

VIDA ATIVA ENSINO

VOLUME 1

Calorimetria indireta na prática clínica

Fundamentos, protocolo e armadilhas

Dr. Mateus Antunes Nogueira

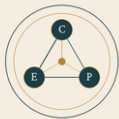
CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)



Vida Ativa

ENSINO E PESQUISA

Casa certificada - Análise metabólica avançada Desde 1999



Vida Ativa

ENSINO E PESQUISA

Casa certificada - Avaliação metabólica avançada - Desde 1993/97

Calorimetria indireta na prática clínica

Fundamentos, protocolo e armadilhas

Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

AUTOR	Dr. Mateus Antunes Nogueira
REGISTRO	CRM-SP 97.070 · RQE 46345
ÁREA COM RQE	Cirurgia do Aparelho Digestivo
PÓS-GRADUAÇÃO	Medicina do Exercício e do Esporte · Nutrologia
SÉRIE	Vida Ativa Ensino · volume 1
EDIÇÃO	1ª edição
ANO	2026
LOCAL	São Paulo, SP — Brasil
IDIOMA	Português (Brasil)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Este é um material de educação continuada dirigido a profissionais de saúde. Ele apresenta o estado da evidência sobre o tema, com a população de derivação de cada ponto de corte, e não substitui as diretrizes das sociedades nem o julgamento clínico de quem atende. Nada aqui constitui prescrição, protocolo institucional ou conduta obrigatória; cada decisão depende do paciente à frente, do contexto assistencial e da regulamentação profissional de quem lê. Os valores e as faixas citados descrevem o que os estudos usaram, não o que se deve indicar.

© 2026 Dr. Mateus Antunes Nogueira. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, distribuída ou usada para treinar sistemas automatizados sem autorização escrita do autor.

Sumário

1. O que a calorimetria indireta mede, e o que ela calcula	4
2. Medida e predição: o que os estudos mostram	9
3. O que um exame precisa cumprir para valer	15
4. As armadilhas que invalidam o número	21
5. Um caso construído: quando o número medido muda a conta	28
6. Onde este material para e o curso começa	32
Glossário	36
Referências	37
Sobre o autor	39
Transparência e licenças	40

O que a calorimetria indireta mede, e o que ela calcula

EM UMA FRASE

A calorimetria indireta (CI) não mede calor: ela mede dois gases e converte o que mediu em energia por uma relação estequiométrica conhecida.

O nome do método já carrega a sua lógica. A calorimetria direta mede o calor que um corpo dissipa dentro de uma câmara construída para isso, e o preço dessa fidelidade é uma engenharia que nenhum consultório comporta: paredes isoladas, trocadores, uma sala inteira dedicada a uma única medida. A indireta contorna o problema e lê a combustão pelos seus reagentes. Todo substrato oxidado consome oxigênio e devolve dióxido de carbono em proporções fixas, definidas pela própria química da molécula. Medir o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2) durante alguns minutos é, na prática, observar a mitocôndria trabalhar.

A Figura 1.1 mostra o arranjo mais comum no ambulatório. O paciente respira em circuito aberto sob uma campânula ventilada; um fluxo conhecido de ar atravessa o sistema, e os analisadores comparam a composição do ar que entra com a do ar que sai. A diferença nas frações de oxigênio e de gás carbônico, multiplicada pelo fluxo, devolve VO_2 e VCO_2 por minuto.



O que acontece depois é aritmética. Em 1949, um trabalho publicado no *Journal of Physiology* apresentou o modo de calcular a taxa metabólica a partir dessas duas medidas, com o tratamento do componente proteico que o método exige; é essa formulação que os calorímetros clínicos ainda executam por dentro. O Infográfico 1.2 abre a equação termo a termo e mostra o que cada parte representa — e, principalmente, quais são as premissas que ela carrega.

