de identificar faixas de GPG ideais associadas ao menor risco de ocorrência de desfechos maternos e infantis. Ademais, considerando a necessidade de se incorporar múltiplos desfechos na definição das faixas de GPG, um indicador composto será criado, e este indicador considerará a diferença na severidade de cada desfecho para o planejamento em saúde, incorporando pesos baseados em tal severidade. Desta forma, as faixas ideais de GPG baseadas nas curvas podem ser definidas considerando um padrão de risco contínuo para múltiplos desfechos maternos e infantis e o impacto de cada um para saúde pública (BODNAR et al., 2020). Espera-se que este produto esteja concluído ao final de 2022, para implementação na caderneta das gestantes a partir do próximo ano.

A implementação do novo pacote para acompanhamento do estado nutricional na gestação na rede de atenção básica no país é fundamental para que as curvas sejam utilizadas principalmente entre usuárias do SUS. Diversas ferramentas estão sendo desenvolvidas a partir de discussões com o MS visando facilitar esta implementação. Como exemplo, citam-se um pacote de materiais para treinamento de profissionais de saúde que realizam o acompanhamento pré-natal, incluindo um tutorial sobre a utilização das curvas; a atualização do manual de coleta de dados antropométricos no SISVAN, que inclui um capítulo sobre gestantes com as novas curvas; e outras iniciativas, como o aplicativo para Android/iOS voltado às gestantes. Implementar uma nova ferramenta na rede de atenção básica em um país como o Brasil não é tarefa fácil e será o desafio a ser enfrentado pelo MS a partir da conclusão do projeto maior. Esta tese representa a primeira fase de uma iniciativa inédita em um país de média renda para criar uma ferramenta completa de monitoramento e recomendações de GPG.

8 REFERÊNCIAS

ABRAMS, B.; CARMICHAEL, S.; SELVIN, S. Factors associated with the pattern of maternal weight gain during pregnancy. **Obstet Gynecol**, 86, n. 2, p. 170-176, 1995.

ACOG practice bulletin. Diagnosis and management of preeclampsia and eclampsia. Number 33, January 2002. **Obstet Gynecol**, 99, n. 1, p. 159-167, 2002.

ADANE, A. A. *et al.* The impact of pre-pregnancy body mass index and gestational weight gain on placental abruption risk: a systematic review and meta-analysis. **Arch Gynecol Obstet**, 300, n. 5, p. 1201-1210, 2019.

AMORIM, A., LACERDA, E. M. A., KAC, G. Uso e interpretação dos indicadores antropométricos na avaliação do estado nutricional de gestantes. *In*: KAC, G., SICHIERI, R., and GIGANTE, DP., orgs. **Epidemiologia Nutricional**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2007. p. 30-47.

AMORIM, A. R. *et al*. Assessment of weight changes during and after pregnancy: practical approaches. **Matern Child Nutr**, 4, n. 1, p. 1-13, 2008.

ANANTH, C. V.; BRANDT, J. S.; VINTZILEOS, A. M. Standard vs population reference curves in obstetrics: which one should we use? **Am J Obstet Gynecol**, 220, n. 4, p. 293-296, 2019.

ARAÚJO, R. G. P. S. *et al.* Validity of self-reported weight, height, and BMI in mothers of the research Birth in Brazil. **Rev Saude Publica**, 51, p. 115-115, 2017.

ATALAH, E. . *et al.* [Proposal of a new standard for the nutritional assessment of pregnant women]. **Rev Med Chil**, 125, n. 12, p. 1429-1436, 1997.

ATALAH, E.; CASTRO, R. [Maternal obesity and reproductive risk]. **Rev Med Chil**, 132, n. 8, p. 923-930, 2004.

BAKER, J. L. *et al.* Breastfeeding reduces postpartum weight retention. **Am J Clin Nutr**, 88, n. 6, p. 1543-1551, 2008.

BARBOSA, G. P. *et al.* Parto cesáreo: quem o deseja? Em quais circunstâncias? **Cad. Saude Publica**, 19, p. 1611-1620, 2003.

BATALHA, M. A. et al. Factors associated with longitudinal changes in B-vitamin and choline concentrations of human milk. **Am J Clin Nutr**, 114, n. 4, p. 1560-1573, 2021.

BENAIM, C. et al. Vitamin D during pregnancy and its association with birth outcomes: a Brazilian cohort study. **Eur J Clin Nutr**, 75, n. 3, p. 489-500, 2021.

BLACK, R. E. *et al.* Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. **Lancet**, 382, n. 9890, p. 427-451, 2013.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, 1, n. 8476, p. 307-310, 1986.

BODNAR, L. M. *et al.* Rating the seriousness of maternal and child health outcomes linked with pregnancy weight gain. **Paediatr Perinat Epidemiol**, 2020.
BORGHI, E. *et al.* Construction of the World Health Organization child growth standards: selection of methods for attained growth curves. **Stat Med**, 25, n. 2, p. 247-265, 2006.

BORIBOONHIRUNSARN, D. Second trimester weight gain > 7 kg increases the risk of gestational diabetes after normal first trimester screening. **J Obstet Gynaecol Res**, 43, n. 3, p. 462-467, 2017.

BRASIL. Ministério da saúde. **Assistência Pré-natal.** SECRETARIA NACIONAL DE PROGRAMAS ESPECIAIS DE SAÚDE. DIVISÃO NACIONAL DE SAÚDE MATERNO-INFANTIL & INSTITUTO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA MÉDICA DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. Brasília: Ministério da Saúde 1988.

BRASIL. Ministério da saúde. **Assistência pré-natal: manual técnico**. SECRETARIA DE POLÍTICAS DA SAÚDE. Brasília: Ministério da Saúde 2000.

BRASIL. Ministério da saúde. **Pré-natal e puerpério: atenção qualificada e humanizada-manual técnico**. ÁREA TÉCNICA DE SAÚDE DA MULHER. DEPARTAMENTO DE AÇÕES PROGRAMÁTICAS ESTRATÉGICAS. SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. Brasília: Ministério da Saúde**:** 158 p. 2005.

BRASIL. Ministério da saúde. **Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional** - SISVAN. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA. Brasília: Ministério da Saúde 2011.

BRASIL. Ministério da saúde. **Gestação de alto risco: manual técnico**. DEPARTAMENTO DE AÇÕES PROGRAMÁTICAS ESTRATÉGICAS. Brasília: Ministério da Saúde 2012.

BRASIL. Ministério da saúde. **Atenção ao pré-natal de baixo risco.** DEPARTAMENTO DE ATENÇÃO BÁSICA, SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. Brasília: Ministério da Saúde 2013.

BRUNNER, S. *et al.* Excessive gestational weight gain prior to glucose screening and the risk of gestational diabetes: a meta-analysis. **Diabetologia**, 58, n. 10, p. 2229-2237, 2015.

CALVO, E. B. *et al.* Reference charts for weight gain and body mass index during pregnancy obtained from a healthy cohort. **J Matern Fetal Neonatal Med**, 22, n. 1, p. 36-42, 2009.

CARMICHAEL, S.; ABRAMS, B.; SELVIN, S. The pattern of maternal weight gain in women with good pregnancy outcomes. **Am J Public Health**, 87, n. 12, p. 1984-1988, 1997.

CARRILHO, T. R. B. et al. Prevalence and temporal trends in prepregnancy nutritional status and gestational weight gain of adult women followed in the Brazilian Food and Nutrition Surveillance System from 2008 to 2018. **Matern Child Nutr**, p. e13240, 2021.

CHEIKH-ISMAIL, L. *et al.* Gestational weight gain standards based on women enrolled in

the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project: a prospective longitudinal cohort study. **BMJ**, 352, p. i555, 2016.

CHEN, W. *et al.* Prepregnancy BMI, Gestational Weight Gain and Risk of Childhood Atopic Dermatitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Pediatr Allergy Immunol**, 2021.

COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Taylor & Francis, 2013.

COLE, T. J. Commentary: Methods for calculating growth trajectories and constructing growth centiles. **Stat Med**, 38, n. 19, p. 3571-3579, 2019.

COZZI, G. D. *et al.* Factors Associated with Appropriate Gestational Weight Gain among Women with Obesity. **Am J Perinatol**, 2020.

DACHEW, B. A.; AYANO, G.; ALATI, R. Does weight gain during pregnancy influence antenatal depressive symptoms? A systematic review and meta-analysis. **J Psychosom Res**, 138, p. 110255, 2020.

DE ONIS, M. *et al.* Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. **Acta Paediatrica**, 95, n. S450, p. 56-65, 2006.

DE ONIS, M. *et al.* Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. **Bull World Health Organ**, 85, n. 9, p. 660-667, 2007.

DIXON, P. M. *et al.* A Primer on the Use of Equivalence Testing for Evaluating Measurement Agreement. **Medicine and science in sports and exercise**, 50, n. 4, p. 837-845, 2018.

DREHMER, M. *et al.*. Association of second and third trimester weight gain in pregnancy with maternal and fetal outcomes. **PLoS One**, 8, n. 1, p. e54704, 2013.

DREISBACH, C.; PRESCOTT, S.; ALHUSEN, J. Influence of Maternal Prepregnancy Obesity and Excessive Gestational Weight Gain on Maternal and Child Gastrointestinal Microbiome Composition: A Systematic Review. **Biol Res Nurs**, 22, n. 1, p. 114-125, 2020.

FARIAS, D. R. et al. Maternal mental health and gestational weight gain in a Brazilian Cohort. **Sci Rep**, 11, n. 1, p. 10787, 2021.

FAUCHER, M. A.; BARGER, M. K. Gestational weight gain in obese women by class of obesity and select maternal/newborn outcomes: A systematic review. **Women Birth**, 28, n. 3, p. e70-79, 2015.

FAUCHER, M. A. *et al.* Gestational weight gain and preterm birth in obese women: a systematic review and meta-analysis. **BJOG**, 123, n. 2, p. 199-206, 2016.

FENG, Y. Y. *et al.* Gestational weight gain outside the 2009 Institute of Medicine

recommendations: novel psychological and behavioural factors associated with inadequate or excess weight gain in a prospective cohort study. **BMC Pregnancy Childbirth**, 21, n. 1, p. 70, 2021.

FESCINA, R. H. Aumento de peso durante el embarazo. Metodo para su calculo cuando se desconoce el peso habitual. **Bol. Oficina Sanit. Panam.**, 95, n. 2, p. 156 - 162, 1983.

FESCINA, R. H. Nutrición materna y resultados perinatales. **Clin. perinatol. argent**, n. 4, p. 77-98, 1997.

FIGUEIREDO, A. C. C. et al. Association between vitamin D status during pregnancy and total gestational weight gain and postpartum weight retention: a prospective cohort. **Eur J Clin Nutr**, 74, n. 1, p. 126-134, 2020.

FRAGA, A. C. S. A.; THEME FILHA, M. M. Factors associated with gestational weight gain in pregnant women in Rio de Janeiro, Brazil, 2008. **Cad. Saude Publica**, 30, n. 3, p. 633-644, 2014.

GAILLARD, R. *et al.* Maternal weight gain in different periods of pregnancy and childhood cardio-metabolic outcomes. The Generation R Study. **Int J Obes**, 39, n. 4, p. 677-685, 2015.

GAILLARD, R. *et al.* Associations of maternal prepregnancy body mass index and gestational weight gain with cardio-metabolic risk factors in adolescent offspring: a prospective cohort study. **BJOG**, 123, n. 2, p. 207-216, 2016.

GODOY, A. C.; NASCIMENTO, S. L.; SURITA, F. G. A systematic review and meta-analysis of gestational weight gain recommendations and related outcomes in Brazil. **Clinics**, 70, n. 11, p. 758-764, 2015.

GOLDSTEIN, R. F. *et al.* Association of Gestational Weight Gain With Maternal and Infant Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA**, 317, n. 21, p. 2207-2225, 2017.

GOLDSTEIN, R. F. *et al.* Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women. **BMC Med**, 16, n. 1, p. 153, 2018.

GONZÁLEZ P, R. *et al.* Curva nacional de distribución de peso al nacer según edad gestacional: Chile, 1993 a 2000. **Rev Med Chil**, 132, p. 1155-1165, 2004.

GRANDI, C.; LUCHTENBERG, G.; SOLA, H. [Nutrition assessment during pregnancy. A new weight chart]. **Medicina (B Aires)**, 67, n. 6 Pt 2, p. 677-684, 2007.

GUILLOTY, N. I. *et al.* Diet, Pre-pregnancy BMI, and Gestational Weight Gain in Puerto Rican Women. **Matern Child Health J**, 19, n. 11, p. 2453-2461, 2015.

HAN, Z. *et al.* Low gestational weight gain and the risk of preterm birth and low birthweight: a systematic review and meta-analyses. **Acta Obstet Gynecol Scand**, 90, n. 9, p. 935-954, 2011.

HEADEN, I. *et al.* The accuracy of self-reported pregnancy-related weight: a systematic

review. **Obes Rev**, 18, n. 3, p. 350-369, 2017.

HEDDERSON, M. M.; GUNDERSON, E. P.; FERRARA, A. Gestational weight gain and risk of gestational diabetes mellitus. **Obstet Gynecol**, 115, n. 3, p. 597-604, 2010.

HENRIKSEN, T. The macrosomic fetus: a challenge in current obstetrics. **Acta Obstet Gynecol Scand**, 87, n. 2, p. 134-145, 2008.

HERRING, S. J. *et al.* Determinants of excessive gestational weight gain in urban, low-income women. **Womens Health Issues**, 22, n. 5, p. e439-446, 2012.

HUANG, A. *et al.* Gestational weight gain charts by gestational age and body mass index for Chinese women: A population-based follow-up study. **J Epidemiol**, 2019.

HUANG, Y.; OUYANG, Y. Q.; REDDING, S. R. Maternal Prepregnancy Body Mass Index, Gestational Weight Gain, and Cessation of Breastfeeding: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Breastfeed Med**, 14, n. 6, p. 366-374, 2019.

HUTCHEON, J. A.; BODNAR, L. M. A systematic approach for establishing the range of recommended weight gain in pregnancy. **Am J Clin Nutr**, 100, n. 2, p. 701-707, 2014.

