Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia

Utilização das medidas ultrassonográficas do tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea na estimativa de peso fetal

Nathalia Neves Sapper

Porto Alegre, 2026

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia

Utilização das medidas ultrassonográficas do tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea na estimativa de peso fetal

Nathalia Neves Sapper

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Vettori

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 2026

CIP - Catalogação na Publicação

Sapper, Nathalia Neves
Utilização das medidas ultrassonográficas do tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea na estimativa de peso fetal / Nathalia Neves Sapper. -- 2026.
93 f.
Orientador: Daniela Vanessa Vettori.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia, Porto Alegre, BR-RS, 2026.

1. Peso fetal. 2. Ultrassonografia pré-natal. 3. Gordura abdominal. 4. Macrossomia fetal. 5. Estudo de validação. I. Vettori, Daniela Vanessa, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ATA AUTENTICADA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia
Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia - Mestrado Acadêmico
Ata de defesa de Dissertação

Aluno: Nathalia Neves Sapper, com ingresso em 02/01/2024

Título: Utilização das medidas do tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea fetal na aferição de peso fetal estimado

Data: 26/06/2026
Horário: 14:00
Local: Auditório PEMC - sala 114 - FAMED/UFRGS

Banca Examinadora	Avaliação	Origem
Edison Capp	Aprovado	UFRGS
Janete Vettorazzi	Aprovado	UFRGS
Luíza Guazzelli Pezzali	Aprovado	UFRGS
Maria Lucia da Rocha Oppermann	Aprovado	UFRGS
Mirela Foresti Jiménez	Aprovado	UFCSPA

Avaliação Geral da Banca: Aprovado
Data da homologação:

Porto Alegre, 16 de setembro de 2026

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia
Rua Ramiro Barcelos, 2400 Sala 218 - Bairro Santa Cecilia - Telefone 3308-5607
Porto Alegre - RS

Documento gerado sob autenticação nº HKU.146.150.J4O
Pode ser autenticado, na Internet, pela URL http://www.ufrgs.br/autenticacao,
tendo validade sem carimbo e assinatura.

DEDICATÓRIA

Para Maicon Rodrigo, sem o qual nada disso seria possível. Obrigada por ser a base da nossa família e por embarcar nas minhas aventuras

Para Heloísa, o coração da mamãe. Obrigada por compreender as ausências e celebrar as presenças

Para Jully, minha mais velha, com quem compartilho tanto em comum

Para Iride, mãe e assistente social, inspiração para o cuidado em saúde

Para Sadi e Ângela, inspirações de estudo e vida acadêmica

Para Iolanda, Francisco, Dilma, Nilo e Heloísa, pela ancestralidade, pelo legado e pela possibilidade de estar no mundo

Para meus irmãos, André e Alexandre, companheiros da primeira etapa da vida, pelos laços que permanecem

AGRADECIMENTOS

À Profa. Daniela Vettori, por conduzir esta jornada com competência, generosidade e serenidade. Obrigada pela orientação, pela disponibilidade, pelas inúmeras trocas de conhecimento, pela tranquilidade transmitida nos momentos desafiadores e pela alegria compartilhada nas conquistas.

À Marcela Godoy Dias, ultrassonografista e obstetra ímpar, com quem sempre tenho a aprender.

À Daniela Benzano Bumaguin pela disponibilidade, paciência e apoio na condução das análises estatísticas, imprescindíveis para conclusão deste trabalho.

Aos colegas, colaboradores e residentes do Serviço de Ginecologia e Obstetrícia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre pelo suporte, compreensão, dicas, cafés e conversas ao longo desses últimos anos.

Ao Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Feevale, em especial Caren, Maristela, Micheli, Tainara e Eliane, pelo incentivo e apoio institucional ao longo dessa jornada.

Aos alunos da Faculdade de Medicina da Universidade Feevale, pelas trocas constantes, pelo entusiasmo em aprender e por me lembrarem que ensinar é uma forma de continuar aprendendo.

Aos colegas Charles Schneider Borges e Raquel Fantinel, pela amizade, parceria e por compartilharem comigo o amor pela Obstetrícia e os desafios dessa especialidade fascinante.

Aos colegas e colaboradores do Hospital Municipal de Novo Hamburgo, especialmente João e Leila, que tiveram papel fundamental no início desta trajetória. Obrigada pela amizade, pela escuta generosa e pelo apoio, assumindo minhas demandas e tornando possível minha participação nas atividades do mestrado.

À minha sogra Sandra, pelo carinho e cuidado constantes. Obrigada por sua generosidade, por ter um coração imenso e por ser uma das pessoas mais sábias que conheço, ensinando, através de suas atitudes, aquilo que realmente importa.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS 7

LISTA DE FIGURAS 8

LISTA DE QUADROS 9

RESUMO 10

ABSTRACT 12

INTRODUÇÃO 13

REVISÃO SISTEMATIZADA DA LITERATURA 14

1. Estratégias de busca da literatura 14

2. Mapa conceitual esquemático 16

3. Revisão de literatura 17

3.1. Introdução 17

3.2. Debate sobre os parâmetros biométricos e desempenho de fórmulas 22

3.3. Fórmulas de Hadlock 25

3.4. Validação populacional e étnica das fórmulas 26

3.5. Acurácia e limitações das fórmulas de estimativa de peso fetal tradicionais 27

3.6. Curvas de crescimento fetal e referenciais biométricos 29

3.7. O desafio dos extremos de peso fetal 31

3.8. Fatores que influenciam na estimativa do peso fetal ultrassonográfico 35

3.9. Novas abordagens na estimativa de peso fetal 40

JUSTIFICATIVA 47

HIPÓTESES 47

OBJETIVOS 48

REFERÊNCIAS 49

ARTIGO EM INGLÊS 64

CONSIDERAÇÕES FINAIS 81

PERSPECTIVAS 82

ANEXO 82

LISTA DE ABREVIATURAS

AIG	Adequado para a Idade Gestacional
ACOG	American College of Obstetricians and Gynecologists
DBP	Diâmetro Biparietal
DM	Diabetes Mellitus
CA	Circunferência Abdominal
CC	Circunferência Cefálica
CF	Comprimento do Fêmur
EPAAF	Espessura da Parede Abdominal Anterior Fetal
GIG	Grande para a Idade Gestacional
IG	Idade Gestacional
IG-21	Intergrowth-21st
ILA	Índice de Líquido Amniótico
IMC	Índice de Massa Corporal
MAPE	Median Absolute Percentage Error
PC	Perímetro Cefálico
PFE	Peso Fetal Estimado
PIG	Pequeno para a Idade Gestacional
RCF	Restrição de Crescimento Fetal
RN	Recém-nascido
SF	Subcutâneo Fetal
TAV	Tecido Adiposo Visceral
US	Ultrassom ou Ultrassonografia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 21
Figura 2 21
Figura 3 22
Figura 4 29
Figura 5 44
Figura 6 46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 15
Quadro 2 16
Quadro 3 19
Quadro 4 24

RESUMO

Introdução: A estimativa ultrassonográfica do peso fetal é amplamente utilizada na prática obstétrica para identificar desvios de crescimento e orientar a tomada de decisões clínicas. Apesar desse uso difundido, a acurácia das fórmulas biométricas tradicionais permanece limitada, sobretudo nos extremos de peso fetal. Recentemente, foi proposta uma fórmula baseada em medidas de adiposidade fetal, incorporando a espessura da gordura subcutânea fetal (SF) e o tecido adiposo visceral fetal (TAV), porém sem validação externa independente.

Objetivo: Comparar a acurácia da fórmula proposta por Köşüş com a fórmula tradicional de Hadlock para estimativa do peso fetal próximo ao nascimento e avaliar o desempenho de parâmetros de adiposidade fetal na predição de macrossomia.

Métodos: Estudo observacional prospectivo realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre entre outubro de 2024 e março de 2026. Foram incluídas 174 gestantes com gestações únicas submetidas à ultrassonografia em até sete dias antes do parto. O peso fetal estimado foi calculado pelas fórmulas de Hadlock e Köşüş e comparado ao peso ao nascer. Foram avaliados erro absoluto, erro percentual absoluto mediano (MAPE), proporção de estimativas dentro de 10% do peso real, análise de Bland–Altman e desempenho diagnóstico para macrossomia por curvas ROC. A concordância interobservador foi avaliada por coeficiente de correlação intraclasse.

Resultados: O peso médio ao nascer foi de 3336 ± 546 g. A fórmula de Hadlock apresentou menor erro absoluto mediano (138,5 g versus 221,2 g; $p < 0,001$), menor MAPE (4,1% versus 6,3%; $p < 0,001$) e maior proporção de estimativas dentro de 10% do peso ao nascer (90,2% versus 65,5%; $p < 0,001$) quando comparada à fórmula de Köşüş. A análise de Bland–Altman demonstrou menor dispersão dos erros para a fórmula de Hadlock. A fórmula de Köşüş apresentou desempenho semelhante ao de Hadlock apenas no grupo de fetos grandes para a idade gestacional. Para predição de macrossomia, a circunferência abdominal apresentou excelente desempenho (AUC = 0,94), seguida pelo TAV (AUC = 0,84) e pela SF (AUC = 0,83). A concordância interobservador foi excelente para as estimativas de peso fetal e moderada a baixa para as medidas de adiposidade fetal.

Conclusão: A fórmula de Hadlock apresentou desempenho superior ao da fórmula de Köşüş na estimativa do peso fetal próximo ao nascimento nesta população. Embora a incorporação de medidas de adiposidade fetal não tenha melhorado a acurácia global da estimativa de peso, parâmetros como a circunferência abdominal e o TAV demonstraram utilidade na identificação de fetos macrossômicos. A fórmula de Köşüş pode representar uma alternativa complementar

no contexto intraparto, achado que necessita de validação em estudos futuros, com amostras maiores.

Palavras-chave: peso fetal estimado; ultrassonografia; macrossomia; tecido adiposo visceral; gordura subcutânea fetal; crescimento fetal.

ABSTRACT

Introduction: Sonographic fetal weight estimation is widely used to identify fetal growth abnormalities and to support obstetric decision-making. However, the accuracy of traditional biometric formulas remains limited, particularly at the extremes of fetal weight. Recently, a formula incorporating measurements of fetal subcutaneous fat thickness and fetal visceral adipose tissue has been proposed, although it has not yet undergone independent external validation.

Objective: To compare the accuracy of the Köşüş formula with that of the traditional Hadlock formula for fetal weight estimation close to delivery and to evaluate the performance of fetal adiposity parameters in the prediction of macrosomia.

Methods: This prospective observational study included 174 pregnant women who underwent obstetric ultrasound examination within seven days before delivery. Estimated fetal weight was calculated using the Hadlock and Köşüş formulas and compared with actual birth weight. Absolute error, mean absolute percentage error, the proportion of estimates within 10% of birth weight, Bland–Altman analysis, receiver operating characteristic (ROC) curves for macrosomia prediction, and interobserver agreement were evaluated.

Results: The Hadlock formula demonstrated a lower median absolute error (138.5 g vs. 221.2 g; $p < 0.001$), lower mean absolute percentage error (4.1% vs. 6.3%; $p < 0.001$), and a higher proportion of estimates within 10% of birth weight (90.2% vs. 65.5%; $p < 0.001$) compared with the Köşüş formula. Bland–Altman analysis showed better agreement for the Hadlock formula. The Köşüş formula achieved comparable performance only among large-for-gestational-age fetuses. For the prediction of macrosomia, abdominal circumference demonstrated an area under the curve of 0.94, outperforming visceral adipose tissue (0.84) and subcutaneous fat thickness (0.83).

Conclusion: The Hadlock formula showed superior performance compared with the Köşüş formula for fetal weight estimation close to delivery in this population. Although the incorporation of fetal adiposity measurements did not improve overall estimation accuracy, abdominal parameters, particularly abdominal circumference and visceral adipose tissue measurements, proved useful in identifying fetuses with macrosomia. The Köşüş formula may represent a complementary alternative in the intrapartum setting, a finding that requires validation in future studies with larger sample sizes.

Keywords: estimated fetal weight; ultrasonography; macrosomia; visceral adipose tissue; fetal subcutaneous fat; fetal growth.

INTRODUÇÃO

A assistência pré-natal compreende um conjunto de cuidados destinados a proteger a saúde materna e fetal ao longo da gestação. Nesse contexto, além das consultas clínicas periódicas e da realização de exames laboratoriais, a ultrassonografia (US) tornou-se uma ferramenta essencial na prática obstétrica. Entre suas principais aplicações, destacam-se a datação da gestação, a identificação de gestações múltiplas, a detecção de malformações fetais, a avaliação placentária, a mensuração do volume de líquido amniótico, a avaliação da vitalidade fetal e a estimativa do peso fetal.

O peso fetal estimado (PFE) é calculado com base em fórmulas que utilizam medidas fetais, como o diâmetro biparietal (DBP), a circunferência cefálica (CC), a circunferência abdominal (CA) e o comprimento do fêmur (CF), apresentando erro aproximado de 10 a 15% para a maioria das equações (Scioscia e Selvaggi, 2008). Essa margem de erro, particularmente no final da gestação, pode resultar em variações significativas do PFE, uma vez que o peso fetal ao termo geralmente varia entre 3000 e 4000 gramas.

Os extremos de peso fetal ao nascimento colocam o recém-nascido (RN) em maior risco de morbidade e mortalidade, ressaltando a importância de métodos precisos de avaliação do crescimento fetal para aprimorar a assistência neonatal e subsidiar a tomada de decisões obstétricas, tanto em gestações de baixo risco quanto naquelas de alto risco.

A incorporação de outros parâmetros, como a avaliação do tecido adiposo visceral fetal (TAV) e da gordura subcutânea fetal (SF), poderia reduzir a margem de erro das fórmulas tradicionais de estimativa de peso fetal, conforme demonstrado em estudo preliminar conduzido por Köşüş *et al*. em 2019.

Além disso, a utilização independente de parâmetros de adiposidade fetal, como TAV e SF, pode auxiliar na identificação de fetos sob maior risco de desvios do crescimento. O TAV mostrou-se um indicador promissor na identificação de fetos macrossômicos, com ponto de corte de 72,7 mm, podendo exercer papel relevante nas decisões obstétricas (Köşüş e Köşüş, 2019). Em contrapartida, a mensuração de SF inferior a 5 mm em gestações de 38 semanas parece ser um marcador de fetos pequenos para a idade gestacional (PIG), estando associada a maior morbidade neonatal, conforme demonstrado por Gardeil *et al*. (1999).

Este estudo comparou a acurácia da fórmula tradicional de Hadlock e da fórmula proposta por Köşüş na predição do peso ao nascimento, além de avaliar a utilidade dos parâmetros de adiposidade fetal na identificação de fetos com desvios de crescimento, especialmente macrossomia.

REVISÃO SISTEMATIZADA DA LITERATURA

1. Estratégias de busca da literatura

Inicialmente foi realizada uma busca exploratória na base PubMed/MEDLINE com o objetivo de identificar os principais estudos relacionados à estimativa ultrassonográfica do peso fetal, às fórmulas de Hadlock e às medidas de adiposidade fetal. Essa etapa contribuiu para a identificação dos principais conceitos e artigos de referência da área, resultando em 42 artigos selecionados para o projeto de pesquisa e posteriormente mantidos na dissertação.

A segunda estratégia de busca foi realizada na base de dados PubMed/MEDLINE, utilizando termos controlados do vocabulário MeSH e palavras-chave livres combinados com operadores booleanos. Foram aplicados filtros para estudos em humanos. A busca resultou em 373 artigos. Após a leitura dos títulos, 78 artigos foram considerados potencialmente relevantes, sendo identificados 4 artigos duplicados. A análise dos resumos resultou na seleção de 42 estudos. Adicionalmente, 10 artigos foram incorporados a partir das listas de referências que constavam nesses artigos.

Buscas complementares foram realizadas nas plataformas Embase, Web of Science, Scopus, Google Scholar e SciELO.

Na plataforma Embase, a estratégia de busca resultou em 579 registros. Após a leitura dos títulos, 13 artigos foram considerados potencialmente relevantes. Foi identificado 1 registro duplicado e, após avaliação dos resumos, 2 estudos foram selecionados.

Na plataforma Web of Science, a busca resultou em 100 registros. Após a triagem dos títulos, 9 artigos foram considerados potencialmente relevantes, sendo identificado 1 artigo duplicado. Após a leitura dos resumos, foram selecionados 3 estudos.

Na plataforma Scopus, a busca resultou em 42 registros. Dez artigos foram selecionados após leitura dos títulos. Dois registros eram duplicados, permanecendo 1 estudo relevante para inclusão na dissertação.

No Google Scholar, a estratégia de busca identificou 107 registros. Quatro artigos foram considerados potencialmente relevantes após avaliação inicial e submetidos à leitura crítica. Três correspondiam a estudos já identificados em outras bases, permanecendo 1 estudo adicional elegível para inclusão na revisão.

Na base SciELO, não foram identificados estudos que atendessem aos critérios de inclusão previamente estabelecidos.

Adicionalmente, 31 referências foram identificadas por buscas livres realizadas durante a elaboração da revisão de literatura, quando necessárias para complementar conceitos

específicos, contextualizar aspectos históricos ou aprofundar temas não contemplados adequadamente pelas estratégias de busca estruturadas.