A equação de Weir, termo a termo

O que cada parte representa e o que ela assume

$$\text{TMR (kcal/dia)} = [a \cdot \text{VO}_2 + b \cdot \text{VCO}_2 - c \cdot \text{N}] \times 1440$$

Consumo de oxigênio, em litros por minuto

Medido pelos analisadores. É o termo de maior peso: a oxidação de qualquer substrato consome oxigênio.

Produção de gás carbônico, em litros por minuto

Medido. Entra com peso menor e é o que permite separar a contribuição de gordura e de carboidrato.

Nitrogênio urinário, em gramas por minuto

Corrige a parcela proteica. Na rotina ambulatorial costuma ser omitido; a omissão é uma premissa, não um detalhe.

× 1440 — extrapolação para 24 horas

A premissa mais forte de todas: que os minutos medidos representam o dia inteiro em repouso. É daqui que vem a exigência de estado estável.

Elaborado pelo autor a partir de (WEIR, 1949).

INFOGRÁFICO 1.2

A equação de Weir termo a termo: o que cada termo representa e quais premissas ela assume.

Elaborado pelo autor a partir de (WEIR, 1949).

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Duas revisões metodológicas dirigidas ao clínico situam o método no lugar que ele ocupa hoje. A de Mtaweh e colaboradores percorre a história e os entraves técnicos do exame e chega a uma posição sem meio-termo: para saber quanta energia alguém gasta, a referência é medir. O argumento vem pelo avesso, da imprecisão que os autores atribuem às fórmulas — e vem com uma ressalva que atravessa este material: usar o método implica conhecer onde ele falha. A revisão de Haugen e colaboradores converge por outro caminho, cobrindo hospital e ambulatório no mesmo texto. Entre as maneiras de estabelecer quanta energia um paciente precisa, nenhuma alcança a acurácia de medir o gasto. Os autores acrescentam um argumento de ordem prática: o custo do equipamento caiu e o manejo ficou menos trabalhoso, o que retira parte da objeção logística ao exame.

Fonte: (MTAWEH et al., 2018); (HAUGEN; CHAN; LI, 2007)

A distinção entre medido e calculado é o ponto que decide tudo o que vem depois. VO_2 e VCO_2 são medidos. A taxa metabólica de repouso (TMR) é calculada a partir deles. O quociente respiratório (QR) — a razão entre o CO_2 expirado e o O_2 consumido, na definição que o tutorial do grupo europeu retoma — também é calculado, e herda o erro de ambos os analisadores. Um vazamento que reduza a fração de CO_2 medida derruba o QR sem tocar em nada de fisiológico no paciente.

O aparelho não sabe distinguir as duas coisas. Quem lê, sim.

A Tabela 1.3 reúne a assinatura de cada substrato e a faixa que o organismo pode ocupar em repouso. Ela serve menos para classificar o paciente do que para reconhecer o impossível: valores fora da faixa fisiológica denunciam o exame, não o metabolismo.

TABELA 1.3 — QUOCIENTE RESPIRATÓRIO POR SUBSTRATO E FAIXA FISIOLÓGICA EM REPOUSO

SUBSTRATO OXIDADO	QR CORRESPONDENTE	LEITURA EM REPOUSO
Lipídio (palmitato)	≈ 0,70	oxidação predominante de gordura
Proteína	≈ 0,80 a 0,82	contribuição menor e relativamente estável
Carboidrato (glicose)	1,00	oxidação predominante de carboidrato
Mistura usual em jejum	0,75 a 0,90	faixa em que a maior parte das medidas cai
Abaixo de 0,70	—	fora da faixa fisiológica; suspeitar de falha de medida
Acima de 1,00	—	fora da faixa fisiológica em repouso; suspeitar de hiperventilação