_____. Good Practices for Observational Studies of Maternal Weight and Weight Gain in Pregnancy. **Paediatr Perinat Epidemiol**, 32, n. 2, p. 152-160, 2018.

HUTCHEON, J. A. *et al.* The bias in current measures of gestational weight gain. **Paediatr Perinat Epidemiol**, 26, n. 2, p. 109-116, 2012.

HUTCHEON, J. A. *et al.* Pregnancy weight gain charts for obese and overweight women. **Obesity**, 23, n. 3, p. 532-535, 2015.

HUTCHEON, J. A. *et al.* The INTERGROWTH-21st gestational weight gain standard and interpregnancy weight increase: A population-based study of successive pregnancies. **Obesity**, 25, n. 6, p. 1122-1127, 2017.

HUTCHEON, J. A. *et al.* Pregnancy Weight Gain Before Diagnosis and Risk of Preeclampsia: A Population-Based Cohort Study in Nulliparous Women. **Hypertension**, 72, n. 2, p. 433-441, 2018.

HYTTEN, F.; CHAMBERLAIN, G. **Clinical Physiology in Obstetrics**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa nacional de saúde 2019: atenção primária à saúde e informações antropométricas COORDENAÇÃO DE TRABALHO E RENDIMENTO. Rio de Janeiro: IBGE 2020.

INSTITUTE OF MEDICINE (U.S.). Subcommittee on nutritional status and weight gain during pregnancy. Subcommittee on dietary intake and nutrient supplements during pregnancy. **Nutrition during pregnancy : part I, weight gain : part II, nutrient supplements**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.

INSTITUTE OF MEDICINE (U.S.). Committee to reexamine iom pregnancy weight guidelines. **Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines**. Washington, DC: National Academies Press, 2009.

JOHANSSON, K. *et al.* Pregnancy weight gain by gestational age and BMI in Sweden: a population-based cohort study. **Am J Clin Nutr**, 103, n. 5, p. 1278-1284, 2016.

KAC, G. *et al.* Gestational weight gain and prepregnancy weight influence postpartum weight retention in a cohort of brazilian women. **J Nutr**, 134, n. 3, p. 661-666, 2004.

KAC, G. *et al.* Evaluation of the ability of a Latin-American gestational weight curve to predict adverse pregnancy outcomes. **Int J Gynaecol Obstet**, 106, n. 3, p. 223-226, 2009.

KAPADIA, M. Z. *et al.* Can we safely recommend gestational weight gain below the 2009 guidelines in obese women? A systematic review and meta-analysis. **Obes Rev**, 16, n. 3, p. 189-206, 2015a.

KAPADIA, M. Z. *et al.* Weight loss instead of weight gain within the guidelines in obese women during pregnancy: a systematic review and meta-analyses of maternal and infant outcomes. **PLoS One**, 10, n. 7, p. e0132650, 2015b.

KARACHALIOU, M. *et al.* Association of trimester-specific gestational weight gain with fetal growth, offspring obesity, and cardiometabolic traits in early childhood. **Am J Obstet Gynecol**, 212, n. 4, p. 502 e501-514, 2015.

KHEIROURI, S.; ALIZADEH, M. Maternal excessive gestational weight gain as a risk factor for autism spectrum disorder in offspring: a systematic review. **BMC Pregnancy Childbirth**, 20, n. 1, p. 645, 2020.

KOMINIAREK, M. A.; PEACEMAN, A. M. Gestational weight gain. **Am J Obstet Gynecol**, 2017.

KRAMER, M. S. Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. **Bull World Health Organ**, 65, n. 5, p. 663-737, 1987.

KROLL, C. et al. Association of ADIPOQ-rs2241766 and FTO-rs9939609 genetic variants with body mass index trajectory in women of reproductive age over 6 years of follow-up: the PREDI study. **Eur J Clin Nutr**, 2021.

LAGOS S, R. *et al.* Índices antropométricos para la evaluación de la embarazada y el recién nacido: cálculo mediante tablas bidimensionales. **Revista chilena de obstetricia y ginecología**, 76, p. 26-31, 2011.

LAKENS, D.; SCHEEL, A. M.; ISAGER, P. M. Equivalence testing for psychological research: a tutorial. **Advances in Methods and Practices in Psychological Science**, 1, n. 2, p. 259-269, 2018.

LAN-PIDHAINY, X.; NOHR, E. A.; RASMUSSEN, K. M. Comparison of gestational weight gain-related pregnancy outcomes in American primiparous and multiparous women. **Am J Clin Nutr**, 97, n. 5, p. 1100-1106, 2013.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LAU, E. Y. *et al.* Maternal weight gain in pregnancy and risk of obesity among offspring: a systematic review. **J Obes**, 2014, p. 524939, 2014.

LAWRENCE, M.; MCKILLOP, F. M.; DURNIN, J. V. Women who gain more fat during pregnancy may not have bigger babies: implications for recommended weight gain during pregnancy. **Br J Obstet Gynaecol**, 98, n. 3, p. 254-259, 1991.

LEAL, M. C. *et al.* Birth in Brazil: national survey into labour and birth. **Reprod Health**, 9, p. 15, 2012.

LIN, L. I. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**, 45, n. 1, p. 255-268, 1989.

LINNE, Y. *et al.* Long-term weight development in women: a 15-year follow-up of the effects of pregnancy. **Obes Res**, 12, n. 7, p. 1166-1178, 2004.

LOHMANN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Human Kinetics Books, Champaign, Ill., 1988.

LORENZ, B. A. *et al*. Uma proposta de design de informação para as novas curvas de ganho de peso gestacional da caderneta da gestante no Brasil. **Anais do 10º Congresso Internacional de Design da Informação, Sociedade Brasileira de Design da Informação**, 2021.

LUNDGREN, E. M.; TUVEMO, T. Effects of being born small for gestational age on long-term intellectual performance. **Best Pract Res Clin Endocrinol Metab**, 22, n. 3, p. 477-488, 2008.

MACDONALD-WALLIS, C. *et al.* Gestational weight gain as a risk factor for hypertensive disorders of pregnancy. **Am J Obstet Gynecol**, 209, n. 4, p. 327 e321-317, 2013.

MAMUN, A. A.; MANNAN, M.; DOI, S. A. Gestational weight gain in relation to offspring obesity over the life course: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis. **Obes Rev**, 15, n. 4, p. 338-347, 2014.

MARDONES, F.; ROSSO, P. Desarrollo de una curva patrón de incrementos ponderales para la embarazada. **Rev. méd. Chile**, 125, n. 12, p. 1437- 1448, 1997.

MARDONES, F.; ROSSO, P. A weight gain chart for pregnant women designed in Chile. **Matern Child Nutr**, 1, n. 2, p. 77-90, 2005.

MARDONES, F. *et al.* Comparación de dos indicadores de la relación peso-talla en la embarazada. **Acta Pediátrica Española**, 57, p. 501 - 506, 1999.

MARTÍNEZ-HORTELANO, J. A. *et al.* Gestational weight gain and offspring's cognitive skills: a systematic review and meta-analysis. **BMC Pediatr**, 20, n. 1, p. 533, 2020.

MASLOVA, E. *et al.* Dietary protein-to-carbohydrate ratio and added sugar as determinants of excessive gestational weight gain: a prospective cohort study. **BMJ Open**, 5, n. 2, p. e005839, 2015.

MCDONALD, S. D. *et al.* High Gestational Weight Gain and the Risk of Preterm Birth and Low Birth Weight: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada**, 33, n. 12, p. 1223-1233, 2011.

MCDONALD, S. D. *et al.* Prediction of excess pregnancy weight gain using psychological, physical, and social predictors: A validated model in a prospective cohort study. **PLoS One**, 15, n. 6, p. e0233774, 2020.

MCINTIRE, D. D. *et al.* Birth weight in relation to morbidity and mortality among newborn infants. **N Engl J Med**, 340, n. 16, p. 1234-1238, 1999.

NASCIMENTO, F. A. D.; SILVA, S. A. D.; JAIME, P. C. [Coverage of assessment of nutritional status in the Brazilian Food and Nutritional Surveillance System, 2008-2013]. **Cad Saude Publica**, 33, n. 12, p. e00161516, 2017.

NEHRING, I. *et al.* Gestational weight gain and long-term postpartum weight retention: a meta-analysis. **Am J Clin Nutr**, 94, n. 5, p. 1225-1231, 2011.

NEHRING, I.; LEHMANN, S.; VON KRIES, R. Gestational weight gain in accordance to the IOM/NRC criteria and the risk for childhood overweight: a meta-analysis. **Pediatr Obes**, 8, n. 3, p. 218-224, 2013.

NIQUINI, R. P.; BITTENCOURT, S. A.; LEAL, M. C. Conformity of pre-gestational weight measurement and agreement of anthropometric data reported by pregnant women and those recorded in prenatal cards, City of Rio de Janeiro, 2007-2008. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 16, p. 670-681, 2013.

NOHR, E. A. *et al.* Combined associations of prepregnancy body mass index and gestational weight gain with the outcome of pregnancy. **Am J Clin Nutr**, 87, n. 6, p. 1750-1759, 2008.

NOHR, E. A. *et al.* Pregnancy outcomes related to gestational weight gain in women defined by their body mass index, parity, height, and smoking status. **Am J Clin Nutr**, 90, n. 5, p. 1288-1294, 2009.

OHADIKE, C. O. *et al.* Systematic Review of the Methodological Quality of Studies Aimed at Creating Gestational Weight Gain Charts. **Adv Nutr**, 7, n. 2, p. 313-322, 2016.

OHUMA, E. O.; ALTMAN, D. G. Design and other methodological considerations for the construction of human fetal and neonatal size and growth charts. **Stat Med**, 38, n. 19, p. 3527-3539, 2019a.

OHUMA, E. O.; ALTMAN, D. G. Statistical methodology for constructing gestational age-related charts using cross-sectional and longitudinal data: The INTERGROWTH-21(st) project as a case study. **Stat Med**, 38, n. 19, p. 3507-3526, Aug 30 2019b.

OLIVEIRA, A. F. *et al.* [Study of validity in self-reported weight and height among pregnant women treated at municipal maternity hospitals in Rio de Janeiro, Brazil]. **Cad Saude Publica**, 20 Suppl 1, p. S92-100, 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **International statistical classification of diseases and related health problems**. Geneva: World Health Organization, 1992.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Physical status: the use and interpretation of anthropometry : report of a WHO Expert Committee**. Geneva: World Health Organization, 1995.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). ICD-10 version: 2010. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th Revision. Geneva: World Health Organization, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Diagnostic Criteria and Classification of Hyperglycaemia First Detected in Pregnancy**. Geneva: World Health Organization, 2013.

PAPAGEORGHIOU, A. T. *et al.* Ultrasound-based gestational-age estimation in late pregnancy. **Ultrasound in Obstetrics & Gynecology**, 48, n. 6, p. 719-726, 2016.

PAULSON, J. F. *et al.* Large for gestational age and long-term cognitive function. **Am J Obstet Gynecol**, 210, n. 4, p. 343 e341-343 e344, 2014.

PITKIN, R. M. Nutritional support in obstetrics and gynecology. **Clin Obstet Gynecol**, 19, n. 3, p. 489-513, Sep 1976.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** . Versão 3.6.0. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

REICHENHEIM, M. E. Confidence intervals for the kappa statistic. **Stata Journal**, 4, n. 4, p. 421-428, 2004.

RETNAKARAN, R. *et al.* Association of Timing of Weight Gain in Pregnancy With Infant Birth Weight. **JAMA Pediatr**, 172, n. 2, p. 136-142, 2018.

RIFAS-SHIMAN, S. L. *et al.* First and second trimester gestational weight gains are most strongly associated with cord blood levels of hormones at delivery important for glycemic control and somatic growth. **Metabolism**, 69, p. 112-119, Apr 2017.

RIGBY, R. A.; STASINOPOULOS, D. M. Automatic smoothing parameter selection in GAMLSS with an application to centile estimation. **Statistical Methods in Medical Research**, 23, n. 4, p. 318-332, 2014.

RODRIGUES, P. L. *et al.* Determinants of weight gain in pregnant women attending a public prenatal care facility in Rio de Janeiro, Brazil: a prospective study, 2005-2007. **Cad Saude Publica**, 24 Suppl 2, p. S272-284, 2008.

ROGOZINSKA, E. *et al.* Gestational weight gain outside the Institute of Medicine recommendations and adverse pregnancy outcomes: analysis using individual participant data from randomised trials. **BMC Pregnancy Childbirth**, 19, n. 1, p. 322, 2019.

ROSSO, P. A new chart to monitor weight gain during pregnancy. **Am J Clin Nutr**, 41, n. 3, p. 644-652, 1985.

SANTOS, S. *et al.* Gestational weight gain charts for different body mass index groups for women in Europe, North America, and Oceania. **BMC Med**, 16, n. 1, p. 201, 2018.

SCHOLL, T. O. *et al.* Gestational weight gain, pregnancy outcome, and postpartum weight retention. **Obstet Gynecol**, 86, n. 3, p. 423-427, 1995.

SCOTT, C. *et al.* No global consensus: a cross-sectional survey of maternal weight policies. **BMC Pregnancy Childbirth**, 14, p. 167, 2014.

SHI, J.; KORSIAK, J.; ROTH, D. E. New approach for the identification of implausible values and outliers in longitudinal childhood anthropometric data. **Ann Epidemiol**, 28, n. 3, p. 204-211 e203, 2018.

SIEGA-RIZ, A. M.; ADAIR, L. S.; HOBEL, C. J. Institute of Medicine maternal weight gain recommendations and pregnancy outcome in a predominantly Hispanic population. **Obstet Gynecol**, 84, n. 4, p. 565-573, 1994.

SIEGA-RIZ, A. M. *et al.* The current understanding of gestational weight gain among women with obesity and the need for future research. **NAM Perspectives. Discussion Paper. National Academy of Medicine**, 2020.

SIEGA-RIZ, A. M. *et al.* A systematic review of outcomes of maternal weight gain according to the Institute of Medicine recommendations: birthweight, fetal growth, and postpartum weight retention. **Am J Obstet Gynecol**, 201, n. 4, p. 339.e331-314, 2009.