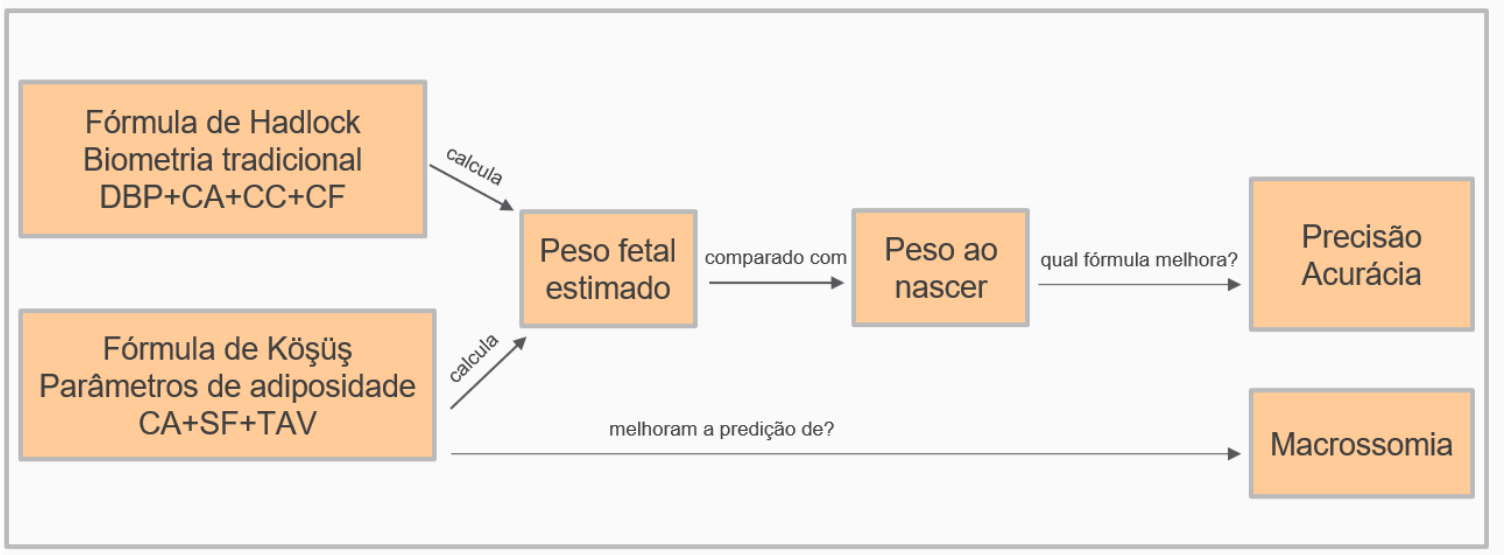
Quadro 1: Seleção de estudos

Seleção de estudos	**Descritores**
Busca 1	"ultrasound", "birth weight", "Hadlock", "fetal visceral adipose tissue" e "fetal subcutaneous fat thickness"
Busca 2	(Fetal Weight[mh] OR Fetal Weight*[tiab] OR Fetal Body Weight*[tiab]) AND (Intra-Abdominal Fat[mh] OR Intra-Abdominal Fat[tiab] OR Intra-Abdominal Adipose Tissue[tiab] OR Visceral Fat[tiab] OR Visceral Adipose Tissue[tiab] OR Abdominal Visceral Fat[tiab] OR Retroperitoneal Fat[tiab] OR Retroperitoneal Adipose Tissue[tiab] OR Subcutaneous fat[tiab] OR Hadlock*[tiab] OR Köşüş*[tiab] OR Kosus*[tiab])
Busca 3	("estimated fetal weight" OR EFW) AND ("visceral adipose tissue" OR "subcutaneous fat thickness") AND (ultrasound OR ultrasonography) AND (Hadlock OR Kosus OR Köşüş)
Busca 4	("Kosus" OR "Köşüş") AND ("visceral adipose tissue" OR VAT OR "visceral fat" OR "subcutaneous fat")

Quadro 2: Resultados da busca por referências bibliográficas nas bases de dados PubMed/Medline, Embase, Web of Science, Scopus, Google Scholar e Scielo

Base de dados	Busca 1	Busca 2	Busca 3	Busca 4	Artigos encontrados	Artigos duplicados	Artigos selecionados
Pubmed/Medline	x	x			4956	4	84
Embase			x		579	1	2
Web of Science			x		100	1	3
Scopus				x	42	2	1
Google Scholar				x	107	3	1
Scielo				x	0	0	0
Total					5784	11	91

2. Mapa conceitual esquemático



3. Revisão de literatura

3.1. Introdução

3.1.1. Importância clínica da estimativa de peso fetal

A US é uma ferramenta diagnóstica muito importante no acompanhamento pré-natal contemporâneo. Sua relevância transcende o mero cálculo biométrico, sendo crucial para auxiliar o obstetra na avaliação abrangente da saúde materno-fetal e, consequentemente, na otimização do planejamento da assistência obstétrica e neonatal. Entre suas aplicações, destaca-se a estimativa do peso fetal, amplamente empregada na detecção de alterações do crescimento intrauterino e no suporte à tomada de decisões clínicas relacionadas aos cuidados gestacionais, ao momento ideal do desfecho da gravidez e à via de parto.

A identificação precoce de desvios do crescimento permite a implementação de intervenções clínicas oportunas, como o monitoramento fetal intensificado, o planejamento do momento e via de parto mais seguros, e a preparação da equipe neonatal. Tanto fetos pequenos quanto fetos grandes apresentam maior risco de morbidade e mortalidade perinatais, reforçando a importância da estimativa ultrassonográfica do peso fetal na prática médica.

Além do impacto imediato sobre os desfechos perinatais, o ambiente intrauterino exerce influência significativa sobre a saúde futura da prole. Evidências robustas indicam que um ambiente intrauterino subótimo – frequentemente refletido por desvios do peso fetal – tem capacidade de programar metabolicamente o feto, predispondo-o a desfechos adversos a longo prazo. Especificamente, o baixo peso ao nascer e, em menor grau, o peso excessivo, estão associados a um aumento do risco de obesidade, desenvolvimento de síndrome metabólica, hipertensão arterial, diabetes mellitus (DM) tipo 2 e disfunção cardiovascular na vida adulta (Entringer *et al*., 2012; Oken e Gillman, 2003; Gluckman e Hanson, 2004). Assim, o peso fetal não é apenas um marcador de saúde nutricional, mas também um indicador preditivo de programação metabólica futura.

Dessa forma, a precisão e acurácia das estimativas ultrassonográficas de peso fetal constituem desafios relevantes da medicina fetal atual, sobretudo diante das limitações das fórmulas tradicionais, particularmente nos extremos da curva de crescimento.

3.1.2. Objetivos da revisão

A presente revisão de literatura propõe-se a discutir os fundamentos da estimativa ultrassonográfica de peso fetal e a evolução histórica das fórmulas biométricas utilizadas na prática obstétrica. O objetivo central é apresentar a acurácia dessas diferentes ferramentas e comparar seus desempenhos em diversos contextos de aplicação, demonstrando sua utilidade prática e, concomitantemente, identificando suas limitações inerentes.

Além do panorama geral das fórmulas estabelecidas na literatura e de seu desempenho em diferentes contextos clínicos e populacionais, esta revisão aborda o crescente interesse na utilização de parâmetros relacionados à composição corporal fetal, especialmente as medidas de tecido adiposo fetal, como potenciais ferramentas para aprimorar a predição do peso ao nascimento.

Por fim, será apresentado o embasamento teórico que motivou a pesquisa que avalia a utilização de uma fórmula de estimativa de peso mais recente, baseada na incorporação de medidas ultrassonográficas do SF e TAV do feto, desenvolvida por Köşüş e Köşüş (2019), cuja validação independente, até a conclusão desta dissertação, não foi identificada na literatura disponível.

3.1.3. Evolução histórica da biometria fetal

Inicialmente, a avaliação do crescimento fetal baseava-se em elementos do exame físico materno como aferição de altura uterina, palpação abdominal e análise da insinuação fetal. Embora amplamente utilizados, esses métodos apresentam limitações importantes no que se refere à estimativa de peso fetal e detecção de desvios de crescimento.

Com o advento da US obstétrica, medidas biométricas fetais padronizadas passaram a ser incorporadas de forma progressiva à avaliação do crescimento intrauterino. Desde as décadas de 1970 e 1980, as mensurações da cabeça, do abdômen e dos ossos longos tornaram-se as principais referências na caracterização do crescimento fetal.

O Quadro 3 apresenta a evolução histórica das principais fórmulas empregadas na prática clínica, incluindo as propostas mais recentes.

No início da década de 1990, a tecnologia já permitia a realização de medidas do feto intraútero, a visualização da apresentação, a estimativa do volume de líquido amniótico e a localização da placenta, entre outros parâmetros. Nesse contexto, Ferrero *et al*. (1994) testaram fórmulas específicas para a população de Roma e construíram tabelas de referência com base no cruzamento do CF e da CA. Entretanto, os equipamentos ainda não dispunham de softwares incorporados para o cálculo automático do peso fetal, o que exigia a aplicação das fórmulas de forma manual ou em computadores externos, tornando o processo demorado.

O aperfeiçoamento dessas equações deu origem às fórmulas biométricas modernas, incorporadas aos softwares dos aparelhos de US e amplamente utilizadas na prática obstétrica. Nas últimas décadas, diversos modelos matemáticos têm sido propostos, variando nas medidas incluídas e na complexidade das equações, com o objetivo de reduzir os erros da estimativa. As fórmulas de regressão para peso fetal combinam, em geral, DBP, diâmetro occipito-frontal (DOF), CC, diâmetro abdominal transverso (DAT), diâmetro abdominal anteroposterior (DAAP), CA e CF, sendo DBP, CC, CA e CF os parâmetros mais frequentemente empregados, cujas técnicas de obtenção de imagem estão ilustradas nas Figuras 1, 2 e 3.

Além disso, alguns autores vêm avaliando a inclusão de variáveis adicionais, como IG e sexo fetal, na tentativa de aprimorar o desempenho das fórmulas tradicionais (Quadro 3).

Quadro 3. Principais fórmulas de estimativa ultrassonográfica do peso fetal descritas na literatura, seus respectivos parâmetros biométricos e equações matemáticas utilizadas para o cálculo do peso fetal estimado.

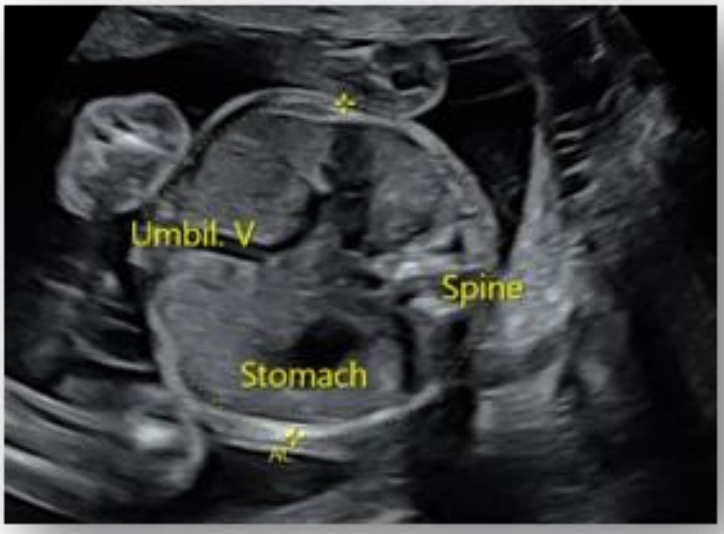
Autor	Parâmetros	Fórmula
Campbell and Wilkin (1975)	CA	$\log_{10}(PFE) = -4{,}564 + 0{,}282\ CA - 0{,}00331\ CA^2$
Warsof *et al*. (1977)	CA + DBP	$\log_{10}(PFE) = -1{,}599 + 0{,}144\ DBP + 0{,}032\ CA - 0{,}111\ DBP^2 \times CA / 1000$
Warsof *et al.* (1977)	CA + CF	$\log_{10}(PFE) = 2{,}792 + 0{,}108\ CF + 0{,}0036\ CA^2 - 0{,}0027\ CF \times CA$
Hansmann *et al.* (1978)	DAT + DBP + IG	$PFE = -0{,}00166595\ DAT^3 + 0{,}4133629\ DAT^2 - 0{,}5580294\ DAT - 0{,}1231535\ DBP + 3{,}37219\ IG^3 - 0{,}4973199\ IG^2 + 55{,}95861\ IG - 2034{,}3901\ IG + 32768{,}19$
Shepard *et al*. (1982)	CA + DBP	$\log_{10}(PFE) = -1{,}7492 + 0{,}166\ DBP + 0{,}046\ CA - 0{,}646\ CA \times DBP / 1000$
Hadlock *et al*. (1984)	CA + CF + CC	$\log_{10}(PFE) = 1{,}5662 - 0{,}0108\ CC + 0{,}0468\ CA + 0{,}171\ CF + 0{,}00034\ CC^2 - 0{,}003685\ CA \times CF$
Hadlock *et al.* (1985)	CA + CF + DBP	$\log_{10}(PFE) = 1{,}3596 - 0{,}00386\ CA \times CF + 0{,}0061\ DBP\ CA + 0{,}0424\ CA + 0{,}174\ CF$
Hadlock *et al.* (1985)	CA + CF	$\log_{10}(PFE) = 1{,}304 + 0{,}05281\ CA + 0{,}1938\ CF - 0.004\ CA \times CF$
Hadlock *et al.* (1985)	CA + CF + DBP	$\log_{10}(PFE) = 1{,}335 - 0{,}00304\ CA \times CF + 0{,}0316\ DBP + 0{,}0457\ CA + 0{,}1623\ CF$
Hadlock *et al.* (1985)	CA + CF + CC + DBP	$\log_{10}(PFE) = 1{,}326 - 0{,}00326\ CA \times CF + 0{,}0107\ CC + 0{,}0438\ CA + 0{,}158\ CF$

Autor	Parâmetros	Fórmula
Woo e Wan (1986)	CA + CF + DBP	$\log_{10}(PFE) = 1,54 + 0,15\ DBP + 0,00111\ CA^2 - 0,0000764\ DBP \times CA^2 + 0,05\ CF—0,000992\ CF \times CA$
Ott *et al*. (1986)	CA + CF + CC	$\log_{10}(PFE) = 1,327 + 0,0107\ CC + 0,0438\ CA + 0,158\ CF - 0,00326\ CA \times CF$
Vintzileos *et al.* (1987)	CA + DBP	$\log_{10}(PFE) = 1,879 + 0,0084\ DBP + 0,026\ CA$
Merz,Lieser and Schicketanz (1988)	CA + DBP	$PFE = -3200,40479 + 157,07186\ CA + 15,90391\ DBP^2$
Combs *et al.* (1993)	CA + CF + CC	$PFE = 0,23718\ CA^2 \times CF + 0,03312\ CC^3$
Combs *et al*. (1993)	CA + CF + CC	$\log_{10}(PFE) = 0,046\ CA + 0,171\ CF + 0,00034\ CC^2 - 0,003685\ CA \times CF$
Ferrero *et al*. (1994)	CA + CF	$\log_{10}(PFE) = 0,77125 + 0,13244\ CA - 0,12996\ CF - 1,73588\ CA^2/1000 + 3,09212\ CF \times CA/1000 + 2,18984\ (CF/CA)$
Tongsong *et al.* (1994)	CA + CF + DBP	$PFE = \exp(4,2563 + 0,00061\ DBP \times CA + 0,0424\ CA + 0,174\ CF - 0,00386\ CA \times CF)$
Schild *et al.* (2004)	CA + CF + DBP	$PFE = -4035,275 + 1,143\ DBP^3 + 1159,878\ CA\ ½ + 10,079\ CF^3 - 81,277\ CF^2$ (sexo feminino)
Schild *et al.* (2004)	CA + CF + CC	$PFE = 43576,579 + 1913,853 \times \log_{10} DBP + 0,01323\ CC^3 + 55,532\ CA^2 - 13602,664\ CA\ ½ - 0,721\ CA^3 + 2,31\ CF^3$ (sexo masculino)
Lalys *et al*. (2012)	CA + CF + IG + IGP	$\log_{10}(EPN) = -0,0208\ IG + 0,00114\ CA + 0,004\ CF + 0,0211\ IGP + 2,71$ (para fetos pequenos, menores que 2800g com fórmula de Hadlock)
Lalys *et al*. (2012)	CA + CF + IG + IGP	$\log_{10}(EPN) = -0,00643\ IG + 0,000287\ CA + 0,001168\ CF + 0,00572\ IGP + 3,44$ (para fetos grandes, maiores que 3700g com fórmula de Hadlock)
Intergrowth-21 (Stirnemann *et al*. 2017)	CA + CC	$\ln(PFE) = 5,084820 - 54,06633(CA/100)^3 - 95,80076(CA/100)^3 \ln(CA/100) + 3,136370(CC/100)$
Legenda: PFE = peso fetal estimado; CA = circunferência abdominal; CC = circunferência cefálica; DBP = diâmetro biparietal; CF = comprimento do fêmur; DAT = diâmetro abdominal transverso; IG = idade gestacional; IGP = idade gestacional prevista ao parto; EPN = estimativa do peso ao nascimento.		



Adaptado de Dr. Leung Tse Ngong Danny

Figura 1. O diâmetro biparietal (DBP) é medido a partir do eco proximal do crânio fetal até a borda proximal da borda profunda (externa-interna) no nível do cavum septum pellucidum. A circunferência cefálica (CC) é medida como uma elipse ao redor do perímetro do crânio fetal no mesmo nível.



Adaptado de Dr. Leung Tse Ngong Danny

Figura 2 . A circunferência abdominal (CA) é medida em um corte transversal do abdome fetal, obtido no nível do seio portal esquerdo (terço proximal da veia umbilical) e da bolha gástrica, ambos visualizados no mesmo plano de imagem; as medições são realizadas ao redor do perímetro externo da pele fetal ("externo-externo").



Adaptado de Dr. Leung Tse Ngong Danny

Figura 3 . O comprimento do fêmur (CF) é medido em uma imagem que captura toda a diáfise femoral, da extremidade proximal à distal, posicionando os calipers nas extremidades do osso calcificado, excluindo as epífises não ossificadas.

3.2. Debate sobre os parâmetros biométricos e desempenho de fórmulas

Entre as medidas de cabeça, fêmur e abdome fetal, a CA é o parâmetro mais sensível para detectar anormalidades de crescimento (Chang *et al*., 1992; Bernstein *et al*., 1997; Gilby *et al.*, 2000; Haragan *et al*., 2015). A forte correlação entre CA e peso ao nascer decorre do fato de essa medida refletir tantos componentes de massa magra, especialmente o fígado, quanto componentes relacionados à deposição de tecido adiposo subcutâneo e visceral fetal (Köşüş e Köşüş, 2019), de modo que suas alterações sinalizam precocemente mudanças no estado nutricional e na deposição de gordura corporal fetal.

Sendo assim, praticamente todas as fórmulas incluem pelo menos um parâmetro abdominal, usualmente a CA, havendo inclusive modelos baseados apenas em medidas do abdome. Outras equações associam a CA ao CF ou a medidas cefálicas. E, por fim, as fórmulas clássicas tendem a incorporar três parâmetros — CA, CF e ao menos um índice cefálico (DBP e/ou CC) —, configuração que, em geral, se associa a melhor precisão e desempenho global (Scioscia e Selvaggi, 2008).

A utilização de fórmulas que excluem medidas cefálicas permanece controversa na literatura, sendo particularmente discutida em cenários em que a aferição do polo cefálico é limitada. Ferrero *et al*. (1994) observaram menor erro sistemático e aleatório com uma equação baseada apenas em CA e CF, enquanto Dakwar Shaheen *et al*. (2019) mostraram que a fórmula tradicional de Hadlock, que incorpora quatro parâmetros, apresenta desempenho ligeiramente superior à versão simplificada com CA e CF, embora ambas sejam consideradas viáveis na prática, sobretudo quando o acesso ao crânio é dificultado. Em contraste, Milner e Arezina (2018) relataram resultados bastante inconsistentes para fórmulas que utilizam exclusivamente CA e CF, conforme citado no Quadro 4.

Modelos biométricos simplificados também foram propostos ao longo das últimas décadas na tentativa de reduzir a complexidade das fórmulas tradicionais e ampliar sua aplicabilidade em diferentes populações. Algumas equações dispensam o uso do CF, a exemplo da fórmula clássica de Shepard e da recente fórmula multinacional de Stirnemann *et al*. (2017), base do projeto Intergrowth-21st (IG-21). Estudos comparativos (Marien *et al*., 2021) não demonstraram superioridade consistente do modelo IG-21 em relação às fórmulas clássicas de Hadlock. De maneira semelhante, Mirghani *et al*. (2005) observaram que a fórmula clássica de Shepard, baseada em DBP e CA, apresentou melhor correlação com o peso ao nascer entre os fetos adequados para a idade gestacional (AIG), quando comparada a modelos que incorporaram um conjunto mais amplo de medidas cefálicas, abdominais e esqueléticas.

Diversos estudos comparativos avaliaram o desempenho de fórmulas clássicas de estimativa ultrassonográfica do peso fetal em diferentes populações e faixas de peso ao nascimento. De forma geral, as fórmulas da família Hadlock demonstraram melhor desempenho global e maior estabilidade em diferentes cenários clínicos quando comparadas a modelos clássicos como Shepard, Campbell, Merz, Hansmann, Tongsong e Woo. Entretanto, algumas fórmulas apresentaram melhor desempenho em grupos específicos de peso fetal, particularmente nos extremos de crescimento. Para fetos com peso estimado < 2500 g, as fórmulas de Hadlock (com CA, CF, DBP e/ou CC) apresentaram melhor desempenho; na faixa entre 2500 e 3999 g, os melhores resultados foram observados com as fórmulas sexo-específicas de Schild; já para fetos ≥ 4000 g, a fórmula de Merz mostrou desempenho superior (Siemer *et al.*, 2008). Os principais estudos comparativos envolvendo fórmulas encontram-se resumidos no Quadro 4.