Há um cuidado de vocabulário que vale fixar antes de seguir, porque ele separa duas leituras que a literatura em português às vezes embaralha e que descrevem estados fisiológicos distintos. Em repouso, o índice se chama QR e reflete com razoável fidelidade a mistura de substratos oxidados naquele momento, uma vez que o sistema está próximo do equilíbrio entre a produção tecidual de gás carbônico e a sua eliminação pelos pulmões. Durante o esforço, o análogo se chama RER, e esse equilíbrio se rompe: o valor passa a incorporar dióxido de carbono que não veio da oxidação de substrato algum — o do tamponamento do lactato e o da hiperventilação —, e por isso pode ultrapassar 1,00 sem que nada de anômalo esteja acontecendo no metabolismo. Tratar os dois como sinônimos leva a interpretar como metabolismo aquilo que é ventilação. O erro é frequente o bastante para valer o parágrafo.

Sabendo o que o aparelho mede, a pergunta seguinte é de magnitude: quanto se ganha, em número, ao trocar a estimativa pela medida. O capítulo que vem responde com os dados de quem comparou as duas.

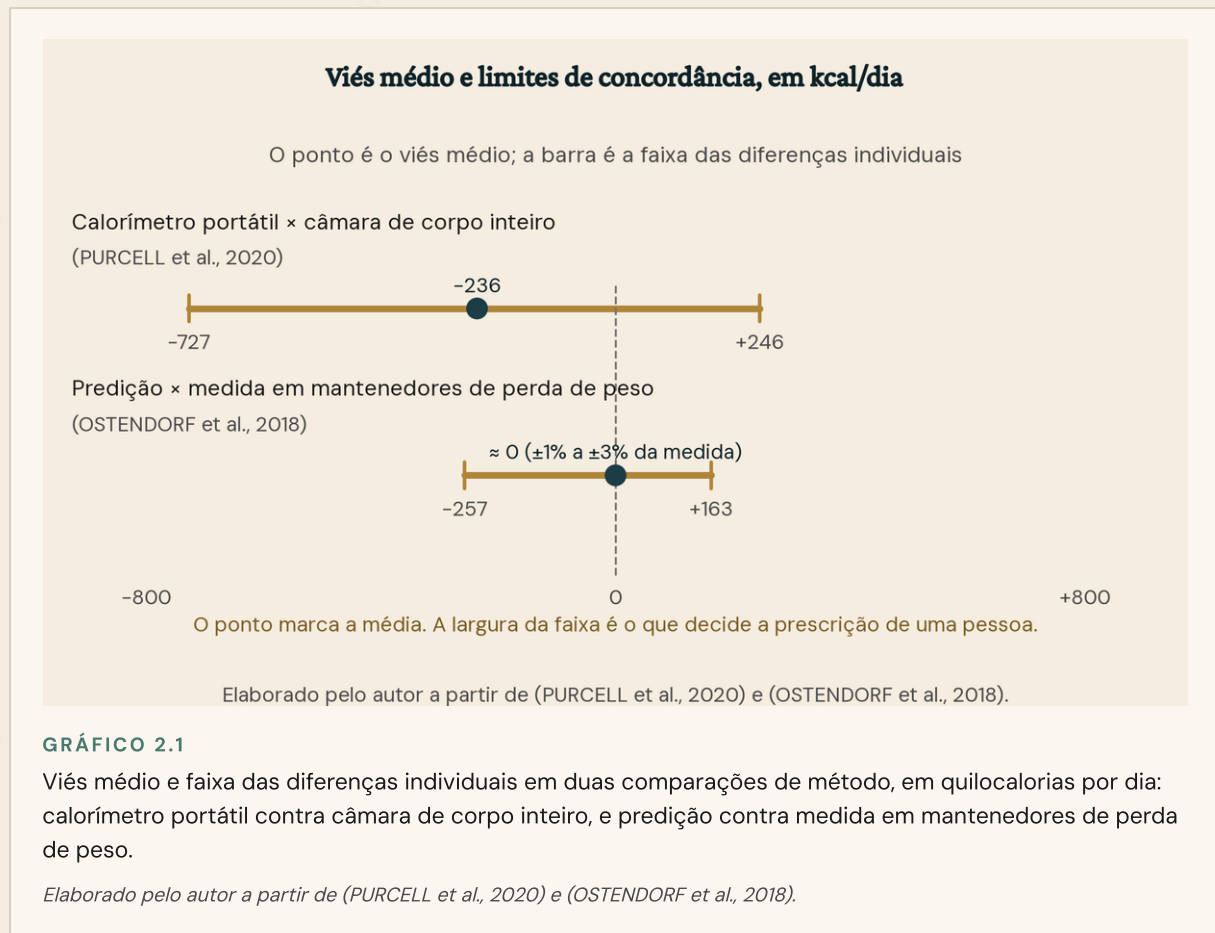
Medida e predição: o que os estudos mostram