SOHLSTROM, A.; FORSUM, E. Changes in adipose tissue volume and distribution during reproduction in Swedish women as assessed by magnetic resonance imaging. **Am J Clin Nutr**, 61, n. 2, p. 287-295, 1995.

STAMM, R.; COPPELL, K.; PATERSON, H. Minimization of bias in measures of gestational weight gain. **Obes Rev**, 21, n. 10, p. e13056, 2020.

STASINOPOULOS, D. M.; RIGBY, R. A. Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R. **Journal of Statistical Software**, 23, n. 7, p. 46, 2007.

STASINOPOULOS, M. D.; RIGBY, R. A.; HELLER, G. Z.; VOUDOURIS, V. *et al.* **Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in R**. CRC Press, 2017.

STATACORP. **Stata Statistical Software: Release 15**. ed. College Station, TX.: 2017.
STREINER, D. L.; NORMAN, G. R.; CAIRNEY, J. **Health Measurement Scales: A Practical Guide to Their Development and Use**. Oxford University Press, 2015.

TADDEI, J. *et al.* O percentual do peso para altura da gestante no prognóstico do baixo peso

ao nascer: estudo multicêntrico. **Rev Bras Ginecol Obstet**, 2, p. 78-82, 1991.

THERON, G. B.; THOMPSON, M. L. A centile chart for weight gain in pregnancy for the urban population of the Western Cape, South Africa. **Int J Gynaecol Obstet**, 33, n. 2, p. 127-133, 1990.

VAN BUUREN, S.; FREDRIKS, M. Worm plot: a simple diagnostic device for modelling growth reference curves. **Stat Med**, 20, n. 8, p. 1259-1277, 2001.

VIELLAS, E. F. *et al.* Assistência pré-natal no Brasil. **Cadernos De Saude Publica**, 30, p. S85-S100, 2014.

VILLAR, J. *et al.* The objectives, design and implementation of the INTERGROWTH-21st Project. **BJOG**, 120 Suppl 2, p. 9-26, 2013.

VILLAR, J. *et al.* International standards for newborn weight, length, and head circumference by gestational age and sex: the Newborn Cross-Sectional Study of the INTERGROWTH-21st Project. **Lancet**, 384, n. 9946, p. 857-868, 2014.

VISWANATHAN, M. *et al.* Outcomes of maternal weight gain. **Evid Rep Technol Assess**, n. 168, p. 1-223, 2008.

VOERMAN, E. *et al.* Association of Gestational Weight Gain With Adverse Maternal and Infant Outcomes. **JAMA**, 321, n. 17, p. 1702-1715, 2019.

VON KRIES, R. *et al.* Late pregnancy reversal from excessive gestational weight gain lowers risk of childhood overweight--a cohort study. **Obesity**, 21, n. 6, p. 1232-1237, 2013.

WALTER, J. R. *et al.* Associations of trimester-specific gestational weight gain with maternal adiposity and systolic blood pressure at 3 and 7 years postpartum. **Am J Obstet Gynecol**, 212, n. 4, p. 499.e491-412, 2015.

WATSON, P. F.; PETRIE, A. Method agreement analysis: a review of correct methodology. **Theriogenology**, 73, n. 9, p. 1167-1179, 2010.

WONG, W. *et al*. A new recommendation for maternal weight gain in Chinese women. **J Am Diet Assoc**, 100, n. 7, p. 791-796, 2000.

XU, J. *et al.* A longitudinal study of weight gain in pregnancy in Malawi: unconditional and conditional standards. **Am J Clin Nutr**, 99, n. 2, p. 296-301, 2014.

XU, Z. *et al.* Inadequate weight gain in obese women and the risk of small for gestational age (SGA): a systematic review and meta-analysis. **J Matern Fetal Neonatal Med**, 30, n. 3, p. 357-367, 2017.

YANG, S.; HUTCHEON, J. A. Identifying outliers and implausible values in growth trajectory data. **Ann Epidemiol**, 26, n. 1, p. 77-80 e71-72, 2016.

YU, Z. M. *et al.* Predictors of gestational weight gain examined as a continuous outcome: A prospective analysis. **J Womens Health**, 2021.

9 ANEXOS

9.1 CAPA DOS ARTIGOS PUBLICADOS

www.nature.com/scientificreports

SCIENTIFIC REPORTS
nature research

Check for updates

OPEN

Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium: establishment, data harmonization and basic characteristics

Thaís Rangel Bousquet Carrilho[1], Dayana Rodrigues Farias[1], Mônica Araújo Batalha[1], Nathalia Cristina Freitas Costa[1], Kathleen M. Rasmussen[2], Michael E. Reichenheim[3], Eric O. Ohuma[4,5], Jennifer A. Hutcheon[6], Gilberto Kac[1]✉ & Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium[1*]

Pooled data analysis in the field of maternal and child nutrition rarely incorporates data from low- and middle-income countries and existing studies lack a description of the methods used to harmonize the data and to assess heterogeneity. We describe the creation of the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium dataset, from multiple pooled longitudinal studies, having gestational weight gain (GWG) as an example. Investigators of the eligible studies published from 1990 to 2018 were invited to participate. We conducted consistency analysis, identified outliers, and assessed heterogeneity for GWG. Outliers identification considered the longitudinal nature of the data. Heterogeneity was performed adjusting multilevel models. We identified 68 studies and invited 59 for this initiative. Data from 29 studies were received, 21 were retained for analysis, resulting in a final sample of 17,344 women with 72,616 weight measurements. Fewer than 1% of all weight measurements were flagged as outliers. Women with pre-pregnancy obesity had lower values for GWG throughout pregnancy. GWG, birth length and weight were similar across the studies and remarkably similar to a Brazilian nationwide study. Pooled data analyses can increase the potential of addressing important questions regarding maternal and child health, especially in countries where research investment is limited.

The development of pooled analysis with individual patient data has increased worldwide as this practice presents several advantages over the traditional meta-analyses[1]. In 1999, Blettner et al.[2] highlighted the increasing importance of pooled data analysis. Since then, several initiatives were created, and important scientific evidence has been produced[3–5].

Open Science and the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable) principles dissemination[6] have promoted strategies for combining resources and data from different studies and become more common in the field of Epidemiology. In low- and middle-income countries (LMIC), however, there are barriers to adhering to the Open Science policy, especially in data sharing. Thus, only a few initiatives using data from LMIC, led by researchers from high-income countries, have been developed recently[7,8].

[1]Nutritional Epidemiology Observatory, Josué de Castro Nutrition Institute, Federal University of Rio de Janeiro, Avenida Carlos Chagas Filho 373/CCS, bloco J, 2 andar, sala 29, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-902, Brazil. [2]Division of Nutritional Sciences, Cornell University, 227 Savage Hall, Ithaca, NY 14850, USA. [3]Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, Rio de Janeiro State University, Rua São Francisco Xavier, 524, 7 andar, Bloco D, Sala 7018, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ 20550-013, Brazil. [4]Maternal, Adolescent, Reproductive and Child Health (MARCH) Centre, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Keppel Street, London WC1E 7HT, UK. [5]Centre for Tropical Medicine and Global Health, Nuffield Department of Medicine, University of Oxford, Peter Medawar Building for Pathogen Research (PMB), South Parks Road, Oxford OX1 3SY, UK. [6]Department of Obstetrics and Gynaecology, Faculty of Medicine, University of British Columbia, Suite 930, 1125 Howe Street, Vancouver, BC V6Z 2K8, Canada. *A list of authors and their affiliations appears at the end of the paper. ✉email: gilberto.kac@gmail.com

Rangel Bousquet Carrilho *et al. BMC Pregnancy and Childbirth* (2020) 20:734
https://doi.org/10.1186/s12884-020-03354-4

BMC Pregnancy and Childbirth

RESEARCH ARTICLE Open Access

Agreement between self-reported pre-pregnancy weight and measured first-trimester weight in Brazilian women

Thaís Rangel Bousquet Carrilho[1], Kathleen M. Rasmussen[2], Dayana Rodrigues Farias[1], Nathalia Cristina Freitas Costa[1], Mônica Araújo Batalha[1], Michael E. Reichenheim[3], Eric O. Ohuma[4,5], Jennifer A. Hutcheon[6], Gilberto Kac[1*] Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium

Abstract

Background: Self-reported pre-pregnancy weight and weight measured in the first trimester are both used to estimate pre-pregnancy body mass index (BMI) and gestational weight gain (GWG) but there is limited information on how they compare, especially in low- and middle-income countries, where access to a weight scale can be limited. Thus, the main goal of this study was to evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weight measured during the first trimester of pregnancy among Brazilian women so as to assess whether self-reported pre-pregnancy weight is reliable and can be used for calculation of BMI and GWG.

Methods: Data from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium (BMCNC, $n = 5563$) and the National Food and Nutritional Surveillance System (SISVAN, $n = 393{,}095$) were used to evaluate the agreement between self-reported pre-pregnancy weight and weights measured in three overlapping intervals (30–94, 30–60 and 30–45 days of pregnancy) and their impact in BMI classification. We calculated intraclass correlation and Lin's concordance coefficients, constructed Bland and Altman plots, and determined Kappa coefficient for the categories of BMI.

Results: The mean of the differences between self-reported and measured weights was < 2 kg during the three intervals examined for BMCNC (1.42, 1.39 and 1.56 kg) and about 1 kg for SISVAN (1.0, 1.1 and 1.2 kg). Intraclass correlation and Lin's coefficient were > 0.90 for both datasets in all time intervals. Bland and Altman plots showed that the majority of the difference laid in the ±2 kg interval and that the differences did not vary according to measured first-trimester BMI. Kappa coefficient values were > 0.80 for both datasets at all intervals. Using self-reported pre-pregnancy or measured weight would change, in total, the classification of BMI in 15.9, 13.5, and 12.2% of women in the BMCNC and 12.1, 10.7, and 10.2% in the SISVAN, at 30–94, 30–60 and 30–45 days, respectively.

Conclusion: In Brazil, self-reported pre-pregnancy weight can be used for calculation of BMI and GWG when an early measurement of weight during pregnancy is not available. These results are especially important in a country where the majority of woman do not initiate prenatal care early in pregnancy.

Keywords: Weight, Self-report, First trimester, Pregnancy, Gestational weight gain, Body mass index, Agreement

* Correspondence: gilberto.kac@gmail.com
[1]Nutritional Epidemiology Observatory, Josué de Castro Nutrition Institute, Federal University of Rio de Janeiro. Avenida Carlos Chagas Filho 373/CCS, bloco J, 2 andar, sala 29. Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-902, Brazil
Full list of author information is available at the end of the article

© The Author(s). 2020 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Original Research Communications

Gestational weight gain charts: results from the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium

Gilberto Kac,[1] Thaís RB Carilho,[1] Kathleen M Rasmussen,[2] Michael E Reichenheim,[3] Dayana R Farias,[1] and Jennifer A Hutcheon,[4] on behalf of the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium

[1]Nutritional Epidemiology Observatory, Josué de Castro Nutrition Institute, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; [2]Division of Nutritional Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA; [3]Department of Epidemiology, Institute of Social Medicine, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; and [4]Department of Obstetrics and Gynaecology, University of British Columbia, Faculty of Medicine, Vancouver, BC, Canada

ABSTRACT

Background: Monitoring gestational weight gain (GWG) is fundamental to ensure a successful pregnancy for the mother and the offspring. There are several international GWG charts, but just a few for low- and middle-income countries.

Objectives: To construct GWG charts according to pre-pregnancy BMI for Brazilian women.

Methods: This is an individual patient data analysis using the Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium data, comprising 21 cohort studies. External validation was performed using "Birth in Brazil," a nationwide study. We selected adult women with singleton pregnancies who were free of infectious and chronic diseases, gestational diabetes, and hypertensive disorders; who delivered a live birth at term; and whose children were adequate for gestational age, and with a birth weight between 2500–4000 g. Maternal self-reported pre-pregnancy weight and weight measured between 10–40 weeks of gestation were used to calculate GWG. Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape were fitted to create GWG charts according to gestational age, stratified by pre-pregnancy BMI.

Results: The cohort included 7086 women with 29,323 weight gain measurements to construct the charts and 4711 women with 31,052 measurements in the external validation. The predicted medians for GWG at 40 weeks, according to pre-pregnancy BMI, were: underweight, 14.1 kg (IQR, 10.8–17.5 kg); normal weight, 13.8 kg (IQR, 10.7–17.2 kg); overweight, 12.1 kg (IQR, 8.5–15.7 kg); obesity, 8.9 kg (IQR, 4.8–13.2 kg). The 10th, 25th, 50th, 75th, and 90th percentiles were estimated. Results for internal and external validation showed that the percentages below the selected percentiles were close to those expected.

Conclusions: The charts proposed provide a description of GWG patterns according to gestational age and pre-pregnancy BMI among healthy Brazilian women with good neonatal outcomes. The external validation indicates that this new tool can be used to monitor GWG in the primary health-care setting and to test potential recommended values. *Am J Clin Nutr* 2021;00:1–10.

Keywords: gestational weight gain, pregnancy, reference standards, primary health care, weight gain, gestation

Introduction

Monitoring gestational weight gain (GWG) during pregnancy and developing proper recommendations on optimal weight gain are useful strategies to prevent the occurrence of adverse outcomes for both the mother and the child, such as small/large for gestational age (SGA/LGA), cesarean delivery and postpartum weight retention (1–3). GWG recommendations must consider the trade-off between risks that increase with high weight gain and those that increase with low weight gain (4, 5). Several local and international charts for monitoring GWG have been developed (6–10). However, some of them were created for women from high-income countries, who may have a GWG pattern that differs from that of women from low- and middle-income countries (LMICs). Appropriate tools to monitor weight or GWG in these countries are scarce. A few initiatives were

This work was supported by the Brazilian National Research Council (CNPq) and the Brazilian Ministry of Health (grant numbers 408678/2017-8 and 443770/2018-2) and Bill and Melinda Gates Foundation (grant number OPP 1202165). Birth in Brazil received financial support from the CNPq and the National School of Public Health, Oswaldo Cruz Foundation, Brazil.

The funders did not play any role in the design, implementation, analyses, and interpretation of the data.