Quadro 4 . Principais estudos comparativos sobre fórmulas ultrassonográficas para estimativa de peso

Autor	**Fórmulas comparadas**	**População/ objetivo**	**Principais achados**
Smith *et al.* (1997)	Campbell/ Wilkin vs Hadlock	3512 fetos	Forte relação linear entre CA e peso ao nascer; fórmulas baseadas apenas em CA apresentaram pior desempenho em fetos pequenos; adição de CF não reduziu significativamente o erro
Ratanasiri *et al.* (2002)	Hadlock, Shepard, Tongsong e Hansmann	102 gestantes	Não houve diferença significativa de acurácia entre as fórmulas
Mirghani *et al.* (2005)	8 fórmulas clássicas	População multiétnica	Shepard (DBP + CA) apresentou melhor correlação com peso ao nascer; fórmulas combinando CA e medidas cefálicas tiveram melhor desempenho
Siemer *et al.* (2008)	11 fórmulas	1941 gestações	Hadlock apresentou melhor desempenho global e em fetos <2500 g; Merz foi superior em macrossômicos; experiência do examinador influenciou significativamente a acurácia
Scioscia e Selvaggi (2008)	35 fórmulas agrupadas por composição biométrica	441 gestantes	Fórmulas baseadas em cabeça + abdômen + fêmur apresentaram menor erro absoluto médio; modelos com abdômen e fêmur tiveram melhor desempenho em fetos >3500 g; todas as fórmulas tenderam a subestimar fetos grandes
Melamed *et al.* (2012)	Hadlock, Schild e modelos sexo-específicos	1708 estimativas	Fórmulas sexo-específicas reduziram erro sistemático e melhoraram a acurácia
Lalys *et al.* (2012)	Modelos específicos vs Hadlock	Fetos ≤2500 g e ≥4000 g	Fórmulas específicas para extremos reduziram erro sistemático e aleatório em comparação com Hadlock
Dammer *et al.* (2013)	8 fórmulas em apresentação pélvica	244 fetos pélvicos	Fórmulas com 3–4 parâmetros biométricos apresentaram maior precisão
Esinler *et al.* (2015)	18 fórmulas clássicas	495 gestantes	Hadlock “I”, Hadlock “III” e Ott apresentaram melhor desempenho global. Nos fetos >4000 g, Ott, Hadlock “IV” e Combs apresentaram melhor correlação com o peso ao nascimento. Nos fetos <2500 g, Combs, Ott e Hadlock “IV” apresentaram melhor desempenho.

Autor	Fórmulas comparadas	População/ objetivo	Principais achados
Hoopmann *et al.* (2016)	35 fórmulas	3416 fetos	Grande parte das fórmulas subestimou fetos grandes; Hadlock "III" e "V" tiveram menores erros sistemáticos
Milner e Arezina (2018)	11 fórmulas	Revisão sistemática	Fórmulas multivariadas, especialmente Hadlock "A", apresentaram melhor desempenho; modelos com dois parâmetros foram inconsistentes
Dakwar Shaheen *et al.* (2019)	Hadlock com CC vs Hadlock sem CC	1220 estimativas	Fórmula sem CC apresentou desempenho discretamente inferior, porém clinicamente aceitável
Marien *et al.* (2021)	INTERGROWTH-21 vs Hadlock	600 gestantes	IG-21 não demonstrou superioridade consistente sobre Hadlock

Abreviaturas: CA = circunferência abdominal; CC = circunferência cefálica; CF = comprimento do fêmur; DBP = diâmetro biparietal; PIG = pequeno para a idade gestacional; GIG = grande para a idade gestacional; DMG = diabetes mellitus gestacional; IG-21 = INTERGROWTH-21st.

3.3. Fórmulas de Hadlock

As fórmulas desenvolvidas por Hadlock são amplamente utilizadas na prática clínica e frequentemente são adotadas como padrão de referência para comparação com novos modelos**.** Essas equações têm demonstrado boa confiabilidade e reprodutibilidade, consolidando-se como referência mundial (Sekar *et al.,* 2016).

A literatura frequentemente utiliza classificações como Hadlock I–V ou Hadlock A–D para diferenciar as diversas versões das fórmulas (Sereke *et al*., 2021; Faschingbauer *et al.,* 2015), embora essa nomenclatura não tenha sido originalmente proposta pelo autor. De forma geral, os modelos variam conforme a combinação dos parâmetros biométricos incorporados às equações, incluindo versões simplificadas baseadas apenas em CA e CF e modelos multivariados que acrescentam DBP e/ou CC, na tentativa de reduzir erros sistemáticos e aleatórios. O racional que orientou a construção dessas fórmulas baseou-se na premissa de que diferentes segmentos fetais representam componentes distintos do crescimento intrauterino, incluindo crescimento longitudinal, desenvolvimento cefálico e deposição nutricional abdominal (Hadlock *et al*., 1984; Hadlock *et al.,* 1982)**.**

A quase totalidade das pesquisas envolvendo acurácia de fórmulas coloca as fórmulas de Hadlock como fator de comparação (Lalys *et al.,* 2012). Provavelmente, em razão de seus baixos erros sistemáticos e aleatórios, bem como de sua versatilidade em diferentes cenários

clínicos, as fórmulas de Hadlock passaram a ser incorporadas às configurações dos aparelhos de US utilizados mundialmente.

Estudos comparativos demonstram desempenho consistentemente favorável das fórmulas de Hadlock em diferentes populações e faixas de peso fetal. Esinler *et al.* (2015), ao compararem 18 fórmulas de estimativa de peso fetal, observaram melhores resultados das fórmulas de Hadlock em fetos AIG e PIG, com menores erros aleatórios e melhores correlações com o peso ao nascimento. De forma semelhante, Milner and Arezina (2018) demonstraram que a fórmula Hadlock "A", baseada em CC, CA e CF, apresentou os menores níveis de erro aleatório em revisão sistemática envolvendo diferentes modelos biométricos (Quadro 4).

O debate sobre a universalidade das fórmulas de Hadlock permanece relevante, uma vez que tanto essas equações quanto as curvas biométricas originais foram desenvolvidas em uma população branca, bem nutrida, o que suscita questionamentos quanto à sua capacidade de representar adequadamente a população mundial. No entanto, a literatura tem mostrado, em grande parte das pesquisas, a ampla capacidade de predição das fórmulas de Hadlock em vários países e etnias e em vários momentos ao longo dos anos (Blue *et al*., 2019), mantendo sua relevância na prática médica cotidiana.

3.4. Validação populacional e étnica das fórmulas

A validação de fórmulas de regressão em populações específicas é vista como fundamental, uma vez que as diferenças antropométricas populacionais e étnicas podem variar consideravelmente. Os referenciais biométricos utilizados para comparação dos pesos são, frequentemente, baseados em dados internacionais e não desenvolvidos para as populações às quais são aplicados.

Alguns autores advogam a favor da elaboração de fórmulas locais ou adaptação de fórmulas tradicionais, uma vez que a demonstração de desempenho é melhor quando a fórmula leva em consideração dados de fetos de uma determinada população. Nesse sentido, Souka et al. 2014 demonstraram melhor desempenho de modelos ajustados à população grega quando comparados a fórmulas desenvolvidas em outras populações. De forma semelhante, *Galluzzo et al.* (2020) dedicaram-se à pesquisa de fórmulas e tabelas de referência para população brasileira, observando que a escolha do referencial influencia significativamente os erros de estimativa, reforçando a importância da validação externa. Concluiu-se, neste estudo, que a utilização da fórmula de Stirnemann *et al.* (2017) com a tabela biométrica de Snijders e Nicolaides (1994) apresentou a melhor correlação com o peso real e classificação do RN.

Estudos realizados em diferentes populações demonstram resultados variáveis. Em estudo tailandês, a utilização da fórmula de Tongson, criada para essa população, não diferiu em precisão das fórmulas clássicas e apresentou melhor resultado no grupo de fetos maiores que 3500 g (Ratanasiri *et al.,* 2002). Mirghani *et al.* (2005), por sua vez, encontraram superioridade da fórmula de Shepard em relação às fórmulas de Hadlock em população multiétnica dos Emirados Árabes. Em contrapartida, estudos prospectivos realizados na Uganda e China, demonstraram desempenho satisfatório das fórmulas de Hadlock em suas respectivas populações (Sereke *et al*., 2021; Ma *et al.,* 2023), sugerindo que as fórmulas tradicionais são capazes de manter desempenho consistente em diferentes contextos geográficos e étnicos.

Em 2017, a rede IG-21 desenvolveu uma nova fórmula para a predição do peso fetal por US com inclusão de apenas dois parâmetros biométricos (CA e CC), utilizando amostras de gestantes de 8 países diferentes, contrastando com as fórmulas de Hadlock desenvolvidas a partir de população caucasiana na década de 80. O modelo do IG-21 foi desenvolvido a partir da premissa de que não haveria diferenças significativas no crescimento fetal entre diferentes populações quando expostas a condições ambientais ideais. Contudo, Marien *et al.* (2021) compararam esse modelo às fórmulas de Hadlock (baseadas em CA, CF e DBP) e não observaram superioridade do IG-21, identificando sensibilidades igualmente limitadas para a detecção dos extremos de peso em ambos os modelos.

3.5. Acurácia e limitações das fórmulas de estimativa de peso fetal tradicionais

3.5.1. Conceitos de precisão e acurácia

A avaliação da acurácia das fórmulas ultrassonográficas para estimativa do peso fetal envolve diferentes conceitos estatísticos relacionados tanto à tendência da fórmula em superestimar ou subestimar o peso fetal quanto à variabilidade das estimativas obtidas.

O erro sistemático corresponde à tendência média da fórmula em produzir estimativas consistentemente acima ou abaixo do peso real ao nascimento. Esse parâmetro é frequentemente expresso pelo erro percentual médio (Mean Percentage Error – MPE). Valores positivos indicam tendência à superestimação do peso fetal, enquanto valores negativos indicam tendência à subestimação.

Por outro lado, o erro aleatório expressa a dispersão das estimativas em relação ao peso real ao nascimento, refletindo a precisão da fórmula. Fórmulas com erros sistemáticos pequenos podem ter baixa precisão caso o erro aleatório tenha variabilidade alta. De modo geral, a maioria das fórmulas apresenta erros sistemáticos desprezíveis, porém erros aleatórios que frequentemente ultrapassam 7%, o que evidencia precisão limitada (Siemer *et al*., 2008).

A magnitude global do erro pode ser avaliada pelo erro percentual absoluto médio (Median or Mean Absolute Percentage Error – MAPE), parâmetro amplamente utilizado na literatura para mensurar a acurácia das estimativas ultrassonográficas. Por utilizar valores absolutos, o MAPE expressa a distância média entre o peso estimado e o peso real ao nascimento, independentemente da direção do erro.

A análise de Bland-Altman também é amplamente utilizada para avaliação da concordância entre o PFE e o peso real ao nascimento. Esse método avalia simultaneamente o viés médio das estimativas e a amplitude da dispersão dos erros, permitindo identificar tendências sistemáticas de superestimação ou subestimação ao longo das diferentes faixas de peso fetal.

Outro parâmetro frequentemente utilizado na literatura é a proporção de estimativas dentro de 10% do peso real ao nascimento, considerada importante medida de aplicabilidade clínica. Considera-se adequada uma fórmula para estimativa ultrassonográfica do peso fetal quando apresenta desvio padrão (erro aleatório) em torno de 7% e discrepância de, no máximo, 10% em relação ao peso ao nascer em aproximadamente 80% dos casos (Kehl *et al*., 2012).

3.5.2. Limitações inerentes à estimativa ultrassonográfica do peso fetal

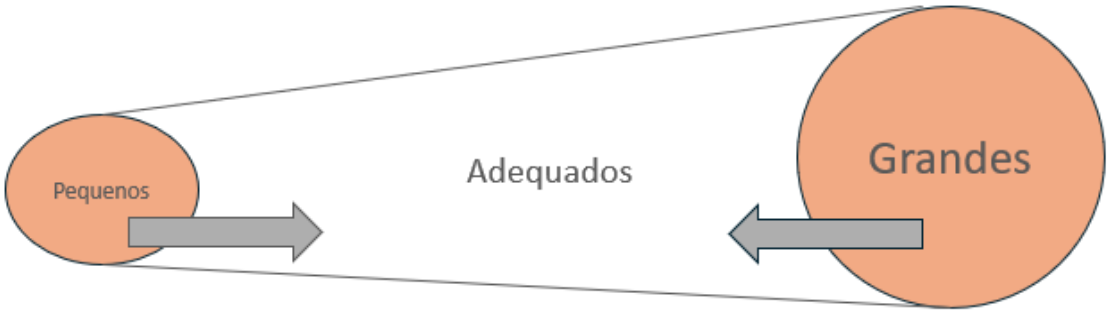
Apesar do grande número de algoritmos biométricos disponíveis para estimativa do peso fetal, essa predição permanece imprecisa, de modo que não há consenso quanto à recomendação de uma fórmula universal na literatura (Köşüş e Köşüş, 2019; Faschingbauer *et al.,* 2012). A acurácia das estimativas ecográficas é inerentemente limitada pelo fato de o feto a termo constituir uma estrutura tridimensional irregular, de densidade variável, cujo peso não pode ser determinado com precisão a partir de medições biométricas (Colman *et al*., 2006).

Além das limitações matemáticas inerentes aos modelos biométricos, pequenas variações na obtenção das medidas ultrassonográficas podem resultar em diferenças significativas no peso fetal estimado, especialmente em fórmulas multivariadas que utilizam múltiplos parâmetros combinados. A posição fetal, dificuldade técnica na aferição de determinados parâmetros biométricos, redução do líquido amniótico próximo ao termo e variabilidade interobservador também constituem fator limitante da precisão das estimativas ultrassonográficas.

Uma das limitações mais consistentemente observadas nas fórmulas ultrassonográficas clássicas é a tendência à regressão à média, caracterizada pela superestimação do peso de fetos pequenos e subestimação do peso de fetos grandes. Em aproximadamente, uma em cada quatro gestantes, o PFE obtido por US difere mais de 10% do peso real ao nascimento, com padrão

sistemático de superestimar o peso dos fetos menores e subestimar o dos fetos maiores (Colman *et al.,* 2006), como exemplificado na Figura 4.

Essa tendência se confirma em praticamente todos os artigos, tornando a população de fetos de maior interesse clínico exposta a erros de aferição maiores, e por consequência, decisões clínicas equivocadas caso não sejam devidamente consideradas as limitações das equações matemáticas utilizadas para estimar o peso fetal (Ricci *et al.,* 2011; Plonka *et al*., 2020).



Fonte: elaborado pela autora

Figura 4. Representação esquemática da tendência à regressão à média nas estimativas ultrassonográficas do peso fetal.

3.6. Curvas de crescimento fetal e referenciais biométricos

Os pesos fetais estimados obtidos por meio da US dependem de referenciais biométricos estabelecidos para cada IG para que possam ser adequadamente interpretados clinicamente. Portanto, as tabelas biométricas e curvas de crescimento são ferramentas essenciais no processo de classificação fetal e diagnóstico de anormalidades de crescimento e estratificação de risco perinatal.

Em 1963, Lubchenco *et al.* (1963) publicaram um estudo pioneiro que levou à adoção generalizada de um sistema de classificação baseado no peso ao nascimento — pequeno, adequado ou grande para a idade gestacional (PIG, AIG e GIG) — estabelecendo as bases conceituais para o uso de curvas de crescimento fetal e neonatal. O estudo enfatizou o papel crucial do crescimento fetal, destacando sua conexão com o bem-estar e o prognóstico de longo prazo para o neonato (Lee 2021).

A partir deste conceito, os obstetras adotaram o sistema de classificação de peso, baseado em percentis de peso ao nascer, para auxiliar na interpretação do PFE na prática clínica e identificação de desvios de crescimento.

3.6.1. Curvas clássicas e internacionais

Dentre as curvas de crescimento clássicas mais utilizadas, destacam-se aquelas propostas por Hadlock *et al.* (1991), elaboradas a partir de medições ultrassonográficas realizadas entre 10 e 41 semanas de gestação em 392 gestantes nos Estados Unidos. Os autores demonstraram que a variabilidade do peso fetal em cada IG correspondia a uma fração constante da média, o que permitiu a construção de percentis semanais de peso fetal.

Todavia, importantes diferenças populacionais passaram a ser observadas quando esses referenciais foram aplicados em diferentes países. Enquanto o peso médio ao nascer com 40 semanas na população original foi de 3705 g, valores substancialmente inferiores foram observados na Índia (2790 g) e na Argélia (3511 g) (Shah *et al*., 2008), reforçando o questionamento sobre a universalidade dos referenciais de normalidade tradicionalmente utilizados.

As referências utilizadas em US para identificar desvios de crescimento foram desenvolvidas em mulheres do grupo de ascendência continental europeia, e há grande discussão sobre sua aplicabilidade em fetos de mães de países em desenvolvimento devido às diferenças constitucionais interpopulacionais. A partir dessa premissa, pesquisadores desenvolveram modelos globais para uso generalizado e modelos populacionais específicos.

Mikolajczyk *et al.* (2011) desenvolveram um modelo de curva de referência ancorado em pesos de populações específicas, o qual apresentou melhor desempenho na detecção de fetos pequenos em comparação às curvas tradicionais. Em comparação com a curva de referência de Hadlock *et al*. (1991) que classificava 35% da amostra mundial como fetos PIG (abaixo do percentil 10), o modelo ajustado por país classificou como PIG 11% destes mesmos fetos, além de mostrar associação mais acertada com a incidência de eventos perinatais adversos.

No Brasil, Galluzzo *et al.* (2020) compararam diferentes fórmulas de estimativa de peso fetal e distintos referenciais biométricos, incluindo a curva de crescimento fetal proposta por Pedreira *et al.* (2011), desenvolvida a partir de uma população brasileira. O estudo evidenciou que a escolha do referencial biométrico influencia o desempenho das estimativas de peso fetal, reforçando a importância da validação externa dos modelos utilizados na prática clínica.

A escolha do referencial biométrico pode influenciar significativamente a interpretação do PFE e a classificação dos fetos quanto ao crescimento intrauterino. Pequenas diferenças nos percentis utilizados podem modificar substancialmente a proporção de fetos classificados como PIG ou GIG, impactando diretamente estratégias de rastreamento, vigilância fetal e tomada de decisão obstétrica.

Uma consideração relevante diz respeito à diferenciação por sexo fetal. Diferentemente dos referenciais neonatais, curvas fetais tradicionalmente não realizam estratificação por sexo, sob justificativa de que as diferenças intrauterinas de peso seriam relativamente pequenas. Entretanto, Monier *et al.* (2022) demonstraram que o uso de curvas sexo-específicas poderia melhorar a detecção de fetos masculinos PIG, grupo sob risco de maior morbidade perinatal.

3.7. O desafio dos extremos de peso fetal

3.7.1. Definições e conceitos

A classificação dos extremos de peso fetal envolve conceitos relacionados tanto a pesos aumentados quanto a pesos reduzidos. Para os fetos com pesos superiores, são utilizados os termos macrossomia e fetos GIG. Já para os fetos com pesos inferiores, os conceitos empregados incluem fetos PIG, restrição de crescimento fetal (RCF) e baixo peso ao nascer.

O termo "macrossomia" é utilizado para descrever fetos acima de um determinado valor absoluto de peso, geralmente definido como peso ao nascer superior a 4000 g. Já o termo "GIG" refere-se a fetos cujo peso se situa acima do percentil 90 para uma determinada IG, com base na comparação em curvas de crescimento específicas e adequadas à IG.