EM UMA FRASE

As equações preditivas acertam razoavelmente a média de um grupo e erram de modo imprevisível no indivíduo — e é o indivíduo que está na consulta.

Foi pela pergunta da magnitude que o capítulo anterior terminou. A literatura que a responde tem duas camadas: revisões que mediram o desempenho das equações contra a calorimetria indireta (CI) e estudos que descrevem em quais populações esse desempenho se degrada.

A camada das revisões é antiga e estável. Uma revisão sistemática da entidade profissional norte-americana de nutrição e dietética examinou as quatro equações mais usadas na prática e classificou o desempenho pela proporção de indivíduos cuja taxa metabólica de repouso (TMR) predita caía dentro de 10% da medida. O Gráfico 2.1 mostra o formato desse tipo de comparação: um viés médio pequeno pode conviver com limites de concordância largos, e é a largura que importa quando se prescreve para uma pessoa.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão de Frankenfield e colaboradores partiu de quatro equações de uso corrente — Harris–Benedict, Mifflin–St Jeor, Owen e a da Organização Mundial da Saúde com a FAO e a Universidade das Nações Unidas — e avaliou cada uma pelo critério que interessa a quem prescreve: em que proporção de pessoas a predição caiu a menos de 10% do valor medido. A Mifflin–St Jeor liderou entre obesos e não obesos, com a faixa de erro mais estreita do conjunto; para a equação da OMS não se localizou validação centrada no erro individual. A revisão levanta ainda uma ressalva sobre quem estava nas amostras, que a Tabela 2.3 registra com a fonte. A conclusão devolve a decisão ao consultório: aceitar a estimativa em um dado indivíduo é julgamento clínico, não regra automática.