GK and TRBC contributed equally to this paper as first authors.

Supplemental Tables 1–5 and Supplementary Methods 1 and 2 are available from the "Supplementary data" link in the online posting of the article and from the same link in the online table of contents at https://academic.oup.com/ajcn/.

Address correspondence to GK (e-mail: gilberto.kac@gmail.com).

Abbreviations used: BCPEo, Box-Cox power exponential distribution; BCTo, Box-Cox *t* distribution; BMCNC, Brazilian Maternal and Child Nutrition Consortium; GAMLSS, Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape; GWG, Gestational weight gain; INTERGROWTH-21st, International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century; IOM, Institute of Medicine; LGA, large for gestational age; LMIC, low- and middle-income country; LMS, lambda, mu, sigma; SGA, small for gestational age.

Received June 22, 2020. Accepted for publication December 1, 2020.

First published online 0, 2021; doi: https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa402.

Am J Clin Nutr 2021;00:1–10. Printed in USA. © The Author(s) 2021. Published by Oxford University Press on behalf of the American Society for Nutrition. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Downloaded from https://academic.oup.com/ajcn/advance-article/doi/10.1093/ajcn/nqaa402/6178923 by guest on 29 March 2021

10 APÊNDICE

Durante o processo de elaboração das novas curvas brasileiras de GPG, a interlocução com o MS e com profissionais de saúde foi fundamental para que as curvas pudessem ser ajustadas de forma a facilitar sua utilização no SUS. Neste processo, a realização de uma oficina de trabalho e de uma consulta pública *online* a profissionais que atuavam na rede da atenção básica no país merecem destaque.

Este apêndice inclui duas seções principais, destinadas à apresentação dos métodos e materiais utilizados na oficina de trabalho e na consulta a profissionais e gestores da atenção básica sobre as novas curvas de ganho de peso gestacional, e dos principais resultados destes dois eventos. Na primeira seção, os métodos utilizados são descritos, e a versão final do formulário (Google) utilizada na consulta a profissionais de saúde, incluindo o TCLE, é apresentada. Na segunda seção, os principais resultados das cinco dinâmicas realizadas na oficina de trabalho são apresentados na forma de quadro. Sempre que possível, a fala dos participantes foi reproduzida exatamente como nas discussões. Nesta mesma seção, encontram-se os resultados da consulta *online* aos profissionais e gestores, com tabela que descreve o perfil dos respondentes, e quadro contendo as sugestões de melhoria e mudanças nas novas curvas. As respostas foram reproduzidas exatamente como estavam no formulário. Este material foi entregue ao MS nos relatórios finais dos projetos encerrados em 2020, e, sempre que possível, as demandas apresentadas pelos participantes foram consideradas na versão final das curvas de GPG a serem incluídas na caderneta das gestantes (**Figura 6**).

10.1 MÉTODOS

10.1.1 Realização de oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica

Em janeiro de 2020, uma oficina de trabalho foi planejada e realizada em Brasília, com representantes de diversas áreas do MS e especialistas indicados por eles. A oficina tinha como objetivos: **a.** apresentar o projeto para o grupo; **b.** discutir sobre as dificuldades em se utilizar o sistema atual de monitoramento; **c.** definir o melhor instrumento para monitoramento do ganho de peso/estado nutricional durante a gestação; **d.** discutir questões relacionadas ao *design* do novo instrumento; e **e.** compreender os desafios para implementação de um novo sistema de monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS.

Foram realizadas dinâmicas em grupo para discussão dos temas propostos. Todos os participantes foram divididos em diferentes grupos ao longo do dia, e diferentes atividades foram realizadas. Ademais, um *designer* apresentou um breve histórico da construção das novas curvas para a caderneta das gestantes e os participantes puderam utilizar o instrumento com exemplos, a fim de testarem na prática a marcação das curvas nas cadernetas das gestantes. Esta discussão foi fundamental para que se chegasse ao instrumento final que poderá ser incorporado às cadernetas e para entender estratégias que deverão ser criadas para garantir a implementação das novas curvas na rede de atenção básica e adesão dos profissionais.

10.1.2 Consulta sobre as novas curvas para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS

Após a elaboração das novas curvas de GPG e ajustes após a oficina com especialistas, um formulário contendo o material gráfico das novas curvas foi disponibilizado, de forma *online*, para gestores e profissionais de saúde que atuam no SUS, nas diversas unidades federativas do país (**Apêndice 10.1.3**). Esta consulta com profissionais da rede seria realizada de forma presencial durante o ano de 2020, porém, por conta da pandemia de COVID-19, o grupo de pesquisadores precisou adaptar o processo para ser feito de forma remota. O convite para participação e *link* para o formulário foram enviados por e-mail, para uma lista de contatos de pesquisadores, gestores e profissionais da atenção básica, disponibilizada pelo MS.

A participação na consulta foi condicionada à leitura e anuência de um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Esse termo era apresentado antes do preenchimento do formulário, e o participante deveria decidir neste momento se aceitava ou não responder às perguntas. Esse formato de TCLE foi aprovado em emenda específica do projeto, submetido ao CEP.

A primeira parte do formulário incluía perguntas sobre o perfil dos respondentes, tais como faixa etária, cargo/função, município e unidade da federação, e instituição da prática profissional. A segunda parte compreendia um bloco de perguntas sobre a prática profissional do participante, principalmente a respeito da utilização do GPG na clínica. Dentre as perguntas desse bloco estavam: se realiza ou realizou acompanhamento pré-natal, o número de gestantes atendidas por mês, a frequência de medidas de peso durante o pré-natal, o profissional responsável pela medida de peso das gestantes na instituição que o participante atuava, se o participante calculava ganho de peso gestacional e qual grau de dificuldade para cálculo deste indicador.

O segundo e último bloco apresentava as novas curvas de ganho de peso em seu *design* e apresentação tal como seriam incorporadas às cadernetas das gestantes, seguido de perguntas sobre a visualização dos gráficos, verificando, por exemplo, se o tamanho do desenho e das letras, o espaço de marcação e as linhas de delimitação dos trimestres estavam adequados ou não. Todos as questões desse bloco contavam com quatro opções de resposta: “muito adequado”, “adequado”, “inadequado” e “muito inadequado” e eram seguidas de espaço para comentário livre do respondente, para que pudesse esclarecer quais dificuldades surgiram, principalmente se tivesse marcado ‘inadequado’ ou ‘muito inadequado’.

O formulário ficou aberto para respostas por cerca de dois meses (maio a julho/2020). As respostas do formulário eletrônico automaticamente alimentavam uma planilha de dados, que foram analisados ao final do período de coleta. Frequências absolutas (n) e relativas (%) foram determinadas para variáveis categóricas, e textos de resposta foram compilados e individualmente avaliados pela equipe, para verificar a pertinência de mudanças sugeridas pelos respondentes. Algumas das questões levantadas pelos participantes foram então repassadas à equipe de *design*, e ajustes foram feitos nos gráficos.

10.1.3 Formulário para consulta a profissionais e gestores da atenção básica sobre as novas curvas de ganho de peso gestacional

Avaliação das Curvas Brasileiras de Ganho de Peso gestacional

Olá,

Agradecemos a sua disponibilidade em responder este formulário. Nosso objetivo principal é saber se o design e a apresentação do novo instrumento estão adequados para o monitoramento do ganho de peso gestacional no Sistema Único de Saúde - SUS.

O material aqui apresentado está em fase final de elaboração. As curvas ainda não são definitivas para a utilização no SUS. Os pontos de corte para classificação do risco de desfechos desfavoráveis na saúde materno-infantil também estão sendo avaliados.

Sugerimos que o formulário seja preenchido utilizando o computador. O preenchimento em outros dispositivos poderá comprometer a visualização do instrumento.

O tempo médio estimado para o preenchimento deverá ser em torno de 5 minutos. Você pode voltar à página anterior qualquer momento. O questionário está dividido em 2 blocos: Bloco I - Prática profissional; Bloco II – Design do novo instrumento.

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Observatório de Epidemiologia Nutricional
Proposição de novas recomendações de ganho de peso gestacional para utilização no SUS

Termo de consentimento livre e esclarecido para participar da pesquisa

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) da pesquisa **"Proposição de novas recomendações de ganho de peso gestacional para utilização no SUS".** Este estudo está sendo desenvolvida por pesquisadores do Observatório de Epidemiologia Nutricional, do Instituto de Nutrição Josué de Castro/Universidade Federal do Rio de Janeiro (INJC/UFRJ).

Este questionário faz parte de uma das etapas da pesquisa cujo objetivo é avaliar a qualidade do design do novo instrumento de monitoramento do ganho de peso gestacional no Sistema Único de Saúde.

Sua participação consistirá em responder um questionário em plataforma eletrônica contendo perguntas abertas (livre para escrever sua opinião) e fechadas (opções pré-definidas). Nesse questionário serão abordadas perguntas sobre sua prática profissional e sua opinião a respeito do novo instrumento proposto.

A participação nesta pesquisa não trará nenhum risco em relação a sua integridade física ou mental, porém caso sinta-se constrangido em responder qualquer pergunta você poderá abandonar o estudo a qualquer momento que desejar. Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que tenha dúvida e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Ao longo de sua participação também poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

Havendo algum dano decorrente da pesquisa, você terá direito a solicitar indenização através das vias judiciais (Código Civil, Lei 10.406/2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510/2016, Artigo 19).

Você terá acesso aos resultados da pesquisa quando ela for finalizada. O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Atesto que fui informado (a) dos objetivos do presente estudo, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o responsável pela pesquisa:

Contato do coordenador da pesquisa:
Gilberto Kac
Email: observatorio@nutricao.ufrj.br
Telefone de contato: (21) 3938-6595/ (21) 99315-2301
Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 373,
Centro de Ciências da Saúde, bloco J, 2º andar, sala 24.
Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP):

Comitê de Ética em Pesquisa da Maternidade Escola – UFRJ:
Email: cep@me.ufrj.br
Telefone de contato: (21) 2285-7935/ (21) 2205-9064
Endereço: Rua das Laranjeiras, 180
Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ – Brasil

O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos e tem como objetivo proteger os direitos e a dignidade dos participantes da pesquisa. Todos os dados fornecidos são considerados confidenciais, sendo totalmente garantido o sigilo das informações e sua privacidade.

2. Declaro que concordo em participar desse estudo. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Concordo
- ◯ Discordo

Informações gerais

Neste primeiro momento, gostaríamos de conhecê-lo um pouco.

3. Nome completo *

4. Faixa etária

Marcar apenas uma oval.

- 18-25 anos
- 26-30 anos
- 31-35 anos
- 36-40 anos
- 41-45 anos
- 46-50 anos
- 51-55 anos
- 56-60 anos
- 61-65 anos
- Acima de 65 anos

5. Telefone - (DDD) xxxxx - xxxx

6. Cargo/ função *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Médico
- [ ] Enfermeiro
- [ ] Nutricionista
- [ ] Técnico de enfermagem
- [ ] Agente comunitário de saúde
- [ ] Gestor de unidade de saúde
- [ ] Líder de equipe de saúde
- [ ] Coordenador de programa de saúde
- [ ] Professor universitário
- [ ] Outro: _____

7. Município *

_____

8. Unidade Federativa na qual atua:

Marcar apenas uma oval.

- AC
- AL
- AP
- AM
- BA
- CE
- DF
- ES
- GO
- MA
- MT
- MS
- MG
- PA
- PB
- PR
- PE
- PI
- RJ
- RN
- RS
- RO
- RR
- SC
- SP
- SE
- TO

9. Instituição em que exerce a prática profissional: *

Bloco I - Prática profissional

Neste bloco, gostaríamos de conhecer sua experiência no acompanhamento de gestantes

10. Você realiza ou já realizou (por pelo menos um ano) acompanhamento pré-natal de gestantes? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não

11. Quantas gestantes você atende ou atendia em média, por mês? *

(Caso nunca tenha atendido gestante em nenhum momento, preencha com 0)

12. Com que frequência o peso das gestantes é ou era medido nas consultas de pré-natal? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sempre
- ◯ Na maioria das vezes
- ◯ As vezes
- ◯ Nunca
- ◯ Não sabe

13. No local de trabalho onde você dedica ou dedicava maior tempo à atenção pre-natal, quem é (são) ou era (eram) o(s) profissional(s) responsável(s) por pesar a gestante? *

Aqui você pode marcar mais de uma opção

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Médico
- [ ] Enfermeiro
- [ ] Nutricionista
- [ ] Técnico/auxiliar de enfermagem
- [ ] Agente comunitário de saúde
- [ ] Outros
- [ ] Não sabe

14. Caso tenha marcado a opção "Outros" na pergunta anterior, por favor descreva abaixo que outros profissionais realizam/ realizavam a medição das gestantes.

_____

15. Durante a consulta de pré-natal, você costuma ou costumava calcular o ganho de peso da gestante? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não realiza atendimento de gestantes

16. Calcular o ganho de peso gestacional durante a consulta de pré-natal é: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito Fácil
- ◯ Fácil
- ◯ Difícil
- ◯ Muito Difícil
- ◯ Não sabe

Bloco II – Design do novo instrumento

Obrigado pela sua participação até aqui. Agora, gostaríamos de apresentar as novas Curvas Brasileiras de Ganho de Peso gestacional que serão incorporadas à caderneta da gestante.
As perguntas a seguir serão referentes a este conjunto de gráficos:

Bloco II – Design do novo instrumento

Com base nas figuras anteriores e utilizando como exemplo da curva de eutróficas pré-gestacionais, por favor responda as perguntas a seguir:

17. Em relação à visualização das curvas, o tamanho geral do gráfico está: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito adequado
- ◯ Adequado
- ◯ Inadequado
- ◯ Muito inadequado

18. Se você respondeu inadequado ou muito inadequado, por favor justifique sua opção.

_____

_____

_____

_____

_____

19. Em relação à visualização das curvas, o tamanho das letras está: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito adequado
- ◯ Adequado
- ◯ Inadequado
- ◯ Muito inadequado

20. Se você respondeu inadequado ou muito inadequado, por favor justifique sua opção.

21. Na sua opinião, o espaço para marcação do ganho de peso por idade gestacional está:

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito adequado
- ◯ Adequado
- ◯ Inadequado
- ◯ Muito inadequado

22. Se você respondeu inadequado ou muito inadequado, por favor justifique sua opção.

23. Na sua opinião, a linha que delimita os trimestres gestacionais está: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito adequada
- ◯ Adequada
- ◯ Inadequada
- ◯ Muito inadequada

24. Se você respondeu inadequado ou muito inadequado, por favor justifique sua opção.

_____

_____

_____

_____

_____

Encerramento

25. Qual dispositivo você utilizou para responder este formulário?

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Computador
- ◯ Laptop/Notebook
- ◯ Celular
- ◯ Tablet
- ◯ Outro: _____

26. Utilize o espaço abaixo para comentários, sugestões e/ou dúvidas a respeito do novo instrumento

Obrigado

Esperamos ter em breve um instrumento que auxiliará no monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS. Agradecemos sua participação. Sua colaboração foi muito importante.