Clinicamente, a macrossomia associa-se a resultados adversos tanto maternos quanto neonatais. Para a mãe, representa aumento do risco de parto traumático, com lacerações perineais ou instrumentação, prolongamento do trabalho de parto, cesariana e hemorragia pós-parto. Para o feto, pode significar aumento do risco de asfixia ao nascer, traumas no parto, distócia de ombro, lesão de plexo braquial, convulsões neonatais e síndrome de aspiração de mecônio. A predição pré-natal acurada da macrossomia pode ajudar a otimizar o manejo clínico e reduzir os resultados adversos (Aviram *et al.,* 2017; Coomarasamy *et al.,* 2005; Faschingbauer *et al*., 2012).

O termo "PIG" refere-se ao feto com PFE ou CA abaixo do percentil 10 em determinada curva de crescimento fetal. Já "RCF ou RCIU" refere-se ao comprometimento patológico do potencial de crescimento fetal, frequentemente associado a alterações dopplervelocimétricas do fluxo feto-placentário, redução importante das dimensões fetais ou desaceleração do crescimento intrauterino, podendo inclusive ocorrer em fetos acima do percentil 10 (Lees *et al.,* 2020) .

Os fetos PIG ou com RCF apresentam risco aumentado para um conjunto de complicações neonatais, descritas por Whitham *et al.* (2023) como "morbidade perinatal composta", que pode manifestar-se clinicamente como: síndrome do desconforto respiratório,

displasia broncopulmonar, hemorragia intraventricular grau III/IV, leucomalácia periventricular, sepse com cultura de sangue positiva, enterocolite necrosante e/ou morte fetal ou neonatal.

Existe também o conceito de baixo peso ao nascer, definido pela Organização Mundial da Saúde, que se refere a qualquer RN com peso inferior a 2500 g, independentemente da IG, sendo mais utilizado nos contextos de neonatologia e pediatria.

3.7.2. Limitações das fórmulas nos extremos de peso fetal

As fórmulas comumente utilizadas para estimar o peso fetal apresentam desempenho inferior nos extremos da distribuição de peso ao nascimento, particularmente entre fetos PIG e GIG, justamente os grupos em que a precisão da estimativa possui maior relevância para a tomada de decisões obstétricas (Souka *et al.,* 2014).

Estudos comparativos demonstram que o desempenho das fórmulas pode variar conforme a faixa de peso fetal avaliada. Plonka *et al.* (2020) observaram que fetos com menos de 2500 g e com mais de 4000 g tiveram seus pesos estimados de forma mais adequada com a fórmula de Hadlock (utilizando CA, CF e DBP), enquanto os fetos com pesos dentro da faixa de normalidade tiveram melhor desempenho com a fórmula de Ott, que utilizava CA, CF e CC , indicando que a escolha da fórmula deva ser realizada de forma mais individualizada.

O impacto clínico dessa imprecisão é mais pronunciado, com maiores taxas de cesariana, nos grupos cujas estimativas apresentaram discrepância superior a 10% em relação ao peso real ao nascimento (Ma J *et al*., 2023).

3.7.3. Acurácia das fórmulas em fetos macrossômicos

A acurácia das fórmulas de estimativa de peso diminui progressivamente à medida que o peso aumenta, não havendo identificação de fórmula universalmente superior para rastreio de macrossomia. Aviram *et al.* (2017) avaliaram 20 fórmulas, agrupadas por modelos, em RN macrossômicos estratificados por faixas de peso, observando bom desempenho das fórmulas de Woo e da equação de Hadlock (baseada em CA, CF e DBP) para pesos acima de 4000 g, embora todas apresentassem redução de sensibilidade à medida que o peso aumentava. Resultados semelhantes foram observados por Sereke *et al.* (2021) e Plonka *et al.* (2020), que, ao comparar as fórmulas de Hadlock e Shepard para pesos acima de 4000g, identificaram maior precisão das equações de Hadlock nesse estrato de fetos. Song *et al.* (2022) reportou subestimação de fetos macrossômicos em 90,6% dos casos, sendo que em 54,5% os valores de subestimação foram maiores que 300 g.

A limitação das fórmulas tradicionais torna-se ainda mais evidente nos fetos macrossômicos extremos. Nenhum valor limiar de CA ou de PFE usando a equação de Hadlock teve um valor preditivo positivo maior que 35% na estimativa de bebês com peso superior a 4500 g (Smith *et al.,* 1997). Estudo de Faschingbauer *et al.* (2012), que comparou o comportamento de 10 fórmulas na estimativa de fetos macrossômicos com pesos acima de 4500 g, demonstrou que todas as fórmulas foram incapazes de estimar adequadamente esses pesos, sem que qualquer delas apresentasse desempenho superior às demais.

O impacto clínico dessa limitação é particularmente relevante, uma vez que existem recomendações de considerar cesariana profilática em casos de macrossomia extrema, acima de 4500 g em gestantes diabéticas e de 5000 g em gestantes não diabéticas (Committee on Practice Bulletins-Obstetrics). A American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) reporta baixa sensibilidade (em torno de 10-45%) das fórmulas tradicionais para o reconhecimento da macrossomia fetal, tornando a discussão sobre as limitações das fórmulas clássicas e a busca por novos métodos extremamente necessária no ambiente prático.

Diante das limitações das fórmulas tradicionais, diversos autores passaram a desenvolver modelos específicos para esse subtipo fetal. Siemer *et al*. (2008) demonstrou superioridade da fórmula de Merz para fetos maiores de 4000 g. Lalys *et al.* (2012), utilizando extrapolação da fórmula tradicional associada à IG no momento do exame e ao parto, observaram redução tanto do erro sistemático quanto do erro aleatório em fetos grandes, além de aumento da proporção de estimativas dentro de ±10% do peso real ao nascimento quando comparado ao uso isolado da fórmula de Hadlock (Quadros 3 e 4).

O desenvolvimento de fórmulas locais e peso-específicas também foi demonstrado por Souka *et al.* (2014) que observaram melhor desempenho em fetos GIG de uma população grega, com menor erro sistemático médio e maior proporção de estimativas dentro de 10% do peso ao nascer em comparação com Hadlock. Para esse perfil fetal, Plonka *et al.* (2020) também observaram melhor resultado para fórmula de Warsof 2 (que inclui CA e CF), embora, mesmo nesses modelos, a precisão se mantivesse limitada nos casos de macrossomia extrema. De forma semelhante, Faschingbauer *et al.* (2012) identificaram maior eficácia da fórmula de Hadlock baseada em CA, CF e DBP para esses fetos, com 66,1% das estimativas situadas dentro de 10% do peso real, percentual ainda considerado aquém do ideal.

Nem todas as fórmulas desenvolvidas especificamente para macrossomia apresentaram aplicabilidade clínica satisfatória. A utilização da fórmula de Porter, elaborada a partir de fetos macrossômicos, foi contraindicada na prática clínica por realizar diagnósticos de macrossomia em praticamente 100% da amostra estudada (Weiss *et al.*, 2020), com 100% de

falso positivos e 0% de especificidade, explicado por um viés de seleção na formulação do algoritmo de mensuração.

Novas equações com modelos tridimensionais têm sido testadas e comparadas às equações bidimensionais, com resultados favoráveis principalmente para fetos com peso acima de 4500 g, sendo, contudo, propostas como método de segunda linha por se tratar de técnica mais demorada e dependente da experiência do examinador (Lindell *et al,.* 2012).

Além de fórmulas específicas para perfis fetais macrossômicos, há registros de utilização de parâmetros isolados para predição de macrossomia, como a CA. Coomarasamy *et al.* (2005) observaram que o ponto de corte de 36 cm de CA apresenta desempenho semelhante ao das fórmulas de PFE para predizer macrossomia, sem diferença estatisticamente significativa entre o uso isolado da CA e a aplicação de equações de estimativa de peso. Contudo, a alta variabilidade entre observadores na aferição de CA foi responsável por uma ampla proporção de erros sistemáticos e aleatórios.

3.7.4. Acurácia das fórmulas em fetos pequenos e/ou com restrição de crescimento fetal

A RCF pode ser compreendida como a supressão do potencial genético de crescimento que ocorre em resposta à diminuição da oferta de nutrientes e oxigênio intraútero. É causa de mortalidade e morbidade perinatal significativa, justificando a preocupação constante com esse achado em US. O conceito de feto PIG gira em torno do encontro de um feto abaixo do percentil 10 em curva de crescimento. No entanto, nem todos os fetos PIG apresentam RCF, assim como nem todos os fetos com RCF encontram-se abaixo do percentil 10, tornando o diagnóstico adequado uma tarefa complexa e clinicamente relevante (Gardeil *et al.*, 1999).

Estudos comparativos demonstram melhor desempenho das fórmulas clássicas que incorporam medidas cefálicas na estimativa de fetos pequenos. Blue *et al.* (2019) observaram melhor desempenho na identificação de fetos PIG com a fórmula de Hadlock que utiliza CA, CC, CF e DBP, em comparação às equações Intergrowth-21 e de Salomon, em uma coorte retrospectiva de 831 gestações. Resultados semelhantes foram verificados por Esinler *et al.* (2015) e Siemer *et al.* (2008), com constatação de melhor desempenho das fórmulas de Hadlock com três ou quatro parâmetros fetais em fetos pequenos, sugerindo maior estabilidade dos modelos multivariados neste perfil fetal.

Nas últimas décadas, a CA passou a representar um papel importante na identificação de fetos PIG e com RCF. Em 2021, a ACOG adotou a definição de RCF que inclui fetos com PFE abaixo do percentil 10, e aqueles com uma medida isolada da CA menor que o percentil 10. (ACOG practice bulletin no. 227: Fetal...). O acréscimo da CA isolada abaixo do percentil 10 como definidor de fetos pequenos aumentou a sensibilidade para a detecção de PIG, mas diminuiu a

especificidade, embora esse acréscimo não tenha sido significativo estatisticamente (Whitham *et al.* 2023). Resultados semelhantes foram encontrados por Reboul *et al.* (2017) que observaram vantagens da utilização da CA em relação ao PFE na identificação de fetos PIG.

No contexto da estimativa do peso fetal em casos de PIG, Lalys *et al*. (2012) propuseram um modelo de regressão preditivo baseado na extrapolação da fórmula de Hadlock, utilizando pontos de corte para identificação de fetos com peso ≤2800 g. O modelo foi construído a partir de medidas ultrassonográficas obtidas previamente ao parto e incluiu a IG no momento do exame e a IG ao parto , com o objetivo de minimizar o viés inerente à extrapolação linear do crescimento fetal nos extremos inferiores da curva. A aplicação dessa abordagem resultou em melhora do desempenho preditivo, com redução do viés e da variabilidade do erro na estimativa do peso ao nascer, evidenciada por redução de erro sistemático médio e aumento da proporção de estimativas dentro de 10%.

Resultados semelhantes foram observados no estudo grego de Souka *et al.* (2014), onde a formulação de modelo para fetos PIG na população estudada mostrou superioridade em relação ao uso da fórmula de Hadlock, com erro sistemático médio significativamente mais baixo e aumento na fração de detecção de pesos dentro de 10%. Outro estudo mostrou superioridade com a fórmula de Combs nos fetos PIG em comparação com outras fórmulas clássicas (Plonka *et al.,* 2020).

Além da escolha da fórmula mais adequada, o momento do rastreio também influencia no desempenho diagnóstico. Recentemente foi publicado estudo de Adjahou *et al.* (2025) que mostra que o rastreio de fetos pequenos entre 35 e 36+ 6 semanas obteve melhor desempenho preditivo que o rastreio feito no início do terceiro trimestre.

3.8. Fatores que influenciam na estimativa do peso fetal ultrassonográfico

Além dos fatores inerentes limitantes das fórmulas biométricas, fatores maternos, fetais e técnicos podem influenciar a precisão e acurácia das estimativas de peso fetal. Contudo, estudos sugerem que apenas pequena parcela dos erros sistemáticos das fórmulas pode ser atribuída diretamente a variáveis maternas ou fetais, sendo essa discrepância em grande parte atribuída aos próprios limites dos modelos biométricos e a fatores técnicos envolvidos na obtenção das medidas ultrassonográficas (Barel *et al*., 2014).

3.8.1. Fatores maternos

Há necessidade de se levar em consideração as variáveis maternas nas aferições propostas, uma vez que múltiplos fatores parecem influenciar alterações de crescimento fetal,

incluindo índice de massa corpóreo (IMC) materno, DM , síndromes hipertensivas, desnutrição, renda familiar, tabagismo, assistência perinatal, antecedentes obstétricos, entre outros (Adjahou *et al.,* 2025).

O aumento da prevalência de obesidade materna possui impacto na prática obstétrica, uma vez que gestantes obesas têm maior risco de fetos com peso elevado ao nascimento (Manzanares *et al.,* 2020; Paganelli *et al.,* 2016; Tanvig *et al.,* 2013). Do ponto de vista técnico, a realização de exames ultrassonográficos em gestantes obesas influencia negativamente na qualidade das imagens (Milner e Arezina, 2018), explicado pelo aumento da distância entre o transdutor e o objeto alvo, com consequente diminuição da resolução da imagem devido à atenuação acústica (Ricci *et al.*, 2011).

Apesar das limitações técnicas descritas em gestantes com obesidade, os resultados em literatura permanecem controversos quanto ao impacto real do IMC materno em relação à predição do peso ao nascer. Enquanto Manzanares *et al.* (2020) não observaram redução significativa da acurácia da estimativa de peso em gestantes obesas, Siskovicova *et al.* (2023) encontraram diminuição da acurácia das estimativas de peso quando o IMC materno era acima de 30 kg/m². Barel *et al.* (2014) e Benson-Cooper *et al.* (2021) demonstraram tendência à subestimação de peso fetal com uso de fórmula de Hadlock, Combs e Sabbagha quanto maior o IMC materno. Além disso, Paganelli *et al.* (2016) observaram que, em gestantes com IMC elevado (≥ 25 kg/m²), havia deterioração progressiva da acurácia à medida que aumentava o intervalo entre o exame e o parto, sugerindo benefício na realização da US o mais próximo possível do nascimento neste grupo.

Embora se reconheça a influência do IMC materno na estimativa de peso fetal, a inclusão do peso ou IMC na construção de fórmulas específicas não mostrou maior eficácia preditiva (Souka *et al.,* 2014).

Em relação à idade materna, os resultados da literatura são conflitantes. Siskovicova *et al.* (2023) observaram redução da acurácia das estimativas em gestantes com idade superior a 33 anos. De forma semelhante, Barel *et al.* (2014) e Benson-Cooper *et al.* (2021) identificaram maior probabilidade de superestimação ou subestimação do peso fetal à medida que a idade materna aumentava. Entretanto, outros estudos não demonstraram influência significativa da idade materna sobre a precisão das estimativas ultrassonográficas de peso fetal.

A desnutrição materna na gravidez e o baixo peso no nascimento associam-se a maior risco de doenças cardiovasculares na vida adulta (Roseboom *et al.*, 2006; Barker *et al.*, 1989). Além disso, fatores socioeconômicos parecem influenciar o crescimento fetal e as medidas biométricas neonatais. Lambert *et al.* (2020) observaram diferenças nas medidas abdominais neonatais conforme renda familiar e características étnico-raciais maternas, sugerindo possível

associação do estado nutricional materno sobre o desenvolvimento fetal. Da mesma forma, o tabagismo materno associa-se à diminuição do PFE e da CA ao nascer (Tanvig *et al.,* 2013).

O DM é uma condição médica relativamente frequente na gestação e afeta o padrão de crescimento fetal, aumentando o risco de macrossomia e adiposidade fetal aumentada. Essas gestações são, em geral, acompanhadas com maior frequência no terceiro trimestre, tornando a acurácia da estimativa de peso fetal particularmente relevante neste grupo de pacientes (Nash *et al.,* 2020).

A exatidão do exame de US realizado em IG distante do nascimento para fim de previsão do peso de nascimento pode ser influenciada pelo controle glicêmico materno. O controle glicêmico inadequado está associado a uma taxa aumentada de crescimento fetal, o que leva à subestimação do peso real ao nascer. Por outro lado, o controle glicêmico ideal ao longo do terceiro trimestre pode desacelerar a taxa de crescimento fetal e resultar em superestimação do peso ao nascer. Logo, o controle glicêmico pode influenciar na previsibilidade do crescimento fetal, tornando as aferições nesse perfil fetal mais sujeitas a erros, principalmente quando os exames são realizados muito antes do termo (Nash *et al.,* 2020).

Adicionalmente, bebês de mães com DM frequentemente apresentam adiposidade aumentada (HAPO Study Cooperative Research Group, 2009), e os RN GIG nascidos dessas mães têm predisposição à síndrome metabólica de início precoce (Boney *et al*., 2005).

3.8.2. Fatores fetais

Características fetais específicas também podem influenciar a precisão das estimativas ultrassonográficas do peso fetal. Variáveis relacionadas ao sexo fetal, apresentação, biometria corporal, líquido amniótico e posicionamento fetal foram avaliadas em diferentes estudos como potenciais fatores associados à variabilidade das estimativas biométricas.

Diferenças relacionadas ao sexo fetal parecem influenciar tanto o crescimento fetal quanto o desempenho das fórmulas de estimativa de peso. Os RN do sexo masculino apresentaram peso ao nascer significativamente maior quando comparados aos do sexo feminino, principalmente devido ao aumento da massa adiposa (Catalano *et al.,* 1995).

As fórmulas tradicionais foram desenvolvidas sem considerar o sexo fetal, o que pode configurar uma limitação. Schild *et al.* (2004) demonstraram que as distinções biológicas entre fetos masculinos e femininos podem ser pertinentes na determinação do peso fetal e que o desenvolvimento e o emprego de equações específicas por sexo podem otimizar a estimativa do peso.

Estudos constataram que a utilização de equações sexo-específicas diminuíram erros sistemáticos. A fórmula de regressão de Schild, sexo-específica, demonstrou melhor

desempenho para fetos entre 2500 g e 3999 g em artigo de Siemer *et al.* (2008), enquanto Melamed *et al.* (2012) demonstrou melhor acurácia global com fórmulas sexo-específica. Souka *et al.* (2014) observaram melhor desempenho destas fórmulas exclusivamente para fetos masculinos quando comparadas às fórmulas usuais.

Adicionalmente, o sexo fetal pode influenciar o comportamento de algumas fórmulas de estimativa de peso. Barel *et al*. (2014) observaram tendências sistemáticas distintas entre os sexos, sugerindo que determinadas equações podem superestimar o peso de fetos femininos e subestimar o de fetos masculinos.

O impacto clínico dessas diferenças também foi demonstrado por Monier *et al.* (2022), que observaram maior diferença do peso médio de RN masculinos (140 g) e menor detecção de fetos PIG quando utilizados referenciais unissex. Além disso, os RN masculinos apresentaram maior risco de serem PIG com morbidade perinatal. Em contrapartida, outros estudos não confirmaram diferenças significativas na precisão global conforme o sexo fetal (Marien *et al.,* 2021; Siskovicova *et al.,* 2023).

Há controvérsias no que tange à apresentação fetal não-cefálica como fator de confusão na estimativa de peso. A cabeça do feto em apresentação pélvica costuma apresentar formato dolicocéfalo (DOF desproporcionalmente grande em relação ao DBP), fato que poderia impactar essas diferenças nos algoritmos, como demonstrado por Shmueli *et al.* (2017), com resultados de maiores estimativas de peso dentro de 10% para fetos cefálicos do que para fetos pélvicos. Porém esses achados não foram encontrados em grande parte dos estudos (Ricci *et al.,* 2011; Marien *et al.*, 2021; Siskovicova *et al.,* 2023; Barel *et al.,* 2014; Dammer *et al.,* 2013). Ademais, Dammer *et al.* (2013) e Shmueli *et al.* (2017) mostraram que as fórmulas que utilizam três ou quatro parâmetros foram melhores para estimar os pesos de fetos em apresentação pélvica.