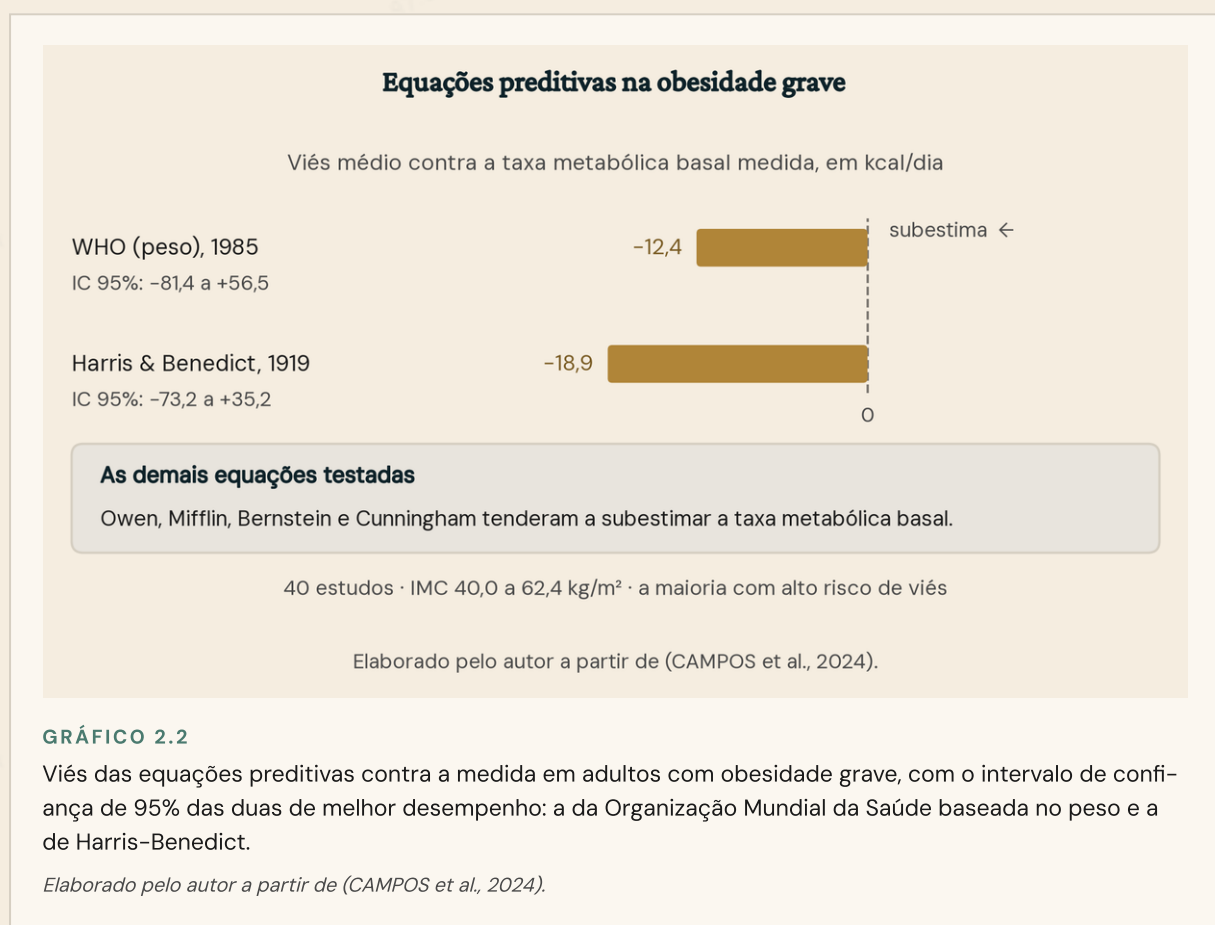
Fonte: (FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPHER, 2005)

O documento de posição do grupo ICALIC sobre o uso da CI em terapia nutricional separa dois planos que a rotina costuma juntar. Um deles é o da acurácia, e é onde a equação cede: peso, altura, idade e sexo não sustentam a conta justamente onde a prescrição acontece, que é no paciente, um a um. O outro é o do benefício, e o grupo o enuncia como defin-

ição — chama de ótima a terapia nutricional cujo alvo energético sai de um gasto medido, e é a essa que se associou, nos trabalhos que reuniu, uma evolução clínica mais favorável.

A distinção é curta e tem consequência prática. O erro que a equação carrega se distribui de modo desigual entre os pacientes, e não há como saber de antemão em qual deles ele será grande — a média do grupo, que é o que a validação publica, não informa sobre a pessoa que está sentada à frente. Quem prescreve sobre uma estimativa aceita, sem enxergar, uma incerteza cuja magnitude varia de paciente para paciente.

Onde essa degradação é maior está razoavelmente mapeado. A Tabela 2.3 organiza os estratos com a fonte de cada um, e o Gráfico 2.2 detalha o caso da obesidade grave, em que uma metanálise recente comparou seis equações contra a medida.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Na metanálise de Campos e colaboradores, duas das seis equações comparadas ficaram com viés médio pequeno contra a medida: a da Organização Mundial da Saúde baseada no peso, 12,44 quilocalorias por dia abaixo do valor medido, e a de Harris-Benedict, 18,9 abaixo. O intervalo de confiança de 95% de cada uma atravessa dezenas de quilocalorias nas duas direções — de -81,4 a +56,5 e de -73,2 a +35,2 —, e é essa largura, não o viés, que chega à prescrição. As quatro restantes tenderam a subestimar a taxa metabólica basal. A base foram quarenta estudos em adultos com índice de massa corporal entre 40,0 e 62,4 kg/m², a maior parte com alto risco de viés declarado; vinte entraram na síntese quantitativa. Uma análise adicional sugere desempenho diferente conforme a faixa de índice de massa corporal dentro da própria obesidade, tratada pelos autores como hipótese a investigar.