NÃO ESQUEÇA DE ENVIAR SEU FORMULÁRIO, CLICANDO NO BOTÃO "ENVIAR" NO CANTO INFERIOR ESQUERDO.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

10.2 RESULTADOS

10.2.1 Resultados da oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica

Trinta e oito pessoas foram convidadas a participar da oficina e 30 efetivamente participaram das discussões e dinâmicas realizadas ao longo do dia. Dentre os participantes, nutricionistas da atenção básica do Distrito Federal, representantes de diferentes áreas técnicas do MS, professores universitários, enfermeiros e médicos obstetras acompanharam as cinco dinâmicas realizadas. Os resumos de cada uma das dinâmicas realizadas estão disponíveis noS quadros a seguir. O principal resultado desta oficina foi a confirmação sobre a relevância de curvas de GPG (e não mais de IMC gestacional) para cada categoria de IMC, apresentadas separadamente nas cadernetas das gestantes. Alterações no *design* dessas curvas também foram realizadas com base nos resultados das discussões.

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica.

Dinâmica 1. Objetivo: Conhecer os pontos fortes/fracos do instrumento atual, para que o novo possa incorporar os aspectos positivos e (tentar) superar os negativos Pergunta: Quais os pontos positivos e negativos da curva de IMC utilizada atualmente no SUS?	
Pontos positivos	**Pontos negativos**
IMC serve para classificação (qual curva utilizar)	IMC pode demandar tempo de cálculo, não é usado (a curva não é preenchida)
IMC remete melhor ao estado nutricional (avaliação do momento), mas ganho de peso é uma informação que a gestante se apropria mais.	Cálculo – o e-SUS já faz o cálculo, mas não é usado
Fácil visualização e preenchimento; mais didático para a gestante	Resistência do profissional em preencher a caderneta (de forma geral)
Mais ‘fidedigno’ em relação à situação nutricional da gestante (mais fiel em refletir tal situação)	Como há diferentes ferramentas (e-SUS, prontuário eletrônico, caderneta), o profissional não preenche todos; seleciona um ou dois para preencher na visita.
Mais fácil compreensão (une informações mais complexas em um único gráfico) – melhor ainda com a tabela em conjunto	Altura uterina é mais valorizada para preenchimento e preocupação com desfechos neonatais pelos profissionais não-nutricionistas do que IMC/peso
Houve certa ‘aceitação’ quanto a ele	Pouco intuitivo para a gestante
Estratificação por semana – permite visualizar o risco diferenciado para cada semana	Pouco usado na prática → profissional precisa entender a importância e como os

	pontos de corte são definidos, o que representam
Mais conhecida	Não há limite superior para o grupo com obesidade
Fácil entendimento, inclusive pela gestante	Não inclui populações específicas (indígenas, adolescentes, mulheres com intervalo interpartal < 2 anos)
Para gestantes que identificam tardiamente a gestação e não sabem o peso pré-gestacional a curva de IMC seria mais adequada.	Não tem uma clara demonstração da estratificação de risco (cores para anormalidade)
	Gestante não usa, não 'manuseia'
	Classificação feita no meio da gestação pode superestimar a categoria para recomendação de ganho de peso
	Profissional de saúde (não-nutricionista) não se preocupa com o monitoramento do ganho de peso
	Pouco preenchida
	Nutricionista é o que mais preenche (faz parte da rotina desse profissional apenas)
	Curva não está no e-SUS (as novas poderiam ser incorporadas → MAS, será que o profissional não vai parar de preencher o cartão?)
	Sem sintonia com as recomendações do IOM (gera dúvidas quanto ao ganho de peso)
	Necessita de uma orientação adequada para compreensão das gestantes
	Superestima o ganho de peso quando considera a faixa de IMC pré-gestacional e recomendação do ganho de peso
	Superestima a desnutrição devido ao alto ponto de corte para essa classificação e a dificuldade em calcular na prática do pré-natalista
	O registro de peso e altura são feitos em outra página

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica (continuação).

Dinâmica 2. Objetivo: Identificar o melhor instrumento para incorporação na caderneta (peso, ganho de peso, IMC) Pergunta: Quais as vantagens/limitações de se utilizar: peso, IMC ou ganho de peso por idade gestacional nas curvas?		
Peso	**IMC**	**Ganho de peso**
Curva fácil de marcar (não requer cálculo), como ocorre na caderneta da criança	Comparação com estatura	Possível ver ganho de peso nos intervalos de cada consulta e em tempos-chave para associação com desfecho (trimestres, por ex.)
Mais simples	Pouco utilizado por não-nutricionistas	Cálculo pode complicar (e a curva ficar sem ser preenchida, como a atual)
Pior para alerta	Layout não é didático para visualização e preenchimento por outros profissionais (disco pode ser útil)	Mostrar mais alerta
Sempre é possível plotar a mulher, sem precisar de informações anteriores	Mais habitual	Cálculo necessário em todas as visitas; difícil de calcular
Mais fácil para a mulher se ver dentro da curva, e do profissional também (Sugestão: classificar por IMC e usar peso para monitorar)	Limitações semelhantes àquelas listadas para a curva de Atalah → dificuldade de cálculo	Se não tenho informação no início (pré-gestacional), não sei o que já houve de ganho
Mais fácil preenchimento	Melhor reflete estado nutricional (individualidades)	Mais sensível à falta de informação (ausência de peso pré-gestacional relatado)
Não considera 'composição corporal' → Peso individualmente não serve para interpretação que se traduza em recomendação	Menos variação (menor sensibilidade, menor percepção de variação)	Curva que mais sofre com a falta de informação
Mais prático	Mostra melhor estado nutricional por fase da gestação	Visualmente é a que apresenta maior amplitude e é mais prática
Menos específico	Mais difícil preenchimento como a anterior (Atalah)	Informação que a mulher se apropria (incentivar auto-cuidado, auto-responsabilidade da mulher)
O peso isolado não é um bom indicador	Menor compreensão pela gestante e pelos profissionais	Maior adesão da gestante para acompanhamento; maior adesão do profissional

Inadequado especialmente para gestante que não sabem referir peso pré-gestacional e identificadas tardiamente		Apesar de requerer cálculo, subtração é mais simples que o cálculo do IMC
Fácil visualização do acompanhamento do ganho de peso em cada fase gestacional		Sofre mais interferência da falta de informação prévia
		Mais fiel para acompanhamento na prática
		Cálculo mais simplificado em relação ao IMC
		Mais fácil visualização e argumentação com a gestante
		Maior reflexão da variação por trimestres → permite melhor avaliação por trimestre e predição de desfechos para ação
		Permite mais rapidez na AÇÃO
		Mais alinhado com recomendações internacionais (melhor para pesquisa)
		É possível padronizar os cortes para as faixas de IMC → melhor alerta
		Melhor reflete a individualidade metabólica da gestante
		Difícil manuseio na prática clínica
		Demanda maior tempo para preenchimento

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica (continuação).

Dinâmica 3. Objetivo: Entender se uma curva de 10-40 semanas é suficiente ou se precisamos começá-la mais precocemente (6, 8 semanas) Júri simulado: "A maioria das gestantes inicia o pré-natal tardiamente, então uma ferramenta a partir de 10 semanas é suficiente" X "Muitas gestantes iniciam o pré-natal antes de 10 semanas e precisamos ter orientações e uma forma de avaliá-las desde a primeira consulta"	
Abaixo de 10 semanas	**10 semanas em diante**
Janela (6-10 semanas) representa oportunidade para melhorar o cuidado da mãe e da criança	Nutrição do feto depende mais do pré-gestacional do que desse momento (0-10 semanas) – ex.: estado de folato, ferro
Incluir ato de pesar e medir na abertura do cartão da gestante, junto com os demais pedidos de exames	Enjoos – fase de maior problema, consumo alimentar e ganho de peso prejudicados – há perda de peso nesse momento que é considerada normal e monitorar ganho pode ser perda de tempo
'Melhor um instrumento menos preciso do que nenhum'	Não há planejamento da gestação (deficiência no planejamento familiar) → mulher demora a descobrir que está grávida, então a maioria inicia o pré-natal tardiamente
Iniciar precocemente pode ajudar a visualizar a importância do monitoramento	Caso inicie antes de 10 semanas, pode receber orientações gerais, mas não necessariamente ser colocada na curva → nada impede que seja orientada, mas não seja plotada nesse momento; Se calculo o IMC na consulta, tenho orientações para dar, não deixo de orientar.
Incutir a gestante a prestar atenção no ganho desde o início	Raridade gestantes com menos de 10 semanas no SUS
Se a mulher inicia o pré-natal com 6 semanas não será orientada?	Por falta de informação, o instrumento pode ser menos preciso de 6-10 semanas Perda de precisão nas demais idades gestacionais pode ocorrer, porque não tenho massa de dados no início → prejudico muitas gestantes por conta de poucas.
Comportamento da mulher muda a partir do diagnóstico → iniciar o monitoramento desde cedo e começar a intervir antes para não perder a oportunidade é melhor	
1 mês (6-10) não é uma janela temporal pequena e muito pode acontecer nesse período	
Importante para gestantes de risco (DM I, por ex.) que iniciam o pré-natal cedo e precisam de uma referência	

Início é importante → estabelecimento de vínculo – não dá para esperar	
Se não registro o início (primeira visita), perco a trajetória da 1ª para a 2ª visita, que já poderia dar algum alerta	

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica (continuação).

Dinâmica 4. Objetivo: Esclarecer dúvidas quanto ao design do instrumento final para a caderneta Perguntas: Dado o espaço existente na caderneta, como é possível representar as curvas de maneiras distintas, equilibrando tamanho das curvas e das informações de texto, sobreposição das curvas e legibilidade/marcação? Quais são as possibilidades de apresentações e elementos gráficos que permitem o preenchimento das informações da mãe na caderneta?
Comentários gerais dos grupos
4 curvas separadamente: tamanho pequeno, perda de informação nos trimestres e variação não é identificada pois o tamanho é pequeno Todas juntas: difícil identificar os percentis de cada categoria Sugestões: divisão por trimestres (indicação); acrescentar percentil na lateral 'Menos pior': 2 curvas juntas
4 curvas juntas: difícil diferenciar; 4 curvas separadas: pequeno, porém mais adequado Sobreposição das curvas: difícil separar os percentis (menos da que só tem 2) Melhor: 4 curvas separadas, com tamanho maior Ou: se forem apenas dois percentis por categoria de IMC, duas categorias por gráfico pode ser viável
Lembrar que em alguns locais a caderneta será feita por xerox: escala de cinza pode ser necessário (ou algum esquema de cores que permita distinção) Melhor: 4 curvas separadas, com o tamanho do desenho apresentado com todas juntas
4 curvas separadas: variação de 0,5-0,5 kg – melhor marcação e mensuração da variação Sem sobreposição é melhor, pois sobreposição dificulta a visualização
Melhor: sem sobreposição; 4 separadas: pequeno para preenchimento 2 curvas juntas: das 3 opções foi a melhor, mesmo com sobreposição Ajudar ordem das curvas: Adequado primeiro; BP, SP, OB Acréscimo do campo 'IMC' no cabeçalho de identificação (se for mantido)
Comentário final: Trabalhar com 1 gráfico por folha; pior cenário: 4 curvas separadas, 2 por folha, no tamanho apresentado para 2 curvas em conjunto.

Quadro 9. Resultados das dinâmicas realizadas na oficina de trabalho com representantes do Ministério da Saúde e profissionais da atenção básica (continuação).