A quantidade de líquido amniótico apresenta resultados conflitantes na literatura, sendo que a maior parte dos autores não encontrou diferenças importantes entre as US realizadas em gestações com oligodramnia ou normodramnia. Haveria uma hipótese de que a diminuição do LA poderia causar compressão da CA e induzir o avaliador a realizar medidas menores, porém essa premissa não foi confirmada na literatura (Ricci *et al.,* 2011). Posteriormente, Barel *et al.* (2014) constataram uma associação com superestimativas de peso fetal nos casos de oligodrâmnio e subestimativas nos casos de polidrâmnio.

3.8.3. Fatores técnicos e metodológicos

Fatores técnicos e metodológicos relacionados à obtenção das medidas biométricas também influenciam a precisão das estimativas ultrassonográficas do peso fetal. Entre os principais fatores descritos na literatura destacam-se a experiência do examinador, a qualidade das imagens obtidas, a escolha da fórmula utilizada e o intervalo entre a realização do exame e o nascimento.

As principais fontes de imprecisão incluíram dificuldades em obter medições fetais adequadas, principalmente no final da gestação, além de fatores operador-dependentes como experiência do examinador, treinamento insuficiente e ausência de auditorias sistemáticas de qualidade (Milner e Arezina, 2018). Os melhores desempenhos de estimativas são os realizados por examinadores experientes quando comparados a profissionais em treinamento (Siemer *et al.*, 2008; Barel *et al.*, 2014).

Ricci *et al.* (2011), avaliando fatores que interferem na acurácia da estimativa de peso fetal com US realizadas apenas por avaliadores experientes, obtiverem alto valor de coeficiente intraclasse e baixa variabilidade entre observadores, comparadas com US no início da curva de aprendizagem, sugerindo que parte importante da variabilidade das estimativas pode ser minimizada pela experiência do examinador. Os autores também reportaram que, quando o avaliador tem uma percepção subjetiva de baixa qualidade de imagem, de fato a delimitação adequada das estruturas fetais é prejudicada, com consequente queda de desempenho das estimativas ultrassonográficas, embora o avanço tecnológico e softwares de processamento de imagem pareçam contribuir para melhora progressiva da qualidade dos exames de US.

Em relação a quantidade de medidas biométricas realizadas, Sheiman *et al.* (2024) descreveram que a média de medidas duplicadas apresentou desempenho melhor que as medidas únicas, sendo a CA o principal parâmetro beneficiado pelas múltiplas medidas.

O intervalo entre o exame e o parto é um importante fator no que tange à avaliação de acurácia de fórmulas, com melhor desempenho quando realizadas em até 7 dias antes do nascimento, evidenciando que parte do erro observado decorre do crescimento fetal intercorrente e não exclusivamente da fórmula utilizada (Faschingbauer *et al*., 2016; Siskovicova *et al.,* 2023).

Nash *et al.* (2020) testaram a acurácia de US realizadas em gestantes diabéticas, categorizadas por subgrupos de IG, com resultados que confirmaram a maior acurácia dos exames realizados com 38 semanas. Da mesma forma, Reboul *et al.* (2017) demonstraram que quanto mais próximo ao termo é realizado o rastreio ultrassonográfico, melhor a estimativa de peso ao nascer.

A estimativa de peso intraparto é realizada em condições diferentes das que antecedem remotamente ao parto, tanto pelas condições maternas (dor, dificuldade de posicionamento) quanto pelas fetais (insinuação da cabeça fetal na pelve, distorção da CA fetal, posição posterior dos fêmures, sombra acústica provocada pelo osso púbico da mãe, diminuição da quantidade de líquido amniótico), fatores que tornam sua realização desafiadora. Com a aproximação do parto, a cabeça fetal desce para a pelve materna levando a medições imprecisas do DBP, DOF e CC, gerando possibilidade de subestimação com o uso de fórmulas que utilizam essas medidas (Faschingbauer *et al*., 2015).

Estudo alemão retrospectivo analisou o comportamento de fórmulas em gestações únicas, concluindo que a fórmula de Hadlock baseada em CA, DBP e CF apresentou melhor desempenho relativo em situações intraparto (Faschingbauer *et al.,* 2016). Todas as fórmulas que incluíam aferições de cabeça fetal apresentaram subestimação sistemática do peso fetal, enquanto as fórmulas que não incluíam medida de fêmur, mostraram uma superestimação sistemática, quando utilizadas no dia do parto. Fórmulas simplificadas como a de Hadlock que utiliza apenas a CA, não apresentaram desempenho melhor no cenário intraparto, a despeito da expectativa teórica da menor influência das dificuldades técnicas relacionadas às medidas da cabeça fetal (Faschingbauer *et al.,* 2015).

3.9. Novas abordagens na estimativa de peso fetal

3.9.1. Limitação dos parâmetros biométricos tradicionais e novas abordagens antropométricas

A maioria dos modelos de previsão do peso fetal supervaloriza parâmetros esqueléticos, como o DBP, a CC e a CF. Embora a maioria dos cálculos do PFE também incluam a CA, esta medida de crescimento bidimensional (2D) é majoritariamente determinada pelo tamanho do fígado e por uma pequena camada de gordura subcutânea. Consequentemente, as estimativas ultrassonográficas de peso baseiam-se, em grande parte, em medidas ósseas, o que não fornece informações completas sobre o estado nutricional fetal (Lee, 2021).

Para enfatizar a importância dos novos parâmetros antropométricos fetais, em oposição à avaliação convencional do PFE, alguns autores demonstraram que mesmo fetos classificados como AIG poderiam apresentar RCF, o que estaria associado a um aumento de complicações metabólicas, como mencionado por Chard *et al.* (1992) e Danielian *et al.* (1992). Apesar do fato de que RN PIG apresentam risco aumentado para resultados adversos, grande parte desses eventos ocorre em bebês fora desse subgrupo. Consequentemente, o valor

preditivo do status de PIG para resultados perinatais adversos é muito baixo (Mikolajczyk *et al.* 2011).

Diante dessas limitações, diversos autores passaram a investigar alternativas antropométricas capazes de representar mais assertivamente a composição corporal fetal. Em 1985, Jeanty e colaboradores publicaram artigo sobre o uso de volume dos membros fetais como novo parâmetro para avaliar crescimento. Os volumes do braço ou da perna foram estimados baseando-se nos perímetros dos membros, apresentando forte correlação com a IG. No entanto, as tentativas de quantificar a gordura subcutânea foram pouco preditivas do estado de crescimento devido à grande variabilidade das aferições e à dificuldade técnica inerente à mensuração de estruturas de pequenas dimensões.

Uma abordagem distinta foi proposta por Souka *et al.* (2014), ao desenvolver uma fórmula combinada que integra parâmetros biométricos tradicionais a características fetais e índices Doppler, com o objetivo de capturar não apenas o tamanho fetal, mas também aspectos funcionais relacionados à adaptação placentária.

3.9.2. Composição corporal fetal e adiposidade como marcadores de risco

Estudos populacionais reforçam que o peso ao nascimento não reflete necessariamente a composição corporal e o estado metabólico subsequente. Hediger *et al.* (1998), avaliando bebês e crianças pequenas nos Estados Unidos, demonstraram que indivíduos classificados como PIG ao nascimento apresentaram maior porcentagem de gordura corporal em comparação aos GIG. Resultados semelhantes foram descritos por Catalano *et al.* (2009), sugerindo que parâmetros relacionados à adiposidade neonatal podem ser marcadores mais específicos de risco futuro de síndrome metabólica do que o peso isoladamente.

Além disso, os determinantes da composição corporal neonatal parecem atuar de forma distinta sobre os diferentes compartimentos corporais. Enquanto sexo fetal e IG apresentam correlação mais forte com a massa magra, fatores maternos como paridade, ganho de peso na gestação ou DM se associam ao conteúdo de gordura neonatal, sugerindo que fatores genéticos e ambientais possam modular diferentemente o crescimento fetal (Catalano *et al.,* 1995; Rohl *et al.,* 2001; Sena *et al.,* 2020). Portanto, embora a massa gorda neonatal represente apenas 14% do peso ao nascimento, ela é responsável por 46% da variabilidade no peso ao nascer, indicando que pequenas diferenças de adiposidade fetal podem influenciar substancialmente o peso neonatal (Chen *et al.*, 2018; Catalano *et al.*, 1992). Em contraste, o índice ponderal explica apenas 22% da variação do peso ao nascer e correlaciona-se fracamente

com o percentual de gordura corporal, sugerindo que medidas antropométricas tradicionais podem não refletir a real composição corporal fetal (Catalano *et al*., 1992).

A adiposidade fetal representa papel fundamental no apoio às necessidades metabólicas do embrião e do feto em desenvolvimento. Os fetos e RNs humanos estão entre os mamíferos com maiores quantidades de gordura corporal, fato explicado pelo alto consumo energético cerebral. Adicionalmente, postula-se que a deposição de gordura na vida intrauterina funciona como mecanismo de proteção durante o período de transição que ocorre entre o nascimento e a lactação estabelecida (Lee, 2021). Ademais, há evidências de que o cérebro infantil requer aproximadamente metade das necessidades energéticas totais, e os corpos cetônicos derivados do tecido adiposo podem fornecer um quarto desta necessidade (Kuzawa *et al*., 2014; Bougneres *et al.*, 1986).

RNs com menor percentual de gordura corporal apresentam maior risco de hipoglicemia e de morbidade neonatal precoce (Shaw *et al*., 2019). RNs PIG, em particular, têm percentual de gordura corporal inferior ao de bebês AIG (Kuriyan *et al.*, 2020). Por outro lado, a maior gordura corporal neonatal associa-se tanto à maior adiposidade na infância (Catalano *et al.,* 2009) quanto à maior frequência de cesariana intraparto em nulíparas (Hehir *et al*., 2019).

O PFE obtido pelos métodos tradicionais, no entanto, não permite estimar os compartimentos de massa magra ou massa gorda, apresentando uma associação modesta com a adiposidade do RN (Moyer-Mileur *et al.*, 2009). Uma possível explicação para menor acurácia observada nos extremos de peso fetal é justamente a dificuldade das fórmulas tradicionais em refletir as diferenças de composição corporal. No entanto, poucos estudos incorporaram medidas de massa gorda fetal ou massa magra em fórmulas que estimam o peso fetal.

3.9.3. Espessura da gordura subcutânea e parede abdominal fetal

A espessura da parede abdominal anterior fetal (EPAAF) e a gordura subcutânea (SF) passaram a ser estudadas como marcadores ultrassonográficos indiretos da adiposidade fetal (Figura 5). Diferentemente dos parâmetros biométricos tradicionais, essas medidas procuram refletir alterações da composição corporal fetal, particularmente em gestações complicadas por DM e desvios de crescimento fetal.

As primeiras aplicações clínicas dessas medidas ocorreram em gestações complicadas por DM. Rigano *et al.* (2000) haviam utilizado a EPAAF como critério de controle de tratamento em fetos de mães diabéticas, reportando uma diminuição desta medida com o uso de dieta e insulina. Em 2016, Aksoy *et al.*, avaliando fetos de gestantes com DMG, observaram que, enquanto os parâmetros tradicionais de medidas ultrassonográficas não diferiram entre os fetos

de mães diabéticas e não diabéticas, os fetos de mães diabéticas apresentaram medidas de EPAAF maiores, sugerindo que alterações da adiposidade fetal podem preceder mudanças detectáveis pela biometria convencional. Posteriormente, Seth *et al.* (2023) encontraram que valores de EPAAF superiores a 1,35 mm em fetos com 18-20 semanas estão associados a um risco significativamente aumentado de DMG.

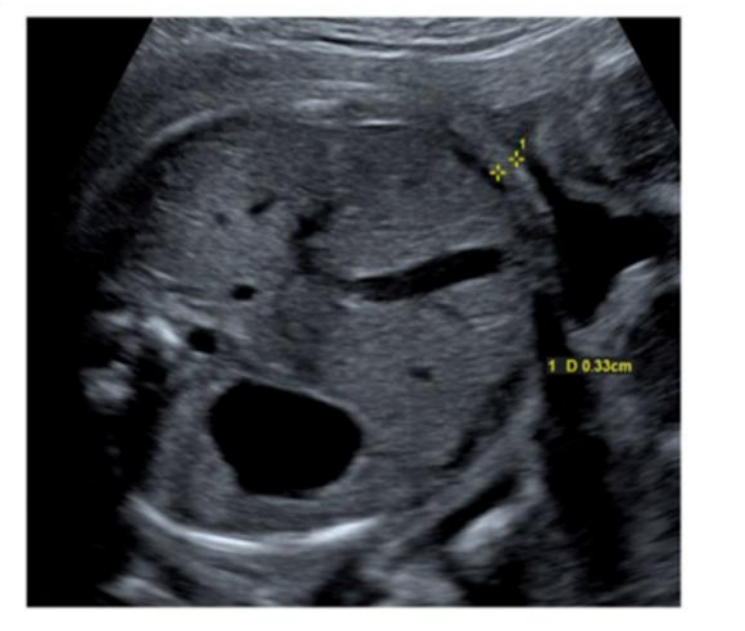
Além das gestações de mães diabéticas, essas medidas passaram a ser avaliadas como marcadores dos extremos de crescimento fetal. Madendag *et al.* (2022) realizaram essas medições em fetos entre 26 e 28 semanas de IG e observaram que os fetos PIG ao nascer apresentaram aferições menores, enquanto fetos GIG apresentaram aferições maiores, quando comparados com fetos AIG. De forma semelhante, Gardeil *et al.* (1999) e Skinner *et al.* (2001) relataram que fetos com espessuras de SF inferiores a 5 mm apresentaram pesos abaixo do percentil 10 com maior frequência que os fetos com SF superior a 5 mm e maior incidência de morbidades neonatais, incluindo aspiração de mecônio, hipoglicemia, hipotermia, dificuldades na amamentação e icterícia. Em sentido oposto, estudos que utilizaram SF acima de 11 mm para rastreamento de macrossomia demonstraram elevada capacidade discriminatória, com áreas sob a curva próximas de 0,90 (Maruotti *et al.,* 2017).

Mais recentemente, Rauh *et al.* (2024) compararam a utilização da SF com a fórmula de Hadlock em gestantes diabéticas, observando correlação moderada da gordura subcutânea fetal com macrossomia. Apesar da superioridade da fórmula de Hadlock na predição de macrossomia, foi identificado ponto de corte de 7,1 mm para predição de fetos GIG, com sensibilidade de 61%, especificidade de 85% e AUC de 0,748, sugerindo potencial utilidade clínica complementar dessas medidas.

Apesar do potencial clínico dessas medidas, aferições de magnitude milimétrica como as que envolvem o tecido gorduroso subcutâneo fetal podem apresentar grande variabilidade interobservador e serem muito sensíveis às variações de posicionamentos fetais, sombreamento e aos movimentos fetais, fatores que podem comprometer sua reprodutibilidade e limitar sua incorporação à prática rotineira (Lee, 2021). Em revisão sistemática recente, Lerma-Puertas *et. al* (2025) identificaram ampla heterogeneidade metodológica entre os estudos, com diferenças na técnica de obtenção das medidas, escassez de avaliações de reprodutibilidade, poucas validações externas e limitada padronização dos protocolos de pesquisa.

Recentemente, Rodríguez Mancilla *et al.* (2025) desenvolveram curvas de referência para a espessura do tecido adiposo subcutâneo abdominal fetal, especificamente EPAAF, entre 20 e 40 semanas de gestação, demonstrando correlação da medida com a IG e com o PFE,

reforçando seu potencial como marcador complementar de crescimento e composição fetal (Maternidad “Concepción Palacios”, Caracas/ Venezuela).



Adaptado de Aksoy et al. (2016)

Figura 5. Técnica de mensuração da espessura da parede abdominal anterior fetal (EPAAF), realizada em corte transversal do abdome fetal ao nível da circunferência abdominal.

3.9.4. Gordura visceral fetal e proposta da fórmula de Köşüş

O crescente interesse pela composição corporal fetal estimulou a investigação de novos parâmetros ultrassonográficos capazes de refletir de forma mais direta o estado nutricional fetal. Nesse contexto, medidas relacionadas à adiposidade abdominal passaram a ser estudadas como potenciais ferramentas complementares às fórmulas biométricas tradicionais de estimativa de peso fetal.

Alguns estudos têm explorado o valor das medições do tecido subcutâneo na previsão do crescimento fetal anormal (Petrikovsky *et al.*, 1997; Gardeil *et al*., 1999; Higgins *et al*., 2008; Köşüş e Köşüş, 2019). No entanto, não foram identificados estudos que avaliassem de forma específica a mensuração ultrassonográfica do tecido adiposo visceral fetal como parâmetro independente de estimativa do peso fetal.

Nesse contexto, Köşüş e Köşüş (2019) propuseram uma abordagem inovadora ao operacionalizar, por meio de US bidimensional, a avaliação dos compartimentos adiposos fetal profundo e superficial (Figura 6). Em estudo preliminar conduzido com 100 RNs a termo, nos quais a estimativa do peso fetal foi realizada até 7 dias antes do parto, os autores identificaram que a CA, o TAV e a espessura do SF foram os parâmetros ultrassonográficos mais relevantes para a predição do peso ao nascimento.

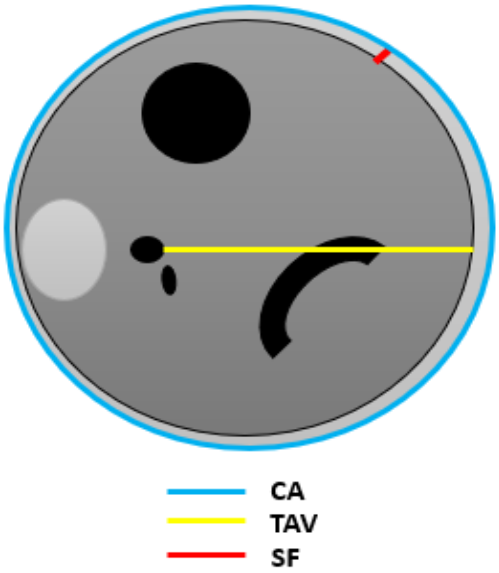
A partir desses achados, foi desenvolvida uma nova fórmula para PFE utilizando exclusivamente CA, TAV e SF. A fórmula foi testada e comparada com outros algoritmos de previsão biométrica fetal, especialmente com a fórmula Hadlock (utilizando CA, CF e DPB). Os resultados mostraram que 95% de todas as estimativas de peso fetal pela nova fórmula estavam dentro de 10% do peso real ao nascer, em comparação com 92% pela fórmula Hadlock 3. A nova fórmula previu o peso médio ao nascer com uma diferença de 5,8%, em comparação com 6% da fórmula Hadlock, o que torna as fórmulas similares em termos de precisão. A diferença média entre o PFE e o peso ao nascer foi de 197,4 g com a nova fórmula, representando a menor discrepância em relação ao peso real quando comparada a outras fórmulas, incluindo a Hadlock (209,7 g).

Além da estimativa de peso fetal, os autores avaliaram o potencial dos parâmetros de adiposidade para predição de macrossomia. Fetos com peso ao nascimento superior a 4000 g apresentaram medidas significativamente maiores de TAV e SF, embora apenas o TAV tenha demonstrado diferença estatisticamente significativa. Para a predição de macrossomia, observou-se que um ponto de corte de 72,75 mm para o TAV apresentou sensibilidade e especificidade de 100%; para a CA, o ponto de corte de 356 mm apresentou sensibilidade de 100% e especificidade de 84,6%; e para o SF, o ponto de corte de 7,9 mm apresentou sensibilidade de 66,7% e especificidade de 88,9%. Com base nesses achados, TAV e CA foram considerados bons preditores de macrossomia.

Apesar dos resultados promissores, os autores destacaram limitações importantes, especialmente o reduzido número de fetos macrossômicos avaliados (n=9), o que restringe a robustez das estimativas e exige cautela na interpretação. Ademais, a nova fórmula que incorpora medidas de SF e TAV ainda carece de validação externa, não havendo, até o momento, estudos que confirmem seu desempenho em outras populações.