Fonte: (CAMPOS et al., 2024)

O idoso repete o padrão por outro caminho. Em trinta e dois japoneses de 64 a 87 anos, saudáveis e ativos, a TMR medida foi confrontada com dezesseis equações: a de menor viés médio, a de De Lorenzo e colaboradores, ficou em quatro quilocalorias por dia de diferença, com dispersão individual de 121 para mais e para menos. Essa equação e a de Ikeda foram as duas que não mostraram viés médio significativo em nenhum dos sexos; em vários dos outros modelos, o viés de homens e o de mulheres não coincidiram.

TABELA 2.3 — EM QUEM A EQUAÇÃO PREDITIVA TENDE A ERRAR MAIS, E POR QUÊ

ESTRATO	O QUE A EVIDÊNCIA REGISTRA	FONTE
Obesidade grave (IMC 40,0 a 62,4 kg/m²)	das seis equações comparadas, a da OMS baseada no peso e a de Harris-Benedict foram as mais acuradas; Bernstein, Cunningham, Mifflin e Owen tenderam a subestimar a taxa metabólica basal	(CAMPOS et al., 2024)
Idoso saudável e ativo (japoneses, 64 a 87 anos)	viés médio de 4 kcal/dia na equação de De Lorenzo, com dispersão individual de ±121 kcal/dia; De Lorenzo e Ikeda foram as duas sem viés médio significativo em nenhum dos sexos, entre as dezesseis testadas	(ITOI et al., 2017)
Atleta	custo metabólico maior da massa livre de gordura eleva a TMR acima do previsto por equações derivadas em não atletas e não atualizadas para essa população; a revisão trata o conjunto das equações preditivas e não destaca modelos	(SCHOFIELD; THORPE; SIMS, 2019)
Idoso e minorias étnicas	sub-representados na derivação e na validação das quatro equações de uso corrente examinadas — Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor, Owen e OMS/FAO/UNU	(FRANKENFIELD; ROTH-YOUSEY; COMPTON, 2005)
Paciente individual, em geral	no plano individual, a antropometria não sustenta a acurácia que a prescrição exige; o documento trata essas equações em bloco, sem nomear modelos	(OSHIMA et al., 2017)

Cada linha descreve o achado do estudo citado na sua população de derivação; nenhuma linha é critério de indicação.

O atleta merece um parágrafo próprio porque nele a estimativa entra em um uso de risco. Há uma prática difundida de rastrear baixa disponibilidade energética pela razão entre a TMR medida e a predita, e uma revisão dedicada ao tema mostra por que ela é frágil: quando a equação subestima o gasto daquele grupo, a razão sobe sem que o atleta tenha mudado, e o rastreo deixa de identificar quem deveria. A recomendação que os autores tiraram disso é de algoritmo — a massa livre de gordura (MLG) precisa entrar na conta, porque é o compartimento de custo metabólico mais alto e é ele que separa o atleta da população em que as equações foram derivadas.