Dinâmica 5. Objetivo: Compreender os desafios para implementação de um novo sistema de monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS. Perguntas: Quais os desafios a serem enfrentados para que a ferramenta seja usada PELOS PROFISSIONAIS na rede? Quais os passos necessários para que as informações sobre as novas recomendações cheguem até as gestantes e SEJAM COLOCADAS em prática?
Comentários gerais dos grupos
Garantir disponibilidade da caderneta nos locais (atraso na distribuição, quantidade → pensar em estratégia de distribuição para além da atenção primária) Qualificação do profissional → apresentação inicial, cursos EAD Divulgação → mídia, comunicação em massa – para profissionais de saúde (mais direcionado); para população em geral (mídia de massa, educação em saúde, grupos, rodas de conversa nas unidades) Atuação do nutricionista → adesão, divulgação para priorizar monitoramento e mobilizar mais as equipes Maior comprometimento das equipes para uso → Motivação contínua (compromisso com a mudança de práticas)
Desafios: capacitação de quem atende na atenção básica, principalmente o não-nutricionista, pois a gestante tem mais contato com os demais profissionais Envolvimento do gestor em todos os níveis → entender a importância do material, da divulgação e uso Divulgação em meios de comunicação fora da área científica Disponibilidade da caderneta para TODOS os usuários Gestante precisa se apropriar desse material – incutir a preocupação na mãe Passos: Grupos de gestantes para acompanhamento (melhor que individual) Monitoramento do uso da técnica (avaliação) Divulgação da curva nos cursos de graduação, principalmente fora da Nutrição Garantir a triagem das cadernetas impressas para chegar a todos os municípios brasileiros
Sensibilização profissional (principalmente generalistas) Sensibilização das gestantes → entendimento do impacto, sensibilização em relação aos desfechos (curto, médio e longo prazo) Identificação de multiplicadores → divulgação presencial nas unidades/equipes Mídia → principalmente vídeos; podcasts Para adesão da gestante → adesão do profissional é fundamental Divulgação nas Universidades
Desafios: Padronização das técnicas de medida Cálculo do GP → profissional precisa se acostumar a fazer (principalmente não-nutricionistas) Acostumar a registrar Destacar a relevância da medida e do registro para incentivar a adesão Tutoriais/EAD e-SUS: campos obrigatórios para preenchimento Formadores de opinião/influenciadores: podem ajudar a motivar os profissionais Projeto do MS com 97 HU/Hospitais de ensino → adição de módulo de formação dos profissionais médicos e enfermeiros na graduação Importante atentar para a demora na mudança que ocorrerá (pelo menos 3 anos para que seja completamente incorporada)

Mudança do instrumento → informar a razão da mudança (para quem usa entender) → quebrar resistência, transição clara Informar às mães do impacto para sua saúde e saúde fetal → para que cobrem dos profissionais o uso/preenchimento Treinamento dos profissionais para replicação da informação
Estudo de implementação → dar mais visibilidade ao novo sistema Divulgar as curvas atreladas a novos produtos (ex.: novo guia para gestantes) Parceria com sociedades Sociedade Brasileira de Pediratria, Sociedade Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, Conselho Federal de Nutricionistas, etc. Vídeos e material instrucional Atualização de documentos/protocolos Oficinas regionais com profissionais da rede: apresentar a importância de se monitorar/discutir Estudo multicêntrico de validação Atualização dos documentos de vigilância alimentar e nutricional Avaliação e monitoramento do uso da nova ferramenta Ferramentas práticas de orientação para uso e interpretação da curva e conduta diante de cada caso Divulgação e discussão nos cursos de formação e atualização de profissionais

10.2.2 Consulta sobre as novas curvas para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS

A consulta sobre a adequação do desenho das curvas foi realizada nos meses de maio, junho e julho de 2020 e 334 respostas foram computadas. Com relação a cobertura da consulta pelas regiões do Brasil, a região Sudeste teve maior frequência de respondentes, com 42%, principalmente dos estados de Minas Gerais e São Paulo (21,5% e 10,1%, respectivamente). A região Norte apresentou menor frequência de participantes (4%), com maior representatividade para o Amazonas e Acre (1,8%; 0,9%) (**Figura 4**). A maioria dos respondentes tinha entre 25-34 e 35-44 anos (45,9% e 33,3%, respectivamente), era professor universitário (47,0%) e atuava em instituições gestoras (37,8%). A maioria dos profissionais que realizava atendimento das gestantes relatou aferição do peso da mulher em todas as consultas (84,1%), e realização do cálculo do ganho de peso gestacional na prática clínica (82,0%). Grande parcela dos participantes também respondeu que o cálculo deste indicador é fácil ou muito fácil (89,8%) (**Quadro 10**).

Em relação à percepção sobre as novas curvas apresentadas, os aspectos avaliados foram aprovados pela maioria dos respondentes. Quanto ao tamanho do gráfico e letras, a frequência de "adequado" foi de 65,4% e 72,2%, respectivamente. Quanto ao espaço destinado à marcação do ganho de peso no gráfico, a frequência de adequação (adequado e muito adequado) foi de 95,8%. A maioria também julgou muito adequada (26,3%) ou adequada (68,4%) a linha que delimita os trimestres gestacionais (**Figura 5**).

Os respondentes que julgaram esses aspectos dos instrumentos inadequados foram convidados a comentar/sugerir algo a respeito. Os comentários eram em sua maioria a respeito do tamanho e cor do gráfico, com preocupação com a reprodução e utilização do mesmo em diversos locais do país, devido à escassez de recursos para a reprodução na versão colorida e pela baixa acuidade visual de alguns profissionais de saúde. Essas questões foram corrigidas, na medida do possível, na versão final das curvas, apresentada neste documento (**Figura 6**). Uma página de instrução sobre uso do instrumento foi criada, atendendo a algumas das dúvidas levantadas durante esta consulta.

A última questão do formulário era aberta, permitindo sugestões e comentários a respeito do instrumento em geral. As respostas foram organizadas em blocos (**Quadro 11**). As sugestões incluem nove tópicos principais: inclusão de tabela para registro do peso da gestante ao longo do tempo; questionamento a respeito da recomendação e classificação do GPG; inclusão da fórmula do cálculo do GPG; inclusão das primeiras semanas gestacionais no gráfico; destaque para a classificação baseada no IMC pré-gestacional; inclusão de legenda

sobre os percentis; sugestão de um único gráfico com as quatro curvas; utilização de aplicativo ao invés do gráfico no papel; e inclusão de recomendações e instruções de uso dos gráficos.

A respeito dessas sugestões, pontua-se: **a.** já existe na caderneta da gestante uma seção destinada a anotação do peso ao longo do tempo; **b.** uma página anterior aos gráficos destinada a recomendações e instruções de uso, assim como a fórmula para o cálculo do GPG e o destaque para o uso do peso pré-gestacional foi incorporada ao material criado (**Figura 6**); **c.** a inclusão das primeiras semanas gestacionais no gráfico não foi possível pela escassez de dados de gestantes nesse período; **d.** a utilização de um gráfico único com as quatro curvas não foi possível do ponto de vista do *design*, uma vez que elas se sobrepõem e este foi um dos pontos discutido e decidido na oficina realizada em Brasília; **e.** as recomendações para o GPG estão em fase de finalização e por isso não foram disponibilizadas nessa consulta.

O histórico da criação do *design* das curvas foi apresentado em artigo publicado nos anais do 10º Congresso Internacional de *Design* da Informação (LORENZ et al., 2021) e a versão final das curvas, disponibilizadas para o MS, para inclusão na caderneta das gestantes, é apresentada na **figura 6.** Após a oficina de trabalho e a consulta aos profissionais de saúde de todo o país, três ferramentas principais foram desenvolvidas para facilitar a disseminação e utilização das curvas: **a.** um aplicativo online, em fase de migração, provisoriamente disponível em https://observatorioufrj.shinyapps.io/GPG_app/; **b.** uma calculadora em Excel que permite o uso da curva para classificação do ganho de peso individual ou para grupos de indivíduos/bancos de dados (disponível mediante solicitação para curvaganhopesogestante@nutricao.ufrj.br); **c.** um aplicativo para Android/iOS, em fase final de desenvolvimento, que estará disponível de forma gratuita nas lojas de aplicativos até o fim de 2022. Esses produtos ajudam a resolver muitas das questões levantadas pelos profissionais nas discussões e consultas realizadas.

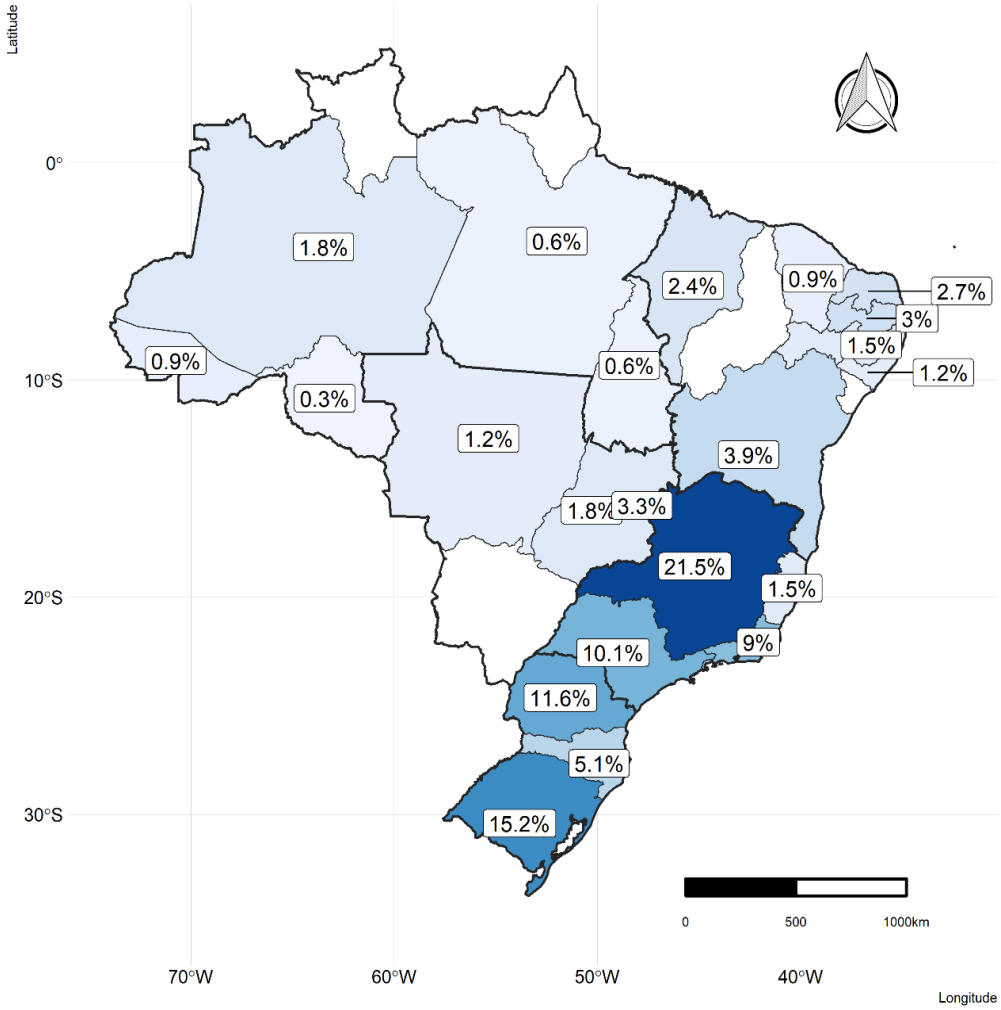

Figura 4. Frequência (%) de participantes da consulta do novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional de acordo com a unidade da federação (n=334).

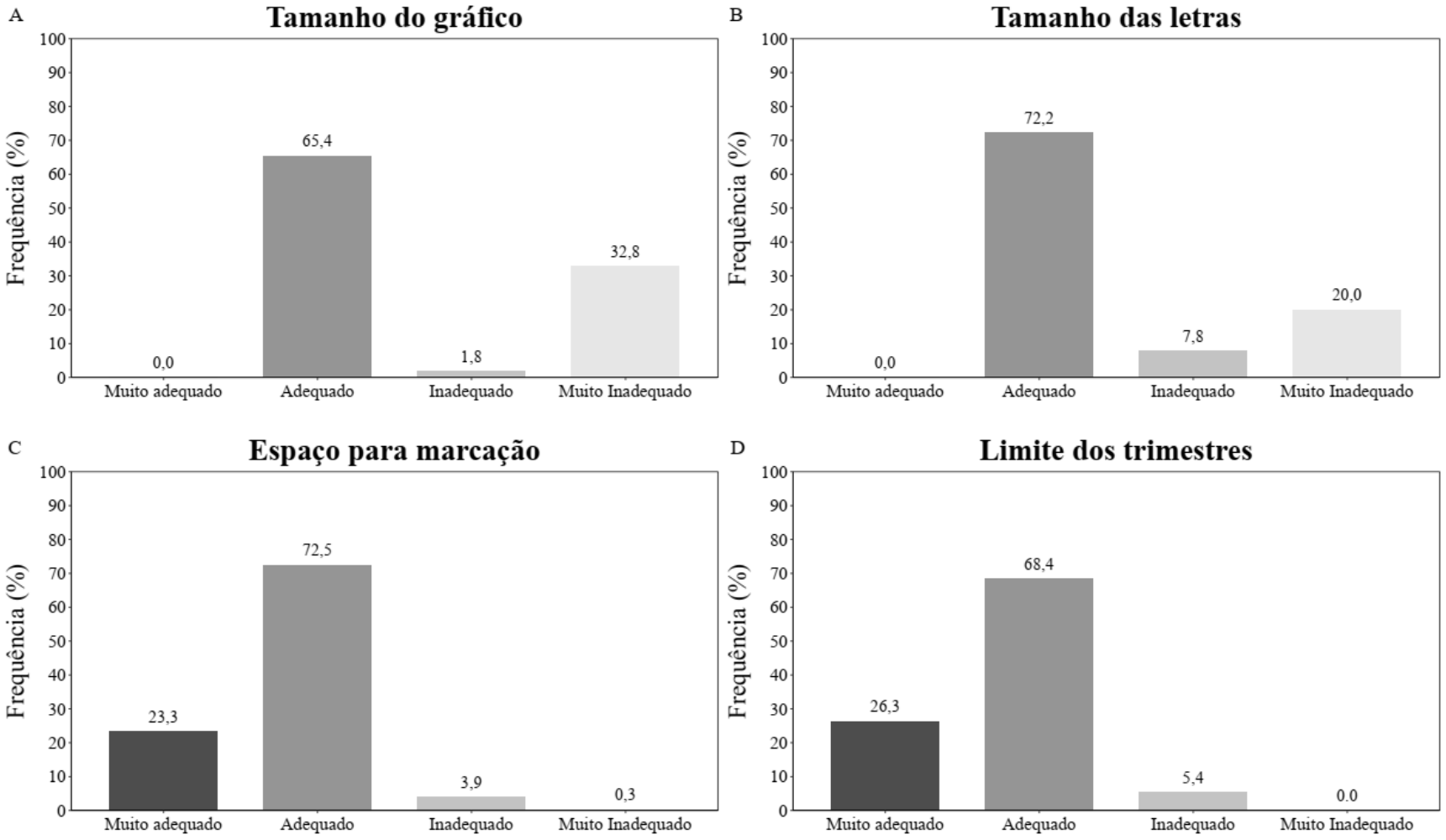

Figura 5. Percepção dos respondentes a respeito do *design* do gráfico. Adequação do *design* para (a) tamanho do gráfico; (b) tamanho das letras; (c) espaço para marcação do ganho de peso; (d) limites dos trimestres gestacionais.

Quadro 10. Características dos respondentes à consulta sobre o novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS (n=334).