Adicionalmente, os autores não avaliaram o desempenho da equação em situações clínicas potencialmente desafiadoras, como gestantes em trabalho de parto ativo ou com membranas rotas, fetos em apresentação pélvica ou situação transversa, e casos de polidrâmnio ou oligoidrâmnio. Também não foram incluídas gestantes com DM ou hipertensão, além de algumas gestantes com obesidade nas quais as medidas não puderam ser obtidas

adequadamente, o que pode limitar a aplicabilidade da equação. Ademais, todas as mensurações foram realizadas por um único ultrassonografista, restringindo a avaliação da variabilidade interobservador. O estudo de Köşüş *et al.* (2019) representa uma prova inicial de conceito da mensuração ultrassonográfica do tecido adiposo visceral fetal, embora suas limitações metodológicas impeçam a extrapolação clínica dos achados, justificando a realização de estudos adicionais para confirmação de sua aplicabilidade clínica.



Fonte: elaborado pela autora

Figura 6. Representação esquemática da técnica de mensuração da circunferência abdominal (CA), do tecido adiposo visceral fetal (TAV) e da espessura da gordura subcutânea fetal (SF) em corte transversal do abdome fetal.

JUSTIFICATIVA

A melhora da precisão e da acurácia de fórmulas para estimar o peso fetal pode diminuir intervenções desnecessárias quando o feto está dentro do padrão de crescimento para a idade gestacional e pode auxiliar na identificação dos fetos que estão acima ou abaixo na curva de crescimento, proporcionando adequada indicação de monitorização fetal, via de parto ou de intervenções obstétricas necessárias.

O estudo do tecido gorduroso fetal pode fornecer informações sobre a saúde e o desenvolvimento do feto, bem como sobre o prognóstico da gestação.

Algumas das justificativas para realização de mensurações de tecido gorduroso fetal incluem: aprimorar a estimativa de peso fetal, auxiliar no diagnóstico de RCF e macrossomia e, assim, identificar fetos em risco de morbidade neonatal, orientar intervenções obstétricas e prognosticar complicações metabólicas futuras.

HIPÓTESES

Hipótese nula

O peso fetal estimado obtido através da fórmula com inclusão dos parâmetros TAV e SF não apresenta diferença na predição do peso ao nascimento quando comparado ao peso fetal estimado obtido através da fórmula padrão de Hadlock.

A predição de macrossomia não é aprimorada com as aferições isoladas de parâmetros relacionados à adiposidade fetal (CA, TAV e SF).

Hipótese alternativa

O peso fetal estimado obtido através da fórmula com inclusão dos parâmetros TAV e SF é mais preciso na predição do peso ao nascimento quando comparado ao peso fetal estimado obtido através da fórmula padrão de Hadlock , com expectativa de que as estimativas de peso fetal fiquem dentro de 10% do peso real ao nascimento em mais de 90% dos fetos incluídos.

A predição de macrossomia é aprimorada com as aferições isoladas de parâmetros relacionados à adiposidade fetal (CA, TAV e SF).

OBJETIVOS

Principal

- Comparar a precisão e acurácia do peso fetal estimado pela fórmula padrão de Hadlock com a precisão e acurácia do peso fetal estimado pelo algoritmo descrito por Köşüş (2019) com inclusão de gordura subcutânea abdominal (SF) e tecido adiposo visceral (TAV), na predição do peso ao nascimento.

Secundários

- Avaliar o desempenho das fórmulas de Hadlock e Köşüş nos diferentes subgrupos de crescimento fetal (PIG, AIG e GIG).
- Comparar a variabilidade intraobservador e interobservador na estimativa de peso fetal pré-parto calculada pela fórmula de Hadlock e pelo algoritmo incluindo SF e TAV.
- Avaliar a capacidade de predição de macrossomia utilizando marcadores de adiposidade abdominal fetal como CA, TAV e SF.

REFERÊNCIAS

1. Abramowicz JS, Robischon K, Cox C. Incorporating sonographic cheek-to-cheek diameter, biparietal diameter and abdominal circumference improves weight estimation in the macrosomic fetus. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 1997 June;9(6):409–13. Available from: http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-0705.1997.09060409.x
2. Abramowicz JS, Rana S, Abramowicz S. Fetal cheek-to-cheek diameter in the prediction of mode of delivery. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 2005 Apr;192(4):1205–11; discussion 1211-3. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2005.01.008
3. Abramowicz JS, Sherer DM, Woods JR Jr. Ultrasonographic measurement of cheek-to-cheek diameter in fetal growth disturbances. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1993 Aug;169(2 Pt 1):405–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/0002-9378(93)90097-3
4. ACOG practice bulletin no. 227: Fetal growth restriction: Correction. Obstet Gynecol [Internet]. 2021 Apr 1;137(4):754. Available from: http://dx.doi.org/10.1097/AOG.0000000000004350
5. Adjahou S, Syngelaki A, Nanda M, Papavasileiou D, Akolekar R, Nicolaides KH. Routine 36-week scan: Prediction of small-for-gestational-age neonate. Obstet Gynecol Surv [Internet]. 2025 July;80(7):395–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1097/ogx.0000000000001421
6. Aksoy H, Aksoy Ü, Yücel B, Saygi Özyurt S, Aydın T, Alparslan Babayiğit M. Fetal anterior abdominal wall thickness may be an early ultrasonographic sign of gestational diabetes mellitus. J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2016;29(12):2028–32. Available from: http://dx.doi.org/10.3109/14767058.2015.1072164
7. Arechvo A, Demertzidou E, Adjahou S, Syngelaki A, Magee LA, von Dadelszen P, *et al*. Routine 36-week scan: prediction of prolonged neonatal intensive care unit admission. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2025 Sept;66(3):298–306. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.29267
8. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, *et al*. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized

tomography. Int J Obes Relat Metab Disord [Internet]. 1993 Apr;17(4):209–14. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8387970

9. Aviram A, Yogev Y, Ashwal E, Hiersch L, Danon D, Hadar E, et al. Different formulas, different thresholds, and different performance—the prediction of macrosomia by ultrasound. J Perinatol [Internet]. 2017 Dec;37(12):1285–91. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/jp.2017.134
10. Barel O, Maymon R, Vaknin Z, Tovbin J, Smorgick N. Sonographic fetal weight estimation - is there more to it than just fetal measurements? Prenat Diagn [Internet]. 2014 Jan;34(1):50–5. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/pd.4250
11. Barker DJ, Winter PD, Osmond C, Margetts B, Simmonds SJ. Weight in infancy and death from ischaemic heart disease. Lancet [Internet]. 1989 Sept 9;2(8663):577–80. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(89)90710-1
12. Benson-Cooper S, Tarr GP, Kelly J, Bergin CJ. Accuracy of ultrasound in estimating fetal weight in New Zealand. Australas J Ultrasound Med [Internet]. 2021 Feb;24(1):13–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/ajum.12239
13. Bernstein IM, Goran MI, Amini SB, Catalano PM. Differential growth of fetal tissues during the second half of pregnancy. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1997 Jan;176(1 Pt 1):28–32. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9378(97)80006-3
14. Blue NR, Savabi M, Beddow ME, Katukuri VR, Fritts CM, Izquierdo LA, et al. The Hadlock method is superior to newer methods for the prediction of the birth weight percentile. J Ultrasound Med [Internet]. 2019 Mar;38(3):587–96. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/jum.14725
15. Boney CM, Verma A, Tucker R, Vohr BR. Fetal programming, and risk of metabolic syndrome:Prevention efforts for high-risk populations: In reply. Pediatrics [Internet]. 2005 Aug 1;116(2):519–20. Available from: http://dx.doi.org/10.1542/peds.2005-0997
16. Bougneres PF, Lemmel C, Ferré P, Bier DM. Ketone body transport in the human neonate and infant. J Clin Invest [Internet]. 1986 Jan;77(1):42–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1172/JCI112299
17. Campbell S, Wilkin D. Ultrasonic measurement of fetal abdomen circumference in the estimation of fetal weight. Br J Obstet Gynaecol [Internet]. 1975 Sept; 82(9):689–97. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0528.1975.tb00708.x
18. Catalano PM, Drago NM, Amini SB. Factors affecting fetal growth and body composition. Am J Obstet Gynecol. 1995; 172:1459–63.

19. Catalano PM, Tyzbir ED, Allen SR, McBean JH, McAuliffe TL. Evaluation of fetal growth by estimation of neonatal body composition. Obstet Gynecol [Internet]. 1992Jan;79(1):4650. Available from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1727584
20. Catalano PM, Farrell K, Thomas A, Huston-Presley L, Mencin P, de Mouzon SH, *et al*. Perinatal risk factors for childhood obesity and metabolic dysregulation. Am J Clin Nutr [Internet]. 2009 Nov;90(5):1303–13. Available from: http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.2008.27416
21. Chang TC, Robson SC, Boys RJ, Spencer JA. Prediction of the small for gestational age infant: which ultrasonic measurement is best? Obstet Gynecol [Internet]. 1992 Dec;80(6):1030–8. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1448248
22. Chard T, Costeloe K, Leaf A. Evidence of growth retardation in neonates of apparently normal weight. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 1992 June;45(1):59–62. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/0028-2243(92)90194-4
23. Chen L-W, Tint M-T, Fortier MV, Aris IM, Shek LP-C, Tan KH, *et al.* Which anthropometric measures best reflect neonatal adiposity? Int J Obes (Lond) [Internet]. 2018 Mar;42(3):501–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/ijo.2017.250
24. Colman A, Maharaj D, Hutton J, Tuohy J. Reliability of ultrasound estimation of fetal weight in term singleton pregnancies. N Z Med J [Internet]. 2006 Sept 8;119(1241):U2146. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16964298
25. Combs CA, Jaekle RK, Rosenn B, Pope M, Miodovnik M, Siddiqi TA. Sonographic estimation of fetal weight based on a model of fetal volume. Obstet Gynecol [Internet]. 1993 Sept;82(3):365–70. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8355935
26. Committee on Practice Bulletins-Obstetrics. Macrosomia: ACOG practice bulletin, number 216. Obstet Gynecol [Internet]. 2020 Jan; 135(1): e18–35. Available from: http://dx.doi.org/10.1097/AOG.0000000000003606
27. Coomarasamy A, Connock M, Thornton J, Khan KS. Accuracy of ultrasound biometry in the prediction of macrosomia: a systematic quantitative review. BJOG [Internet]. 2005 Nov;112(11):1461–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0528.2005.00702.x

28. Dakwar Shaheen J, Hershkovitz R, Mastrolia SA, Charach R, Eshel R, Tirosh D, *et al.* Estimation of fetal weight using Hadlock's formulas: Is head circumference an essential parameter? Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 2019 Dec; 243:87–92. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejogrb.2019.09.024
29. Dammer U, Goecke TW, Voigt F, Schmid M, Mayr A, Schild RL, *et al.* Sonographic weight estimation in fetuses with breech presentation. Arch Gynecol Obstet [Internet]. 2013 May;287(5):851–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/s00404-012-2653-3
30. Danielian PJ, Allman ACJ, Steer PJ. Is obstetric and neonatal outcome worse in fetuses who fail to reach their own growth potential? BJOG [Internet]. 1992 June;99(6):452–4. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0528.1992.tb13779.x
31. Dor O, Ashwal E, Cohen M, Rottenstreich O, Yogev Y, Shomron N, *et al*. Machine learning versus traditional formulas for fetal weight estimation: An international multicenter study evaluating prediction accuracy across birth weight percentiles. Int J Gynaecol Obstet [Internet]. 2026 Apr;173(1):456–62. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/ijgo.70657
32. Dudley NJ. A systematic review of the ultrasound estimation of fetal weight. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2005 Jan;25(1):80–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.1751
33. Entringer S, Buss C, Swanson JM, Cooper DM, Wing DA, Waffarn F, *et al.* Fetal programming of body composition, obesity, and metabolic function: the role of intrauterine stress and stress biology. J Nutr Metab [Internet]. 2012 May 10; 2012:632548. Available from: http://dx.doi.org/10.1155/2012/632548
34. Esinler D, Bircan O, Esin S, Sahin EG, Kandemir O, Yalvac S. Finding the best formula to predict the fetal weight: comparison of 18 formulas. Gynecol Obstet Invest [Internet]. 2015 July 10;80(2):78–84. Available from: http://dx.doi.org/10.1159/000365814
35. Faschingbauer F, Voigt F, Goecke TW, Siemer J, Beckmann MW, Yazdi B, *et al*. Fetal weight estimation in extreme macrosomia (≥ 4,500 g): comparison of 10 formulas. Ultraschall Med [Internet]. 2012 Dec;33(7): E62–7. Available from: http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1281833
36. Faschingbauer F, Raabe E, Heimrich J, Faschingbauer C, Schmid M, Mayr A, *et al.* Accuracy of sonographic fetal weight estimation: influence of the scan-to-delivery interval in combination with the applied weight estimation formula. Arch Gynecol

Obstet [Internet]. 2016 Sept;294(3):487–93. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/s00404-015-3989-2

37. Faschingbauer F, Dammer U, Raabe E, Schneider M, Faschingbauer C, Schmid M, *et al*. Intrapartum sonographic weight estimation. Arch Gynecol Obstet [Internet]. 2015 Oct;292(4):805–11. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/s00404-015-3720-3
38. Ferrero A, Maggi E, Giancotti A, Torcia F, Pachì A. Regression formula for estimation of fetal weight with use of abdominal circumference and femur length: a prospective study. J Ultrasound Med [Internet]. 1994 Nov;13(11):823–33. Available from: http://dx.doi.org/10.7863/jum.1994.13.11.823
39. Galluzzo RN, Trapani Júnior A, Werner H, de Sá RAM, Xikota JC, Araujo Júnior E, *et al*. Fetal ultrasound estimated weight and correlation to Brazilian newborn weight. J Ultrason [Internet]. 2020 June 15;20(81): e106–10. Available from: http://dx.doi.org/10.15557/JoU.2020.0017
40. Garcia Flores J, Mogra R, Sadowski M, Hyett J. Prediction of birth weight and neonatal adiposity using ultrasound assessment of soft tissue parameters in addition to two-dimensional conventional biometry. Fetal Diagn Ther [Internet]. 2021 Mar 3;48(3):201–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1159/000510637
41. Gardeil F, Greene R, Stuart B, Turner MJ. Subcutaneous fat in the fetal abdomen as a predictor of growth restriction. Obstet Gynecol [Internet]. 1999 Aug;94(2):209–12. Available from: http://dx.doi.org/10.1097/00006250-199908000-00010
42. Gibson KS, Stetzer B, Catalano PM, Myers SA. Comparison of 2- and 3-dimensional sonography for estimation of birth weight and neonatal adiposity in the setting of suspected fetal macrosomia. J Ultrasound Med [Internet]. 2016 June; 35(6):1123–9. Available from: http://dx.doi.org/10.7863/ultra.15.06106
43. Gilby JR, Williams MC, Spellacy WN. Fetal abdominal circumference measurements of 35 and 38 cm as predictors of macrosomia. A risk factor for shoulder dystocia. J Reprod Med [Internet]. 2000 Nov;45(11): 936–8. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11127108
44. Gluckman PD, Hanson MA. Living with the past: evolution, development, and patterns of disease. Science [Internet]. 2004 Sept 17;305(5691):1733–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1126/science.1095292
45. Gordijn SJ, Beune IM, Thilaganathan B, Papageorghiou A, Baschat AA, Baker PN, *et al*. Consensus definition of fetal growth restriction: a Delphi procedure. Ultrasound

Obstet Gynecol [Internet]. 2016 Sept;48(3):333–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.15884

46. Hadlock FP, Deter RL, Harrist RB, Park SK. Fetal abdominal circumference as a predictor of menstrual age. AJR Am J Roentgenol [Internet]. 1982 Aug;139(2):367–70. Available from: http://dx.doi.org/10.2214/ajr.139.2.367
47. Hadlock FP, Harrist RB, Carpenter RJ, Deter RL, Park SK. Sonographic estimation of fetal weight. The value of femur length in addition to head and abdomen measurements. Radiology [Internet]. 1984 Feb;150(2):535–40. Available from: https://doi.org/10.1148/radiology.150.2.6691115
48. Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements--a prospective study. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1985 Feb 1;151(3):333–7. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/0002-9378(85)90298-4
49. Hadlock FP, Deter RL, Harrist RB, Park SK. Estimating fetal age: computer-assisted analysis of multiple fetal growth parameters. Radiology [Internet]. 1984 Aug;152(2):497501. Available from: http://dx.doi.org/10.1148/radiology.152.2.6739822
50. Hadlock FP, Harrist RB, Martinez-Poyer J. In utero analysis of fetal growth: a sonographic weight standard. Radiology [Internet]. 1991 Oct;181(1):129–33. Available from: http://dx.doi.org/10.1148/radiology.181.1.1887021
51. Hansmann M, Schumacher H, Voigt U. Mehrparametrische nicht line- are Gewichtsschtzung mittels Ultraschall unter Bercksichtigung des Gestationsalters. Kratochwil A, editor. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1978.
52. HAPO Study Cooperative Research Group. Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Study: associations with neonatal anthropometrics. Diabetes [Internet]. 2009 Feb;58(2):453–9. Available from: http://dx.doi.org/10.2337/db08-1112
53. Haragan AF, Hulsey TC, Hawk AF, Newman RB, Chang EY. Diagnostic accuracy of fundal height and handheld ultrasound-measured abdominal circumference to screen for fetal growth abnormalities. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 2015 June;212(6):820. e1-8.Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2015.03.042
54. Hediger ML, Overpeck MD, Kuczmarski RJ, McGlynn A, Maurer KR, Davis WW. Muscularity and fatness of infants and young children born small- or large-for-

gestational-age. Pediatrics [Internet]. 1998 Nov;102(5): E60. Available from: http://dx.doi.org/10.1542/peds.102.5.e60

55. Hehir MP, Burke N, Burke G, Turner MJ, Breathnach FM, Mcauliffe FM, *et al*. Sonographic markers of fetal adiposity and risk of Cesarean delivery. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2019 Sept;54(3):338–43. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.20263
56. Higgins MF, Russell NM, Mulcahy CH, Coffey M, Foley ME, McAuliffe FM. Fetal anterior abdominal wall thickness in diabetic pregnancy. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 2008 Sept;140(1):43–7. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejogrb.2008.02.021
57. Hoopmann M, Kagan KO, Sauter A, Abele H, Wagner P. Comparison of errors of 35 weight estimation formulae in a standard collective. Geburtshilfe Frauenheilkd [Internet]. 2016 Nov;76(11):1172–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-118598
58. Jeanty P, Romero R, Hobbins JC. Fetal limb volume: a new parameter to assess fetal growth and nutrition. J Ultrasound Med [Internet]. 1985 June;4(6):273–82. Available from: http://dx.doi.org/10.7863/jum.1985.4.6.273
59. Kehl S, Schmidt U, Spaich S, Schild RL, Sütterlin M, Siemer J. What are the limits of accuracy in fetal weight estimation with conventional biometry in two-dimensional ultrasound? A novel postpartum study. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2012 May;39(5):543–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.10094
60. Köşüş N, Köşüş A. Can fetal abdominal visceral adipose tissue and subcutaneous fat thickness be used for correct estimation of fetal weight? A preliminary study. J Obstet Gynaecol [Internet]. 2019 July;39(5):594–600. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/01443615.2018.1530971
61. Kuriyan R, Naqvi S, Bhat KG, Ghosh S, Rao S, Preston T, *et al*. The thin but fat phenotype is uncommon at birth in Indian babies. J Nutr [Internet]. 2020 Apr 1;150(4):826–32. Available from: http://dx.doi.org/10.1093/jn/nxz305
62. Kuzawa CW, Chugani HT, Grossman LI, Lipovich L, Muzik O, Hof PR, *et al*. Metabolic costs and evolutionary implications of human brain development. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. 2014 Sept 9;111(36):13010–5. Available from: http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1323099111
63. Lalys L, Grangé G, Pineau J-C. Estimation du poids de naissance de fœtus de petit poids (≤2500g) et de gros poids (≥4000g) à partir des données échographiques. J

Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris) [Internet]. 2012 Oct;41(6):566–73. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jgyn.2012.05.011

64. Lambert C, Gleason JL, Pugh SJ, Liu A, Bever A, Grobman WA, *et al*. Maternal socioeconomic factors and racial/ethnic differences in neonatal anthropometry. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2020 Oct 7;17(19):7323. Available from: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17197323
65. Larciprete G, Valensise H, Barbati G, Di Pierro G, Jarvis S, Deaibess T, *et al.* Ultrasound-determined fetal subcutaneous tissue thickness for a birthweight prediction model. J Obstet Gynaecol Res [Internet]. 2007 Oct;33(5):635–40. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1447-0756.2007.00624.x
66. Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, Hassan SS, Gotsch F, Kusanovic JP, *et al.* Fetal growth parameters and birth weight: their relationship to neonatal body composition. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2009 Apr;33(4):441–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.6317
67. Lee W. Soft tissue assessment for fetal growth restriction. Minerva Obstet Gynecol [Internet]. 2021 Aug;73(4):442–52. Available from: http://dx.doi.org/10.23736/S2724-606X.21.04829-6
68. Lees CC, Stampalija T, Baschat A, da Silva Costa F, Ferrazzi E, Figueras F, *et al*. ISUOG Practice Guidelines: diagnosis and management of small-for-gestational-age fetus and fetal growth restriction. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2020 Aug;56(2):298–312. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.22134
69. Lerma-Puertas D, Aguerri A, Pardina G, Paules C, Lerma-Irureta D, Oros D, *et al.* Methodology used in studies aimed at measuring fetal soft tissues by 2D ultrasound for the screening of large for gestational age fetuses: A systematic review. J Ultrasound Med [Internet]. 2025 Mar;44(3):365–79. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/jum.16614
70. Lieser H, Schicketanz KH. Intrauterine fetal weight assessment using ultrasound. A comparison of several weight assessment methods and development of a new formula for the determination of fetal weight]. Ultraschall Med. 1988;9:15–24.
71. Lillycrop KA, Burdge GC. Epigenetic mechanisms linking early nutrition to long term health. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab [Internet]. 2012 Oct;26(5):667–76. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.beem.2012.03.009
72. Lindell G, Källén K, Maršál K. Ultrasound weight estimation of large fetuses. Acta Obstet Gynecol Scand [Internet]. 2012 Oct;91(10):1218–25. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0412.2012.01495.x

73. Lubchenco LO, Hansman C, Dressler M, Boyd E. Intrauterine growth as estimated from liveborn birth-weight data at 24 to 42 weeks of gestation. Pediatrics [Internet]. 1963 Nov;32(5):793–800. Available from: http://dx.doi.org/10.1542/peds.32.5.793
74. Ma J, Cheng D, Zhang Z, Cai B, Xu X. Evaluating the accuracy of sonographic fetal weight estimations using the Hadlock IV formula in a Chinese population. Quant Imaging Med Surg [Internet]. 2023 June 1;13(6):3726–34. Available from: http://dx.doi.org/10.21037/qims-22-778
75. Madendag Y, Aksoy U, Col Madendag I, Aksoy H. Fetal front-abdominal wall thickness in the second trimester as a predictor of abnormal fetal growth. J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2022 Mar;35(6):1162–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/14767058.2020.1743666
76. Manzanares S, Gonzalez-Escudero A, Gonzalez-Peran E, López-Criado M, Pineda A. Influence of maternal obesity on the accuracy of ultrasonography birth weight prediction. J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2020 Sept;33(18):3056–61. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/14767058.2019.1567708
77. Marien M, Perron S, Bergeron A-M, Singbo N, Demers S. Comparison of the accuracy of INTERGROWTH-21 and Hadlock ultrasound formulae for fetal weight prediction. J Obstet Gynaecol Can [Internet]. 2021 Nov;43(11):1254–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jogc.2021.03.015
78. Maruotti GM, Saccone G, Martinelli P. Third trimester ultrasound soft-tissue measurements accurately predicts macrosomia. J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2017 Apr;30(8):972–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/14767058.2016.1193144
79. Maruotti GM, Rizzo G, Sirico A, Sarno L, Cirigliano L, Arduini D, *et al*. Are there any relationships between umbilical artery Pulsatility Index and macrosomia in fetuses of type I diabetic mothers? J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2014 Nov;27(17):1776–81. Available from: http://dx.doi.org/10.3109/14767058.2013.879706
80. Maternidad “Concepción Palacios”. Caracas, Venezuela, Yordy Israel Rodríguez Mancilla YIRM, Marvina Del Carmen Romero Izaguirre MDCRI, Jeiv Vicente Gómez Marín JVGM, Mireya González-Blanco MG-B. Fetal abdominal subcutaneous tissue thickness nomogram. Rev Obstet Ginecol Venez [Internet]. 2025 Dec 5;85(4):617–28. Available from: https://doi.org/10.51288/00850415

81. Matsumoto M, Yanagihara T, Hata T. Three-dimensional qualitative sonographic evaluation of fetal soft tissue. Hum Reprod [Internet]. 2000 Nov;15(11):2438–42. Available from: http://dx.doi.org/10.1093/humrep/15.11.2438
82. Melamed N, Yogev Y, Ben-Haroush A, Meizner I, Mashiach R, Glezerman M. Does use of a sex-specific model improve the accuracy of sonographic weight estimation? Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2012 May;39(5):549–57. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.10064
83. Mikolajczyk RT, Zhang J, Betran AP, Souza JP, Mori R, Gülmezoglu AM, *et al*. A global reference for fetal-weight and birthweight percentiles. Lancet [Internet]. 2011 May 28;377(9780):1855–61. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60364-4
84. Milner J, Arezina J. The accuracy of ultrasound estimation of fetal weight in comparison to birth weight: A systematic review. Ultrasound [Internet]. 2018 Feb;26(1):32–41. Available from: http://dx.doi.org/10.1177/1742271X17732807
85. Mirghani HM, Weerasinghe S, Ezimokhai M, Smith JR. Ultrasonic estimation of fetal weight at term: an evaluation of eight formulae. J Obstet Gynaecol Res [Internet]. 2005 Oct;31(5):409–13. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1447-0756.2005.00311.x
86. Monier I, Ego A, Benachi A, Hocquette A, Blondel B, Goffinet F, *et al.* Unisex vs sex-specific estimated fetal weight charts for fetal growth monitoring: a population-based study. Am J Obstet Gynecol MFM [Internet]. 2022 Jan;4(1):100527. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajogmf.2021.100527
87. Moyer-Mileur LJ, Slater H, Thomson JA, Mihalopoulos N, Byrne J, Varner MW. Newborn adiposity measured by plethysmography is not predicted by late gestation two-dimensional ultrasound measures of fetal growth. J Nutr [Internet]. 2009 Sept;139(9):1772–8. Available from: http://dx.doi.org/10.3945/jn.109.109058
88. Nash CM, Woolcott C, O'Connell C, Armson BA. Optimal timing of prenatal ultrasound in predicting birth weight in diabetic pregnancies. J Obstet Gynaecol Can [Internet]. 2020 Jan;42(1):48–53. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jogc.2019.05.010
89. O'Connor C, Doolan A, O'Higgins A, Segurado R, Sheridan-Pereiraet M, Turner MJ, *et al.* Fetal subcutaneous tissue measurements in pregnancy as a predictor of neonatal total body composition. Prenat Diagn [Internet]. 2014 Oct;34(10):952–5. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/pd.4400

90. Oken E, Gillman MW. Fetal origins of obesity. Obes Res [Internet]. 2003 Apr;11(4):496–506. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/oby.2003.69
91. Ott WJ, Doyle S, Flamm S, Wittman J. Accurate ultrasonic estimation of fetal weight. Prospective analysis of new ultrasonic formulas. Am J Perinatol [Internet]. 1986 Oct;3(4):307–10. Available from: http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-999885
92. Padoan A, Rigano S, Ferrazzi E, Beaty BL, Battaglia FC, Galan HL. Differences in fat and lean mass proportions in normal and growth-restricted fetuses. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 2004 Oct;191(4):1459–64. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajog.2004.06.045
93. Paganelli S, Soncini E, Comitini G, Palomba S, La Sala GB. Sonographic fetal weight estimation in normal and overweight/obese healthy term pregnant women by gestation-adjusted projection (GAP) method. Arch Gynecol Obstet [Internet]. 2016 Apr;293(4):775–81. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/s00404-015-3910-z
94. Pedreira CE, Pinto FA, Pereira SP, Costa ES. Birth weight patterns by gestational age in Brazil. An Acad Bras Cienc [Internet]. 2011 June;83(2):619–25. Available from: http://dx.doi.org/10.1590/s0001-37652011005000008
95. Petrikovsky BM, Oleschuk C, Lesser M, Gelertner N, Gross B. Prediction of fetal macrosomia using sonographically measured abdominal subcutaneous tissue thickness. J Clin Ultrasound [Internet]. 1997 Sept;25(7):378–82. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1097-0096(199709)25:7<378::aid-jcu5>3.0.co;2-7
96. Plonka M, Bociaga M, Radon-Pokracka M, Nowak M, Huras H. Comparison of eleven commonly used formulae for sonographic estimation of fetal weight in prediction of actual birth weight. Ginekol Pol [Internet]. 2020;91(1):17–23. Available from: http://dx.doi.org/10.5603/GP.2020.0005
97. Ratanasiri T, Jirapornkul S, Somboonporn W, Seejorn K, Patumnakul P. Comparison of the accuracy of ultrasonic fetal weight estimation by using the various equations. J Med Assoc Thai [Internet]. 2002 Sept;85(9):962–7. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12450073
98. Rauh M, Voigt M, Kappelmeyer M, Schmidt B, Köninger A. Correlation of sonographically measured fetal abdominal wall thickness with birth weight in diabetes. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 2024 Dec; 303: 9–14. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.10.003
99. Reboul Q, Delabaere A, Luo ZC, Nuyt A-M, Wu Y, Chauleur C, *et al.* Prediction of small-for-gestational-age neonate by third-trimester fetal biometry and impact of

ultrasound-delivery interval. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2017 Mar;49(3):372–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.15959

100. Ricci AG, Brizot M de L, Liao AW, Nomura RMY, Zugaib M. Ultrasonographic accuracy of fetal weight estimation and influence of maternal and fetal factors. Rev Bras Ginecol Obstet [Internet]. 2011 Sept;33(9):240–5. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22189851

101. Rigano S, Ferrazzi E, Radaelli T, Cetin ET, Pardi G. Sonographic measurements of subcutaneous fetal fat in pregnancies complicated by gestational diabetes and in normal pregnancies. Croat Med J [Internet]. 2000 Sept;41(3):240–4. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10962040

102. Rohl J, Huston-Presley L, Amini S, Stepanchak B, Catalano P. Factors associated with fetal growth and body composition as measured by ultrasound. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 2001 Dec;185(6):1416–20. Available from: http://dx.doi.org/10.1067/mob.2001.118846

103. Roseboom T, de Rooij S, Painter R. The Dutch famine and its long-term consequences for adult health. Early Hum Dev [Internet]. 2006 Aug;82(8):485–91. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2006.07.001

104. Salomon LJ, Alfirevic Z, Da Silva Costa F, Deter RL, Figueras F, Ghi T, *et al.* ISUOG Practice Guidelines: ultrasound assessment of fetal biometry and growth. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2019 June;53(6):715–23. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.20272

105. Schild RL, Sachs C, Fimmers R, Gembruch U, Hansmann M. Sex-specific fetal weight prediction by ultrasound. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2004 Jan;23(1):30–5. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.942

106. Schwartz J, Galan H. Ultrasound in assessment of fetal growth disorders: is there a role for subcutaneous measurements? Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2003 Oct;22(4):329–35. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.887

107. Scioscia M, Selvaggi LE. Estimation of birth weight by two-dimensional ultrasonography. Obstet Gynecol [Internet]. 2008 May;111(5):1215. Available from: http://dx.doi.org/10.1097/aog.0b013e3181727035

108. Sekar R, Khatun M, Barrett HL, Duncombe G. A prospective pilot study in assessing the accuracy of ultrasound estimated fetal weight prior to delivery. Aust N Z J Obstet Gynaecol [Internet]. 2016 Feb;56(1):49–53. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/ajo.12391

109. Sena ASS, Souza ASR de, Barros V de O, Lima M do CP, Melo ASO, Amorim MMR de. Prenatal factors associated with fetal visceral adiposity. J Pediatr (Rio J) [Internet]. 2020 May;96(3):341–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jped.2018.11.013
110. Sereke SG, Omara RO, Bongomin F, Nakubulwa S, Kisembo HN. Prospective verification of sonographic fetal weight estimators among term parturients in Uganda. BMC Pregnancy Childbirth [Internet]. 2021 Mar 4;21(1):175. Available from: http://dx.doi.org/10.1186/s12884-021-03645-4
111. Seth I, Aiyappan RK, Singh S, Seth A, Sharma D, K JM, *et al*. Mid-trimester fetal anterior abdominal wall subcutaneous tissue thickness: An early ultrasonographic predictor of gestational diabetes mellitus. Cureus [Internet]. 2023 Feb;15(2): e34610. Available from: http://dx.doi.org/10.7759/cureus.34610
112. Shah A, Faundes A, Machoki M, Bataglia V, Amokrane F, Donner A, *et al*. Methodological considerations in implementing the WHO Global Survey for Monitoring Maternal and Perinatal Health. Bull World Health Organ [Internet]. 2008 Feb;86(2):126–31. Available from: http://dx.doi.org/10.2471/blt.06.039842
113. Shaw M, Lutz T, Gordon A. Does low body fat percentage in neonates greater than the 5th percentile birthweight increase the risk of hypoglycaemia and neonatal morbidity? J Paediatr Child Health [Internet]. 2019 Dec;55(12):1424–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/jpc.14433
114. Sheiman V, Frenkel A, Glick N, Tovbin J, Neeman O, Barzilay E. Ultrasonic estimation of fetal weight: Are averaged triplicate measurements more accurate than single measurements? J Ultrasound Med [Internet]. 2024 Nov;43(11):2147–52. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/jum.16545
115. Shepard MJ, Richards VA, Berkowitz RL, Warsof SL, Hobbins JC. An evaluation of two equations for predicting fetal weight by ultrasound. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1982 Jan 1;142(1):47–54. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9378(16)32283-9
116. Shmueli A, Aviram A, Bardin R, Wiznitzer A, Chen R, Gabbay-Benziv R. Effect of fetal presentation on sonographic estimation of fetal weight according to different formulas. Int J Gynaecol Obstet [Internet]. 2017 June;137(3):234–40. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/ijgo.12152
117. Siemer J, Egger N, Hart N, Meurer B, Müller A, Dathe O, *et al.* Fetal weight estimation by ultrasound: comparison of 11 different formulae and examiners with

differing skill levels. Ultraschall Med [Internet]. 2008 Apr;29(2):159–64. Available from: http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-963165

118. Sirico A, Rizzo G, Maruotti GM, Aiello E, Morlando M, Arduini D, *et al.* Does fetal macrosomia affect umbilical artery Doppler velocity waveforms in pregnancies complicated by gestational diabetes? J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2016 Oct;29(20):3266–70. Available from: http://dx.doi.org/10.3109/14767058.2015.1121479
119. Siskovicova A, Ferianec V, Krizko M, Alfoldi M, Kunochova I, Záhumensky J, *et al*. Analysis of factors influencing ultrasound-based fetal weight estimation. Bratisl Lek Listy [Internet]. 2023;124(1):25–8. Available from: http://dx.doi.org/10.4149/BLL_2023_003
120. Skinner J, O'Donoghue K, Gardeil F, Greene R, Turner MJ. Is fetal abdominal subcutaneous fat comparable with established indices of growth restriction? J Obstet Gynaecol [Internet]. 2001 Sept;21(5):439–42. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/01443610120071947
121. Smith GC, Smith MF, McNay MB, Fleming JE. The relation between fetal abdominal circumference and birthweight: findings in 3512 pregnancies. Br J Obstet Gynaecol [Internet]. 1997 Feb;104(2):186–90. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0528.1997.tb11042.x
122. Song J, Liu J, Liu L, Jiang Y, Zheng H, Ke H, *et al*. The birth weight of macrosomia influence the accuracy of ultrasound estimation of fetal weight at term. J Clin Ultrasound [Internet]. 2022 Sept;50(7):967–73. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/jcu.23236
123. Souka AP, Papastefanou I, Michalitsi V, Pilalis A, Kassanos D. Specific formulas improve the estimation of fetal weight by ultrasound scan. J Matern Fetal Neonatal Med [Internet]. 2014 May;27(7):737–42. Available from: http://dx.doi.org/10.3109/14767058.2013.837877
124. Stanirowski PJ, Majewska A, Lipa M, Bomba-Opoń D, Wielgoś M. Ultrasound evaluation of the fetal fat tissue, heart, liver and umbilical cord measurements in pregnancies complicated by gestational and type 1 diabetes mellitus: potential application in the fetal birth-weight estimation and prediction of the fetal macrosomia. Diabetol Metab Syndr [Internet]. 2021 Feb 18;13(1):22. Available from: http://dx.doi.org/10.1186/s13098-021-00634-7
125. Stirnemann J, Villar J, Salomon LJ, Ohuma E, Ruyan P, Altman DG, *et al*. International estimated fetal weight standards of the INTERGROWTH-21st Project. Ultrasound

Obstet Gynecol [Internet]. 2017 Apr;49(4):478–86. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/uog.17347

126. Tanvig M, Wehberg S, Vinter CA, Joergensen JS, Ovesen PG, Beck-Nielsen H, *et al.* Pregestational body mass index is related to neonatal abdominal circumference at birth--a Danish population-based study. BJOG [Internet]. 2013 Feb;120(3):320–30. Available from: http://dx.doi.org/10.1111/1471-0528.12062
127. Tongsong T, Piyamongkol W, Sreshthaputra O. Accuracy of ultrasonic fetal weight estimation: a comparison of three equations employed for estimating fetal weight. J Med Assoc Thai [Internet]. 1994 July;77(7):373–7. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7876756
128. Vintzileos AM, Campbell WA, Rodis JF, Bors-Koefoed R, Nochimson DJ. Fetal weight estimation formulas with head, abdominal, femur, and thigh circumference measurements. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1987 Aug;157(2):410–4. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9378(87)80182-5
129. Warsof SL, Gohari P, Berkowitz RL, Hobbins JC. The estimation of fetal weight by computer-assisted analysis. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 1977 Aug 15;128(8):881–92. Available from: https://doi.org/10.1016/0002-9378(77)90058-8
130. Weiss C, Enengl S, Enzelsberger SH, Mayer RB, Oppelt P. Does the Porter formula hold its promise? A weight estimation formula for macrosomic fetuses put to the test. Arch Gynecol Obstet [Internet]. 2020 Jan;301(1):129–35. Available from: https://doi.org/10.1007/s00404-019-05410-7
131. Whitham MD, Reynolds DM, Urban AR, Ennen CS, Dudley DJ. Comparative diagnostic performance of estimated fetal weight and isolated abdominal circumference for the detection of fetal growth restriction. J Ultrasound Med [Internet]. 2023 Feb;42(2):477–85. Available from: http://dx.doi.org/10.1002/jum.16001
132. Woo JS, Wan MC. An evaluation of fetal weight prediction using a simple equation containing the fetal femur length. J Ultrasound Med [Internet]. 1986 Aug;5(8):453–7. Available from: http://dx.doi.org/10.7863/jum.1986.5.8.453

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento da influência do ambiente intrauterino sobre a saúde ao longo da vida tem aumentado o interesse por metodologias que possam caracterizar melhor o estado nutricional fetal. O processo epigenético desempenha papel importante nas mudanças a longo prazo com repercussões sobre o metabolismo, iniciando na fase neonatal indo até a vida adulta (Lillycrop & Burdge, 2012; O'Connor *et al*., 2014). Assim, as orientações nutricionais iniciadas precocemente podem alterar o epigenoma, produzindo diferentes fenótipos, diminuindo ou aumentando o risco de certas doenças. A identificação de fetos sob risco aumentado de anormalidades de composição corporal pode auxiliar na prevenção de riscos futuros e possibilitar intervenções precoces.