Vale honrar a concessão antes da virada. A equação não é inútil e não desaparece da prática: ela continua legítima como ponto de partida, como triagem e como referência de comparação — inclusive porque a própria leitura do exame ganha sentido ao confrontar medida e predição. Equações contemporâneas seguem sendo derivadas com essa finalidade, em populações que incluem doenças crônicas controladas. O que muda com a medida é o estatuto da pergunta: sai-se de “qual é o gasto médio de alguém com este peso, esta altura, esta idade e este sexo” para “qual é o gasto desta pessoa hoje”.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O trabalho de Pavlidou e colaboradores ilustra o esforço de atualização das equações clássicas. Os autores derivaram e validaram novos modelos de TMR em 722 adultos caucasianos, com medida por calorimetria indireta, e fazem questão de dizer quem entrou na amostra. Diabetes, doença tireoidiana e doença cardiovascular sob controle dietético ou medicamentoso não excluíram ninguém; gestantes, lactantes e portadores de infecção ativa ficaram de fora. A derivação se deu, segundo eles, sob as condições obesogênicas do mundo contemporâneo. A declaração delimita o alcance do modelo: é a população de derivação que define o de qualquer equação.

Fonte: (PAVLIDOU et al., 2023)

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Um contraponto útil vem do estudo de Ostendorf e colaboradores. Entre adultos que mantinham perda de ao menos 13,6 quilos havia um ano ou mais, a suspeita corrente era de um gasto de repouso desproporcionalmente baixo, e o achado não a confirmou: a predição acompanhou a medida na média do grupo, dentro de um ponto percentual quando o modelo vinha dos próprios controles e de três pontos quando vinham de equações-padrão. Olhando pessoa a pessoa, a mesma amostra devolve outra imagem — as diferenças entre medida e predição foram de 257 quilocalorias por dia abaixo até 163 acima. O acerto na média e o erro no indivíduo convivem no mesmo conjunto de dados.

Fonte: (OSTENDORF et al., 2018)

Aceitar que o número medido vale mais tem uma contrapartida: ele precisa ter sido bem obtido. O capítulo seguinte reúne o que os protocolos publicados exigem de um exame para que o resultado mereça entrar na conta.