Características	n (%)
Faixa etária (anos)	
<25	13 (3,9)
25 – 34	153 (45,9)
35 – 44	111 (33,3)
45 – 54	35 (10,5)
≥ 55	21 (6,3)
Cargo/função	
Estudante de graduação	7 (2,1)
Gestor/coordenador de programa de saúde	85 (25,4)
Professor universitário	157 (47,0)
Profissional de saúde	85 (25,4)
Tipo de instituição em que atua	
Consultório/hospital particular	32 (9,7)
Gestora	125 (37,8)
Hospital público	13 (3,9)
Unidade básica de saúde (atenção primária)	60 (18,1)
Universidade	101 (30,5)
Realiza atendimento pré-natal de gestantes	
Não	64 (19,2)
Sim	270 (80,8)
Número de gestantes que atende por mês	
Média (DP)	16,1 (24,5)
Mediana [IIQ]	10,0 [2,25; 20]

Quadro 10. Características dos respondentes à consulta sobre o novo instrumento para monitoramento do ganho de peso gestacional no SUS (continuação).

Características	n (%)
Quem afere o peso da gestante na consulta	
Enfermeiro	164 (49,1)
Médico	68 (20,4)
Nutricionista	154 (46,1)
Técnico de enfermagem	197 (59,0)
Outro profissional	36 (10,8)
Frequência que o peso da gestante é medido na consulta	
Sempre	281 (84,1)
Na maioria das vezes	18 (5,4)
Às vezes	3 (0,9)
Nunca	1 (0,3)
Não sabe	31 (9,3)
Calcula GPG na consulta de pré-natal	
Não	21 (6,3)
Não realiza atendimento de gestantes	39 (11,7)
Sim	274 (82,0)
Opinião sobre o cálculo do GPG	
Muito Fácil	87 (26,0)
Fácil	213 (63,8)
Difícil	21 (6,3)
Não sabe	13 (3,9)

Nota: Variações nos totais de cada variável se devem a dados faltantes; DP: Desvio-padrão; IIQ: intervalo interquartílico.

Quadro 11. Sugestões e comentários sobre as novas curvas de ganho de peso gestacional: resultados da consulta *online* a profissionais de saúde.

Sugestões sobre tabela para registro do peso ao longo da gestação
“Acho importante ter um espaço para escrever os valores medidos, pois no gráfico nem sempre temos clareza dos valores exatos (considerando que a informação pode ser usada por diversos profissionais, não somente os que fazem a medida). ”
“Acrescentaria uma tabela para colocar o peso, mesmo que pequena. ”
“Sugiro um espaço para as consultas nutricionais (e anotações delas) na caderneta da gestante. Sem esse espaço os outros profissionais não têm o conhecimento das nossas consultas, seus resultados e orientações. ”
Sugestões sobre classificação do ganho de peso gestacional (GPG)
“Uma sugestão, caso ainda não tenha sido pensada, é a inclusão da tabela com os pontos de corte para o diagnóstico do ganho de peso (insuficiente, adequado e excessivo) anterior a apresentação das curvas. ”
“Adicionar a classificação do ganho de peso (ex. >p75: ganho de peso excessivo; <p25: insuficiente). Pode ser na forma de legenda, cores ou no próprio gráfico. ”
“Acho muito interessante ao compor a curva, apresentar a interpretação da evolução em relação aos percentis. Qual a recomendação. Senti falta de estar mais clara a orientação para avaliação. Visualmente a curva ótima, mas acho que mostrar as trajetórias (recomendações para cada estado nutricional de interpretação) deve compor o instrumental do pré-natal. ”
Sugestões para o cálculo do GPG
“Acredito que precisa ter uma indicação que o cálculo do ganho gestacional tem que ser feito sempre do tempo 0 (primeira medida). Isso parece óbvio, mas como eu peguei as minhas cadernetas e fui colocar na curva, no primeiro momento, comecei a somar o ganho de peso baseado na última data da idade gestacional e assim por diante. “
“Peguei as minhas cadernetas de gestação (tenho 2 filhos) e comecei a testar! Como na curva, isso não fez sentido, percebi que deveria ser sempre do "tempo 0". Mas como cada cabeça pensa de um jeito, talvez seja importante deixar claro. ”
Idade Gestacional de início e fim do gráfico
“Sugiro iniciar de forma mais precoce a avaliação do ganho de peso da gestante, visto que está iniciando com 10 semanas gestacionais. ”
Sugestões para esclarecer que o IMC é pré-gestacional
“Não sei se haverá na caderneta um espaço para esclarecimento que as curvas para ganho de peso são específicas para o IMC pré-gestacional. É importante para que não preencham um gráfico de forma inadequada. Por exemplo, a primeira página que tem a primeira curva. ”
“Sugiro deixar claro no título do gráfico qual o imc utilizado. É o pré-gestacional? É o atual?”
“Sugiro que o texto na parte superior dos gráficos indicando "eutrofia", "sobrepeso", etc. seja acompanhado do esclarecimento "estado nutricional pré-gestacional”
“Achei a ideia bastante interessante. Como sugestão, colocar um espaço para anotação do peso pré-gestacional e IMC pré-gestacional, nesta folha (talvez acima do gráfico) para ficar um local consolidado de registro de todas as informações. Fiquei na dúvida sobre os valores de recomendação de ganho de peso gestacional, eles também serão modificados? Pois, percebi, especialmente, que a recomendação para IMC prévio de sobrepeso e obesidade está considerando ganho de peso entre 8,5-15,5 kg e 5-13kg, respectivamente. ”
“Faltou um instrutivo, esclarecimento porque os gráficos estão em blocos, presumo que seja para a partir do IMC pré-gestacional escolher qual gráfico usar. ”
“Os gráficos foram muito bem elaborados, permitindo boa compreensão da evolução ponderal no período gestacional. Apresento apenas uma ressalva para que ficassem mais

completos, sem dar margem a dúvidas: deveria ser esclarecido nos gráficos (talvez até como nota de rodapé), que o IMC na tarja central se refere ao IMC pré-gestacional ou da primeira consulta, caso a gestante não tenha informação sobre seu peso pré-gestacional. ”
“Este novo instrumento é muito interessante e mais adequado para diferentes gestantes com estado nutricional pré-gestacional diferentes. Penso que seria importante ter esclarecimento para os casos de gestantes limítrofes, entre diferentes classificações, ou seja, quando o estado nutricional pré-gestacional seja por exemplo 24,9 ou 25, ou ainda 29,5 ou 30, para não haver confusão com relação à curva indicada. ”
“Inserir na barra colorida do estado nutricional que aquele estado nutricional que lá consta e Imc pré gestacional”
Sugestão para adicionar uma legenda dos percentis
“Acredito que seria interessante uma legenda clara e objetiva com relação aos percentis”
“Precisaria de uma legenda que explique resumidamente os percentis. Aumentar o tamanho dos "P" nos círculos ao final das linhas das curvas. Tem previsão de lançamento? Estamos atualizando o material de gestante do nosso município. ”
Sugestão para um único gráfico
“O que não gostei foi ter uma curva para cada estado nutricional. Vejo que os médicos, principalmente não fazem essa classificação de forma adequada. Muitas vezes nem preenchem as curvas do cartão. Sugiro ter apenas 1 curva para todas, se for possível. ”
Sugestão para criação de um aplicativo
“O instrumento está bem legal e Claro! Poderia ter um App para usarmos sem depender do papel necessariamente! ”
“A PBH está fazendo um novo sistema eletrônico, seria interessante incluir essas novas curvas no mesmo. ”
Sugestões sobre recomendações de uso
“Olá, amei demais, porém acredito que seria interessante uma legenda para saber indicação de ganho de peso total, será IOM? Fiquei com essa dúvida pelos pontos de cortes”
“Acho importante quando for lançado realizar capacitação online ou manual de preenchimento para os profissionais, pois na minha prática, a maioria das carteirinhas vem em branco na parte dos gráficos, os médicos e enfermeiros não preenchem os gráficos, e somente eu preencho o gráfico quando atendo as gestantes. Então muitas ficam sem preenchimento no gráfico, pois eles acreditam que essa parte é "somente" do nutricionista preencher. ”
Não ficou claro, nesse momento, se o diagnóstico presente no gráfico se refere ao IMC pré-gestacional. Isso pode gerar dúvidas no momento da assistência. Por exemplo, uma gestante que tinha um diagnóstico de eutrofia antes da gravidez, e que teve um ganho de peso excessivo e se tornou sobrepeso, isso pode gerar dúvidas sobre qual gráfico usar, em alguns profissionais menos treinados. Digo isso porque atuei como Nutri no NASF por 10 anos, era sempre tema de matriciamento a questão do diagnóstico e leitura do gráfico do IMC por semana gestacional. ”
Outras sugestões
“Mudar estilo de vida é a maior dificuldade com relação ao ganho ponderal das gestantes. Políticas públicas mais efetiva com relação a isso e melhor acessibilidade aos serviços de nutrição. ”
“Que a nova caderneta esteja disponível, nas mãos das gestantes. No município onde atuo estão utilizando cartões muito antigos pq não tem mais do novo. Acho um grande absurdo usar referência antiga. E tb que os outros profissionais de saúde (médicos, enfermeiros e obstetras) sejam orientados a preencher os gráficos de ganho de peso. Sou nutricionista e até hj só vejo nutricionistas preencherem essas partes (e tenho 10 anos de SUS). ”

“Achei bastante pertinente e importantíssimo. Sou nutricionista e trabalho com gestantes. Classificar o ganho de peso em curva será muito bom. O que nos falta muito é como classificar o risco nutricional das mesmas. Pois ainda não temos nenhum instrumento validado”
“O mais importante agora, poucas pessoas talvez escrevam o que vou escrever, mas não notei a diferença da curva anterior com a nova que será ainda modificada. Muitos profissionais irão responder as com essa dúvida que eu tive gostaria de retorno sobre isso”
Dúvidas
“Dúvida: a ideia é utilizar todos os gráficos (magreza, eutrofia...) ou só um apenas? ”
“Terão os 4 gráficos na caderneta e serão marcados a partir do IMC pré gestacional? ”
“Acho complicado várias folhas para determinar o ganho de peso para determinar para quem é baixo peso, eutrófico, sobrepeso e obesidade. Antes da 10ª semana determina como o ganho de peso? ”
“Fiquei na dúvida: o ganho ou perda é do total até aquele dia aferido? Quando a mulher perde 2 no início por exemplo e ganha 2, voltando para seu IMC inicial, onde ela será marcada? Ganho de 2 ou ganho de 0? Talvez colocar até 41 semanas pelo menos seja interessante na tentativa de normalizar esse período mais extenso que ocorre muitas vezes. ”
“Gostei muito de as novas tabelas agora ficar separadas, mas a minha dúvida é: Quanto as tabelas de percentil essas também vão ser modificadas? ”
“Achei as cores pouco adequadas... Porque amarelo para obesidade? ”

Nome

Escolaridade ○ Nenhuma ○ Médio ○ Fundamental ○ Superior

Altura (m) | Peso antes da gestação | IMC antes da gestação

Classificação do IMC ○ Baixo Peso ○ Eutrofia ○ Sobrepeso ○ Obesidade

Orientações gerais para utilização do instrumento de monitoramento do ganho de peso gestacional

1) Calcular o Índice de massa corporal (IMC) pré-gestacional da gestante de acordo com a fórmula:

$$IMC = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Altura (m)} * \text{Altura (m)}}$$

2) Classificar o IMC pré-gestacional de acordo com a tabela abaixo e, com base na classificação, selecionar a curva de monitoramento do ganho de peso adequada para a gestante:

IMC (kg/m²)	Diagnóstico Nutricional	Curva de Monitoramento
< 18,5	Baixo Peso	página xx
≥ 18,5 e < 25	Adequado ou Eutrófico	página xx
≥ 25 e <30	Sobrepeso	página xx
≥ 30	Obesidade	página xx

3) Pesar a gestante de acordo com os padrões estabelecidos no Manual "**Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde**", com o mínimo de roupa possível, descalça, no centro do equipamento, ereta, com os pés juntos e os braços estendidos ao longo do corpo.

4) Calcular o ganho de peso até a data da consulta de pré-natal utilizando a fórmula:

Ganho de peso = Peso medido na consulta - Peso antes da gestação

Para utilização das curvas de monitoramento, o ganho de peso deverá ser calculado considerando o peso da mulher ANTES da gestação, e nunca em relação à visita anterior.

5) Marcar o ganho de peso de acordo com a idade gestacional no gráfico selecionado.

Observação: Este instrumento foi elaborado para gestantes adultas. Sua utilização para monitoramento e recomendações de ganho de peso para gestantes adolescentes não foi testada.

xx

Figura 6. Versão final das curvas de ganho de peso gestacional e instrução de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras (Parte 1).