Os avanços na US 3D e ferramentas de análise de imagem permitiram a incorporação de parâmetros relacionados aos tecidos moles fetais na avaliação nutricional intrauterina. Além das medidas de tecido gorduroso no abdômen fetal, alguns trabalhos demonstraram que aferições em outras localizações como membros superiores, membros inferiores, nádegas e diâmetro bochecha a bochecha apresentam relação com peso ao nascer e via de parto (Jeanty *et al.*, 1985; Bernstein *et al.*, 1997; Schwartz e Galan, 2003; Abramowicz *et al.*, 1993; Abramowicz *et al.*, 2005; Matsumoto *et al*., 2000; Larciprete *et al*., 2007; Padoan *et al*., 2004).

Entre essas abordagens, destacam-se as técnicas baseadas na mensuração volumétrica dos membros fetais. Lee *et al*. (2009) demonstraram que a avaliação fracionada do volume dos membros pode melhorar a detecção e o monitoramento de fetos desnutridos. O volume da coxa teve a maior correlação com o percentual de gordura corporal do RN, explicando parcela substancial da variabilidade da adiposidade ao nascimento. De forma semelhante, modelos tridimensionais baseados no volume da coxa mostraram desempenho superior ao de fórmulas tradicionais para predição do peso ao nascer (Gibson *et al*., 2016). Garcia Flores *et al.* (2021) demonstraram que medidas de volume de membros e espessura de tecido adiposo obtidas por ultrassonografia apresentaram associação significativa não apenas com o peso ao nascer, mas também com a adiposidade neonatal medida por pletismografia, reforçando o potencial desses parâmetros como marcadores do estado nutricional fetal.

Apesar dos avanços observados nas últimas décadas, a estimativa do peso fetal permanece limitada, especialmente nos extremos de peso fetal. Estratégias como seleção de fórmulas específicas para diferentes faixas de peso como triagem e posterior seleção de outras fórmulas segundo o subtipo fetal demonstraram ganhos discretos de acurácia, mas ainda não apresentam solução definitiva para as limitações das fórmulas atuais (Weiss *et al.,* 2020*;* Kehl *et al.,* 2012).

PERSPECTIVAS

Nesse cenário, algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência artificial despontam como alternativas promissoras. Ao contrário das fórmulas usuais, esses métodos permitem integrar simultaneamente grande número de variáveis ultrassonográficas, características maternas, parâmetros Doppler, antecedentes obstétricos e biomarcadores de composição corporal fetal.

Além disso, técnicas de aprendizado têm sido estudadas para reconhecimento automatizado de estruturas fetais, análise de textura dos tecidos e estimativa direta do peso fetal a partir de imagens ultrassonográficas em tempo real. Modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina apresentaram desempenho superior às fórmulas de Hadlock na estimativa contínua do peso fetal, embora os ganhos na identificação de fetos PIG ou GIG tenham sido modestos (Dor *et al*., 2026).

Dessa forma, a incorporação de parâmetros alternativos, uso de técnicas 3D e modelos inteligentes de análise de dados, podem contribuir para aprimorar a avaliação do estado nutricional intrauterino e para identificar precocemente fetos sob maior risco de anormalidades de crescimento. O futuro da estimativa fetal parece estar menos associado ao desenvolvimento de fórmulas e mais à construção destes modelos individualizados que possam refletir mais fielmente a composição fetal e sua relação com desfechos perinatais e de longo prazo.

ANEXO

Parecer consubstanciado do CEP 84

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Utilização das medidas do tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea fetal na aferição de peso fetal estimado

Pesquisador: Daniela Vettori

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 82075224.0.0000.5327

Instituição Proponente: HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.122.366

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo do projeto e das Informações Básicas da Pesquisa PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2376239, de 16/09/2024.

O estudo objetiva avaliar a acurácia de outros parâmetros auxiliares para melhorar predição do peso fetal estimado ao nascer em gestantes de risco habitual e em gestantes sob risco de desvios de peso para os extremos da curva de normalidade da referência. A utilização da fórmula de Hadlock 4 e, alternativamente a fórmula de Kosus com medidas de tecido adiposo visceral e espessura da gordura subcutânea fetal deverá aumentar a detecção de fetos grandes para a idade gestacional, pequenos para a idade gestacional, com restrição de crescimento ou macrossomia possibilitando adequação de condutas obstétricas para minimizar morbidade e mortalidade neonatal.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:
Comparar a acurácia do peso fetal pré-parto estimado pela fórmula padrão de Hadlock 4 com a acurácia do peso fetal estimado pelo algoritmo com inclusão de gordura subcutânea abdominal (SF) e tecido adiposo visceral (TAV) na predição do peso ao nascimento.

Objetivo Secundário:

Avaliar a sensibilidade e especificidade para diagnóstico de fetos PIGs e GIGs de acordo com o PFE calculado pela fórmula de Hadlock 4.

Avaliar a sensibilidade e especificidade para diagnóstico de fetos PIGs e GIGs de acordo com o PFE calculado pelo algoritmo com inclusão de SF e TAV.

Comparar a variabilidade intraobservador e interobservador na estimativa de peso fetal pré-parto calculada pela fórmula de Hadlock 4 e pelo algoritmo incluindo SF e TAV

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A realização do exame de US sumário é atividade de pesquisa, realizado apenas mediante consentimento da participante, e inclui o seguinte risco: Duração maior do exame ultrassonográfico (em torno de 10 minutos), pois após a realização da US assistencial realizado pelo ultrassonografista 1, o ultrassonografista 2 repetirá as medidas básicas feitas para o cálculo do peso fetal (DBP, CC, CA, CF) e acrescentará duas medidas do abdome fetal (VAT, SF).

Benefícios:

Os possíveis benefícios decorrentes da participação na pesquisa são: Como a comparação das medidas fetais realizadas entre os dois ultrassonografistas (1 e 2) e como o peso de nascimento serão avaliados apenas após a finalização da coleta de dados da amostra populacional investigada, não haverá benefício direto para a gestação atual. No entanto, os resultados da pesquisa podem contribuir para uma melhor compreensão do desenvolvimento fetal e da saúde da gestante e beneficiar futuras gestantes e bebês

A relação risco/benefício do projeto submetido é aceitável e adequada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

- Delineamento:

Tipo de Estudo: Observacional prospectivo.

População e Amostra

Mulheres com gestações únicas, realizando pré-natal e ultrassonografia (US) no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), com expectativa de parto dentro de 7 dias da realização do exame de US.

- Tamanho da amostra
Utilizando como referência o estudo piloto de Sekar R. et al. (36), que necessitou de uma amostra de 150 gestantes para detectar uma diferença de 7% no peso fetal com poder de 90% e nível de significância de 5%, e estimando uma perda de seguimento em torno de 15% das mulheres recrutadas, calculamos um tamanho amostral de 175 pacientes.

Recrutamento
As pacientes elegíveis serão identificadas pelo agendamento de ¿ultrassonografia do terceiro trimestre¿ feito pela equipe assistencial. Esta informação encontra-se na agenda física da sala de ecografia do ambulatório do serviço de Ginecologia e Obstetrícia (zona 6) do HCPA. Na triagem, não haverá acesso a prontuários ou solicitação de query.

O convite para participar e a aplicação do TCLE serão realizados, por contato direto com participantes da pesquisa (NNS ou DVV), na zona 6, enquanto a paciente aguarda ser chamada para realizar a ultrassonografia agendada.

- Local onde será realizado o estudo:
A US para biometria fetal será realizada até 7 dias antes do nascimento, por dois ultrassonografistas experientes, na sala de ecografia do ambulatório do Serviço de Ginecologia e Obstetrícia (zona 6) do HCPA, de maneira subsequente, sendo o segundo ultrassonografista cegado para os resultados encontrados pelo primeiro.

Critérios de Exclusão:
Mulheres sem datação precoce (1º trimestre), fetos com malformações conhecidas, participantes que não aceitem participar ou cujo nascimento não ocorra no HCPA.

Como serão coletados os dados
Com paciente e de prontuário

Quem acessará os dados:

Consta quadro com informações da equipe

Daniela Vanessa Vettori: Médica Ginecologista e Obstetra/ Especialista em Medicina Fetal - Professora do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da UFRGS
Nathalia Neves Sapper: Médica Ginecologista e Obstetra - Aluna de mestrado do Programa de Pósgraduação em Ginecologia e Obstetrícia da UFRGS

- Variáveis e período a serem coletadas:

Idade materna, paridade, IG, motivo do acompanhamento pré-natal de alto risco, comorbidades maternas, motivo da interrupção da gestação, PFE calculado pela fórmula de Hadlock 4 (ultrassonografista 1 e 2), PFE calculado pela fórmula de Kösus (ultrassonografista 1 e 2), peso do RN, APGAR RN no 1º e 5º minutos, pH e excesso base da artéria umbilical, tempo internação, complicações neonatais durante a internação.

Medidas Biométricas: Incluem diâmetro biparietal (DBP), circunferência cefálica (CC), circunferência abdominal (CA), comprimento do fêmur (CF), tecido adiposo visceral (TAV) e tecido subcutâneo fetal (SF), utilizando aparelho de US Philips ATL HDI 5000.

Período setembro a dezembro 2024.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências emitidas para o projeto no parecer N.º 7.033.570 foram respondidas pelos pesquisadores, conforme carta de respostas adicionada em 16/09/2024 e conforme colado abaixo. NÃO APRESENTA NOVAS PENDÊNCIAS.

PENDÊNCIA 1: Esclarecer como os pacientes elegíveis serão identificados ou triados no nosso Centro, bem como se dará o convite e recrutamento dos mesmos. Com relação a triagem dos pacientes, informar se haverá acesso a prontuários ou será solicitada query para triagem.



Resposta:

As pacientes elegíveis serão identificadas pelo agendamento de ¿ultrassonografia do terceiro trimestre¿ feito pela equipe assistencial. Esta informação encontra-se na agenda física da sala de ecografia do ambulatório do serviço de Ginecologia e Obstetrícia (zona 6) do HCPA. Na triagem, não haverá acesso a prontuários ou solicitação de query.
O convite para participar e a aplicação do TCLE serão realizados na zona 6, por contato direto com participantes da pesquisa (NNS ou DVV), enquanto a paciente aguarda ser chamada para realizar a ultrassonografia agendada pela equipe assistencial.

Serão incluídas aquelas mulheres com gestações únicas, que realizam pré-natal e exames ultrassonográficos no HCPA, ou em atendimento no Centro Obstétrico do HCPA, que informarem previsão de nascimento nos próximos 7 dias e que aceitarem participar da pesquisa mediante assinatura do TCLE.

PENDÊNCIA ATENDIDA

PENDÊNCIA 2: Incluir a descrição de riscos e benefícios, os mesmos devem ser ponderados em relação à população em estudo. Considerar os potenciais riscos e desconfortos associados à participação na pesquisa. Se não houver benefícios individuais pela participação, podem ser descritos os potenciais benefícios coletivos. Os riscos e benefícios devem estar de acordo na Plataforma Brasil, projeto de pesquisa e TCLE. a) No projeto consta apenas o risco associado ao desconforto para a realização do exame, não citando a necessidade de exame em duplicidade. Além disso, no projeto e na PB não estão descritos os benefícios. b) No TCLE os riscos ao paciente estão bem descritos, entretanto estão diferentes dos descritos no projeto e na PB.

Resposta:
Foram incluídas e ajustadas descrições de riscos e benefícios semelhantes no projeto, PB e TCLE.

A realização do exame de US completo é atividade assistencial, independente da participação na pesquisa.

A realização do exame de US sumário é atividade de pesquisa, realizado apenas mediante consentimento da participante. A US sumária será realizada imediatamente após a US completa (assistencial).
Sendo assim, a participação na pesquisa inclui o seguinte risco ou desconforto:

Duração maior do exame ultrassonográfico (em torno de 10 minutos), pois após a realização da US assistencial completa realizada pelo ultrassonografista 1, o ultrassonografista 2 (US sumária) repetirá as medidas básicas feitas para o cálculo do peso fetal (DBP, CC, CA, CF) e acrescentará duas medidas do abdome fetal (TAV, SF).

Os possíveis benefícios decorrentes da participação na pesquisa são:
Como a comparação das medidas fetais realizadas entre os dois ultrassonografistas (1 e 2) e como o peso de nascimento serão avaliados apenas após a finalização da coleta de dados da amostra populacional investigada, não haverá benefício direto para a gestação atual.
No entanto, os resultados da pesquisa podem contribuir para uma melhor compreensão do desenvolvimento fetal e da saúde da gestante e beneficiar futuras gestantes e bebês.

PENDÊNCIA ATENDIDA

PENDÊNCIA 3: Esclarecer o que são atividades assistenciais, realizadas independente da realização ou participação na pesquisa, e o que são atividades ou procedimentos que são adicionados pela própria pesquisa, uma vez que o método prevê avaliações por dois ultrassonografistas.

Resposta:
A realização da ultrassonografia obstétrica no final do terceiro trimestre para acompanhamento de peso fetal, solicitada pela equipe do pré-natal, é atividade assistencial, independente da participação na pesquisa, e será executada pelo ultrassonografista 1 (DVV) incluindo avaliação de: situação, apresentação e vitalidade do feto (batimentos cardíacos e movimentos corporais), quantidade de líquido amniótico, local de inserção da placenta, medidas fetais (DBP, CC, CA, CF), peso fetal estimado e percentil do peso para a idade gestacional e revisão da morfologia fetal.

Constitui procedimento adicionado pela pesquisa a realização da ultrassonografia sumária, executada pelo ultrassonografista 2 (MGD), que inclui aferição das seguintes medidas fetais: DBP, CC, CA, CF, VAT e SF.

Além disso, a pesquisa engloba a revisão de prontuários (NNS e DVV), após o nascimento, para adquirir as seguintes informações: peso e APGAR do recém-nascido, gasometria de cordão umbilical, tempo internação, complicações neonatais durante a internação.

PENDÊNCIA ATENDIDA

PENDÊNCIA 4: Com relação ao acesso aos dados e informações, lembramos que em setembro de 2020 foi publicada a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018), que dispõe sobre o tratamento de dados pessoais e dados pessoais sensíveis. Portanto, deverão constar no projeto informações sobre os seguintes quesitos: a) Forma de acesso aos dados (ex.: contato direto com o participante da pesquisa; consulta direta ao prontuário; solicitação de query; consulta a banco de dados pré-existente, etc.) e quem acessará os dados. b) A forma de armazenamento dos dados: ¿ Tipo de banco de dados (RedCap, Excel, Google Drive, etc) ¿ Local de armazenamento (de preferência, Google Drive ligado a um email institucional ou computador Institucional). Tal informação consta apenas no TCLE, e não no corpo do projeto.

Resposta:

Foram incluídas e ajustadas, no projeto e TCLE, informações sobre a forma de acesso e armazenamento dos dados.

a) Forma de acesso aos dados:

Triagem das participantes: na agenda física da sala de ecografia do ambulatório do serviço de Ginecologia e Obstetrícia (zona 6) do HCPA (NNS, DVV). Na triagem, não haverá acesso a prontuários ou solicitação de query.

Convite, recrutamento e aplicação do TCLE: serão realizados por contato direto com o participante da pesquisa (NNS, DVV).

Realização das medidas ultrassonográficas sumárias da pesquisa: ultrassonografista 2 (MGD).

Consulta direta aos prontuários após o nascimento: NNS e DVV

Coleta e análise de dados: NNS e DVV.

b) A forma de armazenamento dos dados:
O tipo de banco de dados utilizado será a tabela Excel.
O local de armazenamento será o Google Drive ligado a um email institucional (dvettori@hcpa.edu.br).
PENDÊNCIA ATENDIDA

PENDÊNCIA 5: As assinaturas do participante de pesquisa (ou responsável) e do pesquisador devem estar na mesma folha conforme Resolução 466 de 12 de Dezembro de 2012 (artigo IV.5) da CONEP. Dessa forma, arrumar a formatação dos TCLEs para que este requisito seja cumprido.

Resposta:
O TCLE foi ajustado (formatado) conforme solicitado.

PENDÊNCIA ATENDIDA

Considerações Finais a critério do CEP:

- Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS N.º 466/2012 e na Norma Operacional CNS/Conep N.º 001/2013, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

- O projeto está aprovado para inclusão ou revisão de registros de 175 participantes neste centro.
- Os projetos executados no HCPA somente poderão ser iniciados quando seu status no sistema AGHUse Pesquisa for alterado para ¿Aprovado¿, configurando a aprovação final da Diretoria de Pesquisa.
- Textos e anúncios para divulgação do estudo e recrutamento de participantes deverão ser submetidos para apreciação do CEP, por meio de Notificação, previamente ao seu uso. A redação deverá atender às recomendações institucionais, que podem ser consultadas na Página da Pesquisa do HCPA.

- Eventos adversos deverão ser comunicados de acordo com as orientações da Comissão

Nacional de Ética em Pesquisa - Conep (Carta Circular N.º 13/2020-CONEP/SECNS/MS). Os desvios de protocolo também deverão ser comunicados em relatórios consolidados, por meio de Notificação.

- Deverão ser apresentados relatórios semestrais e um relatório final. Estes relatórios deverão ser submetidos acompanhados do Relatório Consolidado de Eventos Adversos Graves (EAGs), conforme preconiza a Carta Circular nº 13/2020-CONEP/SECNS/MS.

- Os modelos disponíveis para Notificação de Eventos Adversos e Relatórios Consolidados de EAGs podem ser consultados na Página da Pesquisa do HCPA, Área do Pesquisador, aba ¿Eventos Adversos e Desvios de Protocolo¿.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇOES_BASICAS_DO_PROJETO_2376239.pdf	16/09/2024 22:03:40		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_alteracoes_grifadas.docx	16/09/2024 22:02:41	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_copialimpa.docx	16/09/2024 22:02:32	Nathalia Neves Sapper	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_alteracoes_grifadas.docx	16/09/2024 22:02:21	Nathalia Neves Sapper	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_copia_limpa.docx	16/09/2024 22:02:11	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Outros	Resposta_Pendecias_CEP.docx	16/09/2024 22:01:41	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetocominstrumentodepesquisa.docx	01/08/2024 14:25:20	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Folha de Rosto	folharostodanielavettori.pdf	24/07/2024 08:40:56	Nathalia Neves Sapper	Aceito
TCLE / Termos de	TCLE.docx	16/07/2024	Nathalia Neves	Aceito

HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE - HCPA

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17:27:20	Sapper	Aceito
Orçamento	Orcamento.docx	16/07/2024 17:27:10	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Cronograma	Cronogramadetalhado.docx	16/07/2024 17:26:54	Nathalia Neves Sapper	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochuradoprojeto.docx	02/07/2024 17:39:31	Daniela Vettori	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 04 de Outubro de 2024

Assinado por:

Daisy Crispim Moreira
(Coordenador(a))