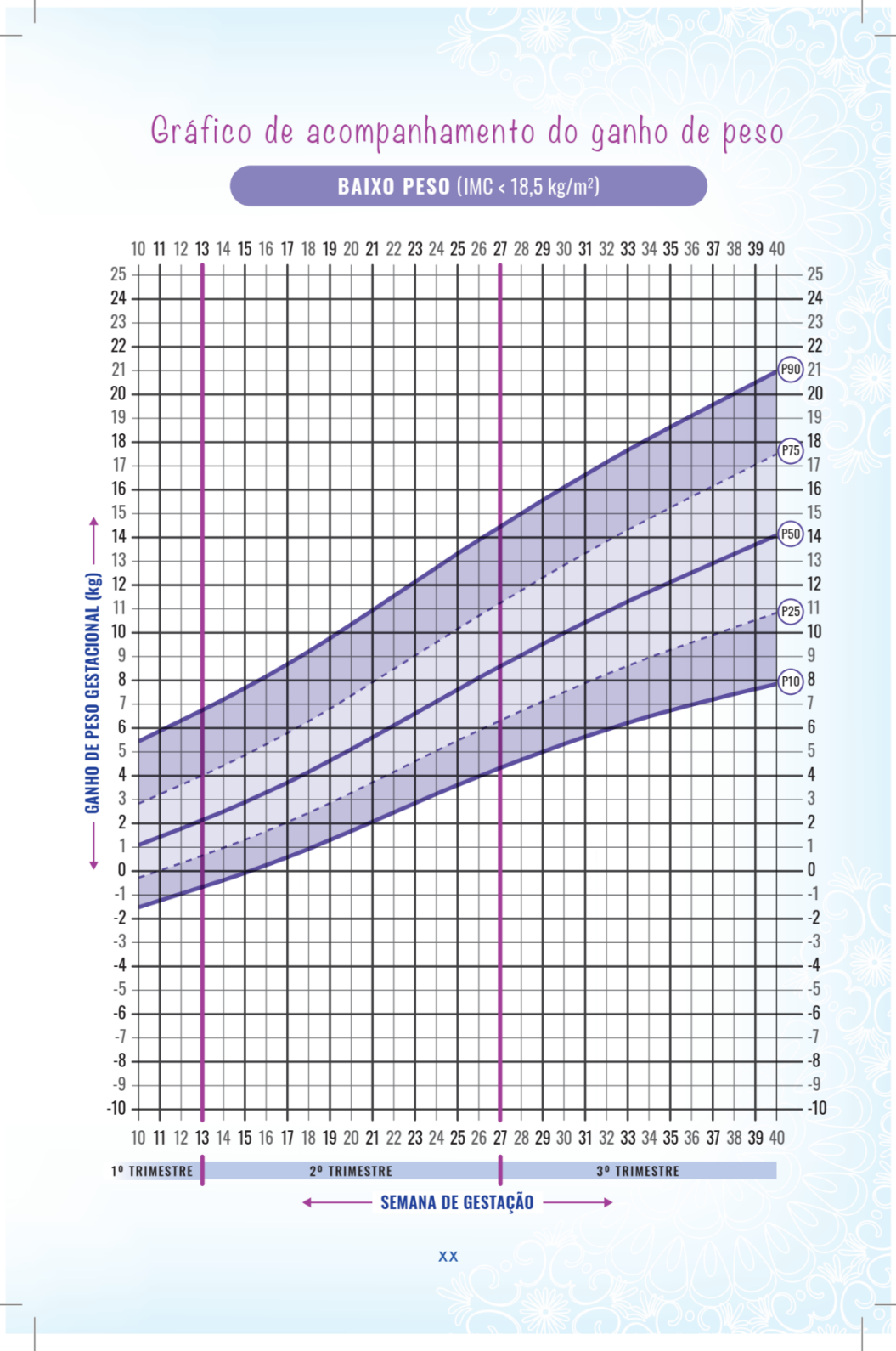

Figura 6. Versão final das curvas de ganho de peso gestacional e instrução de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras (Parte 2).

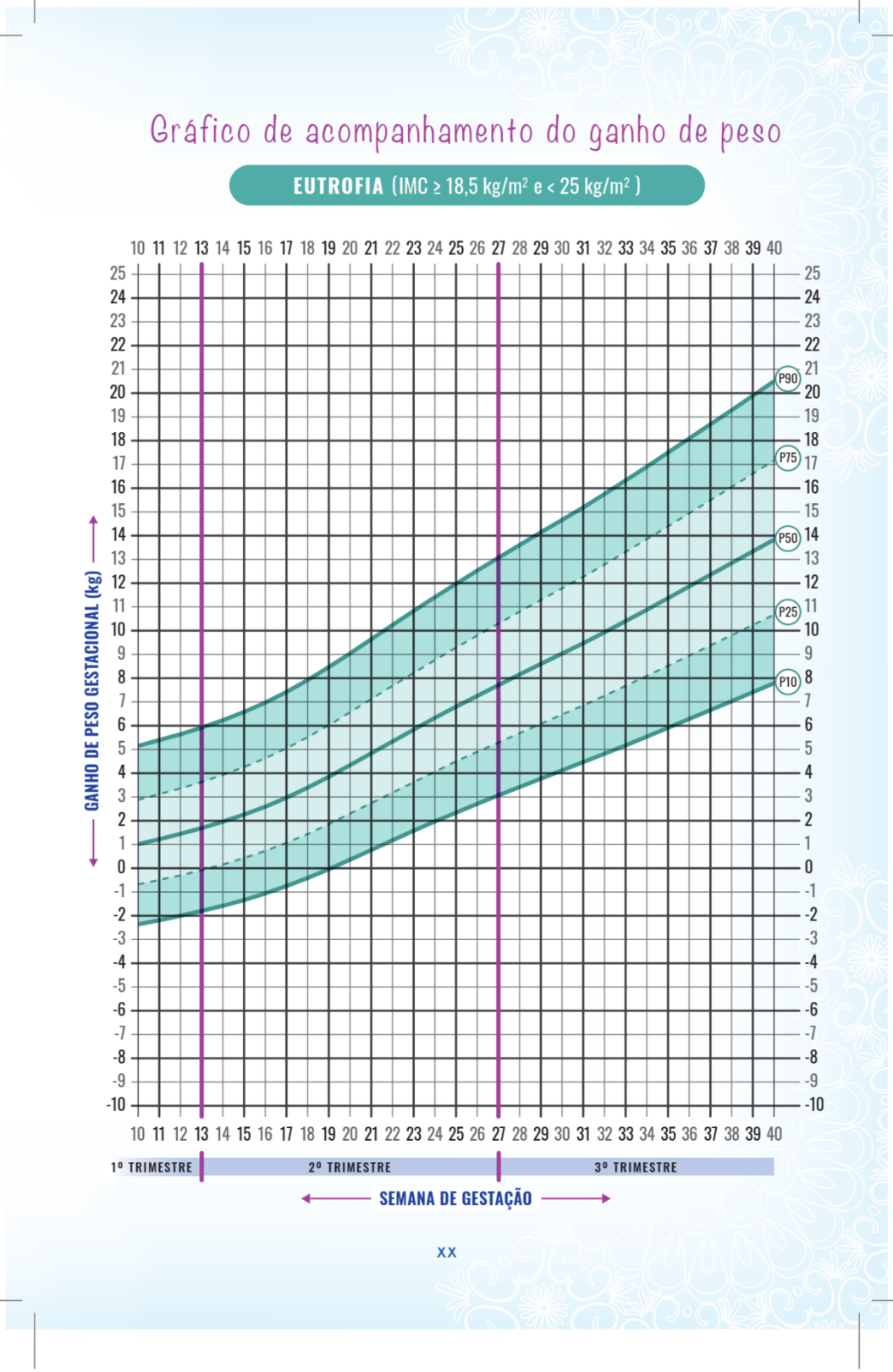

Figura 6. Versão final das curvas de ganho de peso gestacional e instrução de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras (Parte 3).

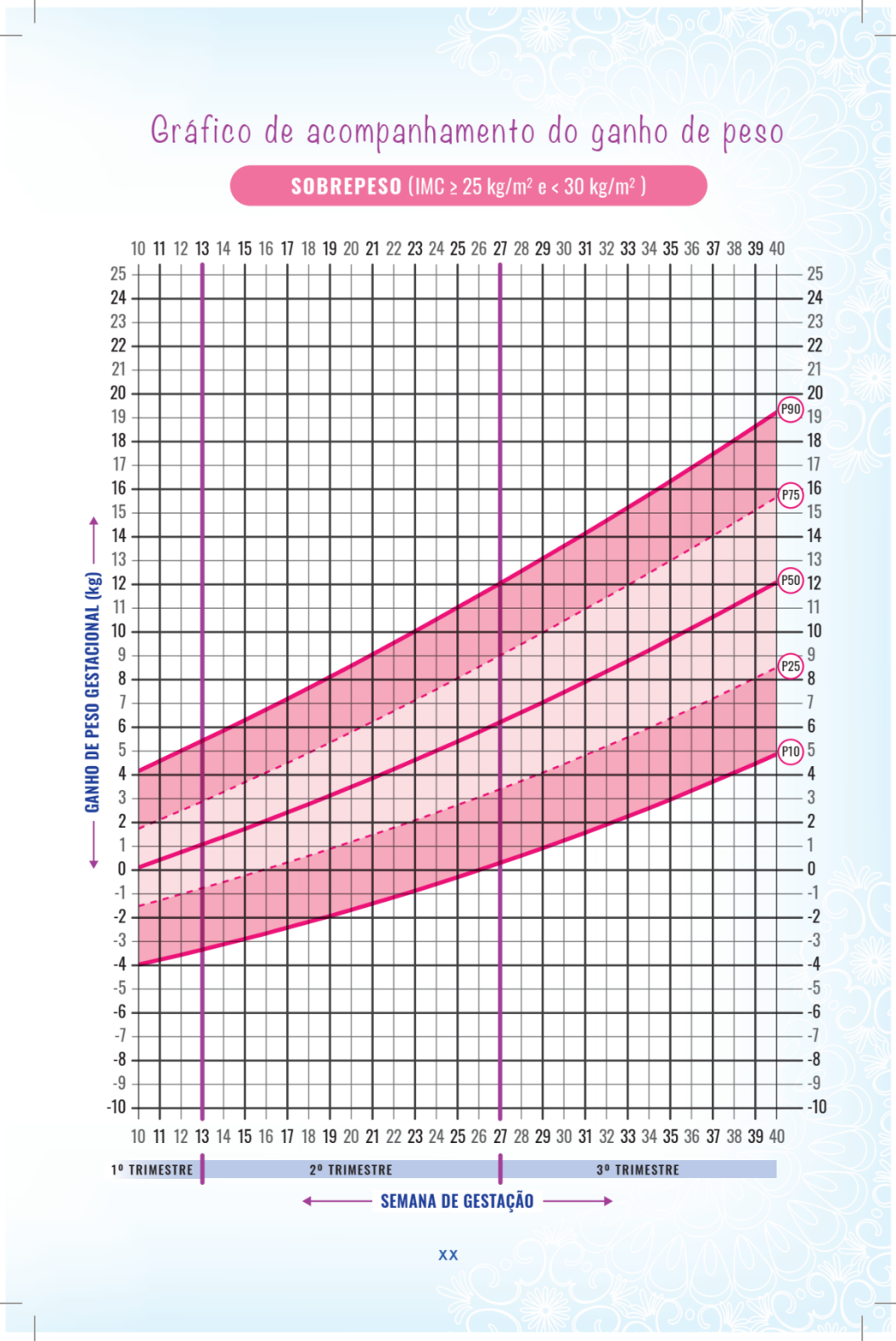

Figura 6. Versão final das curvas de ganho de peso gestacional e instrução de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras (Parte 4).

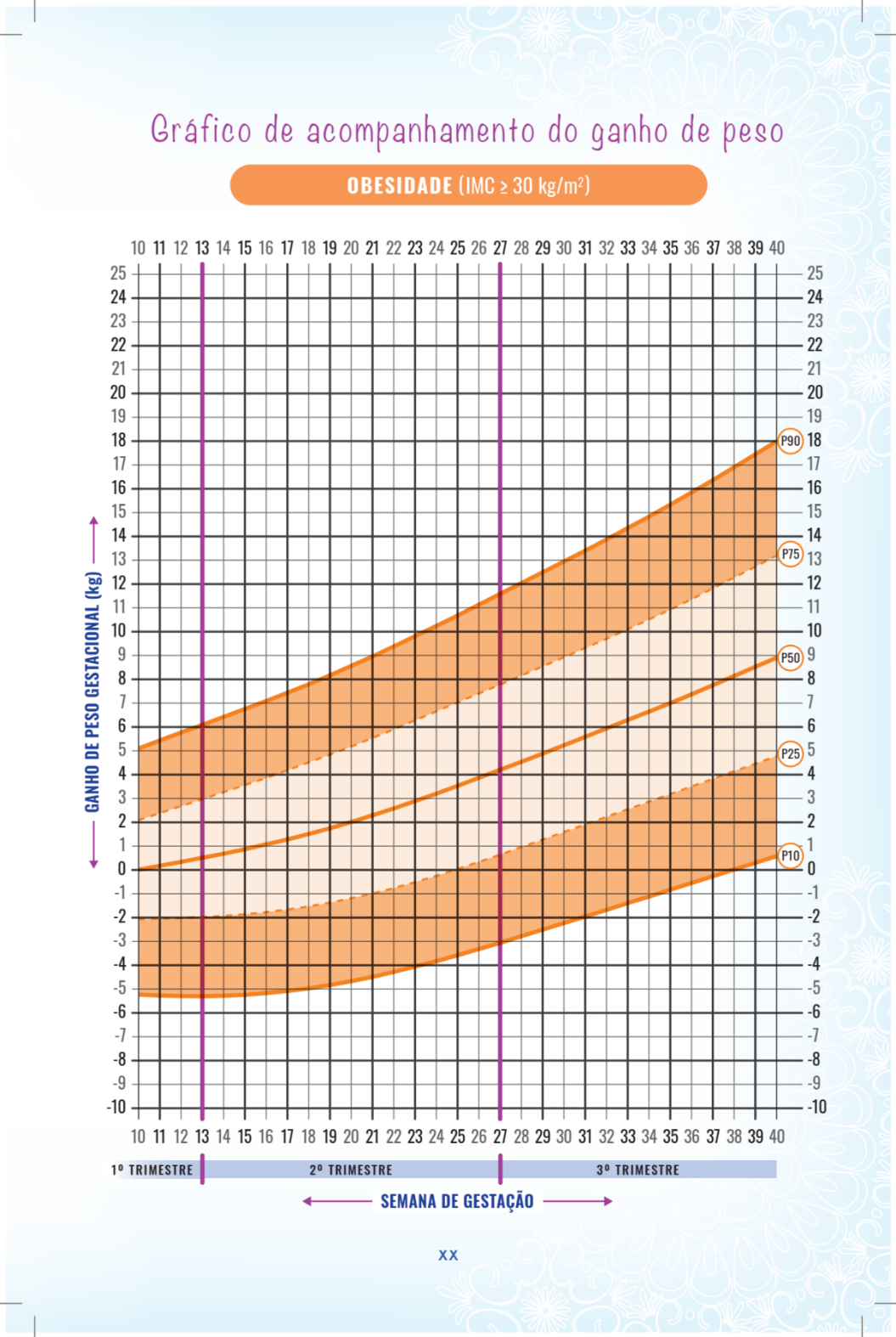

Figura 6. Versão final das curvas de ganho de peso gestacional e instrução de utilização para incorporação na caderneta das gestantes brasileiras (Parte 5).