O que um exame precisa cumprir para valer

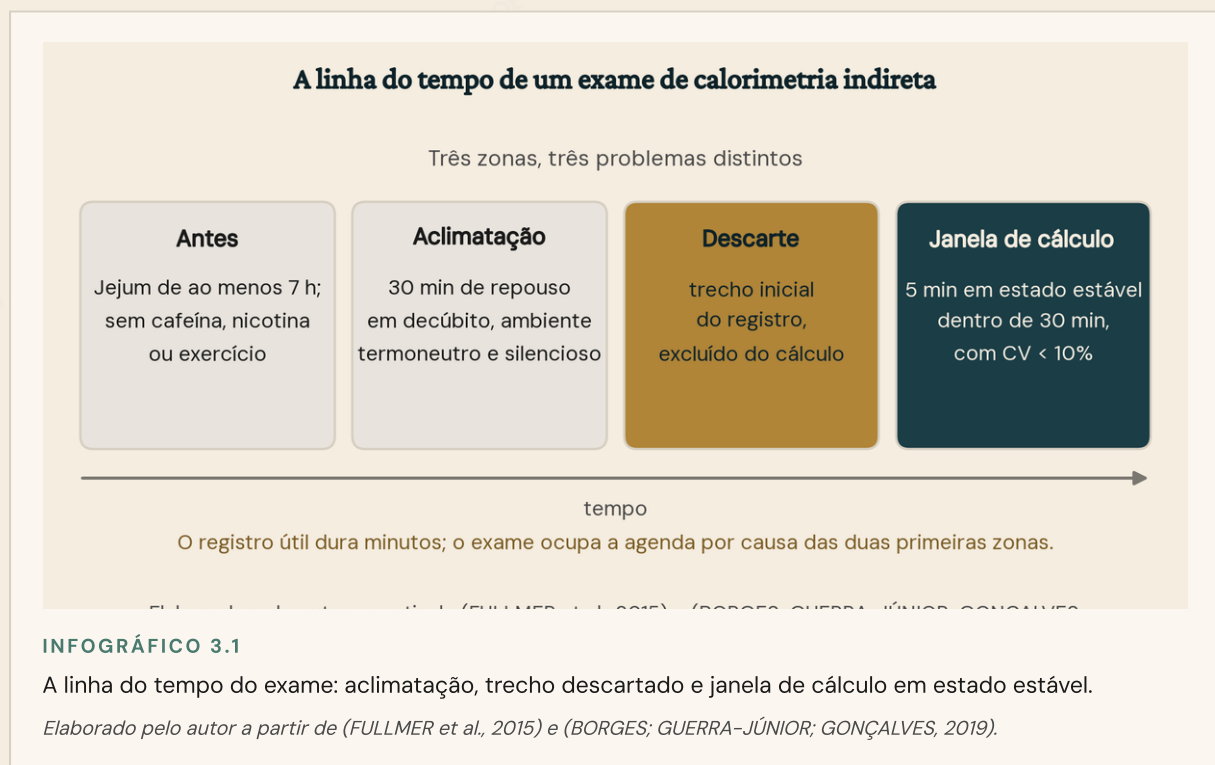
EM UMA FRASE

Um resultado de calorimetria indireta só é interpretável depois de passar por condições de preparo e por um critério de estabilidade; sem isso, o número existe mas não significa.

O capítulo anterior fechou dizendo que a medida precisa ser bem obtida. Os documentos que definem “bem obtida” são revisões sistemáticas de boas práticas. Ler um deles tem uma vantagem sobre ler um manual de fabricante: a revisão declara a força da evidência que sustenta cada recomendação.

O Infográfico 3.1 organiza o exame em uma linha do tempo. A primeira zona é a aclimação. Depois vem o trecho inicial do registro, que se descarta por princípio, e por fim a janela que entra no cálculo.

Cada zona responde a um problema distinto. Cada uma tem literatura própria, e as três somadas explicam por que um exame de calorimetria indireta (CI) ocupa meia manhã de agenda mesmo quando o registro útil dura cinco minutos.



PROTOCOLO

O que os protocolos publicados exigem de um exame de calorimetria indireta (CI)

- 1 **Jejum.** A revisão de boas práticas da biblioteca de análise de evidência conclui por jejum de ao menos sete horas antes da medida; o efeito térmico dos alimentos eleva a taxa metabólica de repouso (TMR) e desloca o quociente respiratório (QR).
- 2 **Estimulantes.** Nicotina e cafeína têm efeito de duração desconhecida, porém superior a 140 e a 240 minutos, respectivamente. Álcool e alimento entram na mesma regra de controle prévio.
- 3 **Exercício.** Atividade cotidiana dissipa-se com repouso curto; atividade física moderada ou vigorosa tem efeito residual mais longo e precisa ser controlada nas horas que antecedem o exame.
- 4 **Repouso e ambiente.** Trinta minutos de repouso em decúbito, em sala silenciosa, com pouca luz e termoneutra, sem leitura, música ou movimentação.
- 5 **Janela de cálculo.** Descarte do trecho inicial e seleção de um intervalo em estado estável, com coeficiente de variação (CV) abaixo de 10%.
- 6 **Validade fisiológica.** QR dentro da faixa possível em repouso, usado como verificação do exame.

Estas são as exigências que a literatura enuncia. A execução — configurar o aparelho, calibrar, vedar a interface, depurar as curvas, decidir o que fazer quando o estado estável não chega — é o conteúdo do curso de Calorimetria Indireta.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

As duas revisões que sustentam o quadro acima chegam a recomendações próximas por caminhos distintos. A de Fullmer e colaboradores, de 2015, consolidou 43 trabalhos para responder a 21 perguntas sobre como confirmar que o indivíduo está mesmo em repouso. As exigências estão na Tabela 3.2, com a fonte de cada uma. Três costumam ser subestimadas: a meia hora deitado antes do registro conta como parte do exame e não como sala de espera; o ambiente precisa estar escuro e calado, em temperatura que não convoque termorregulação; e o repouso não admite leitura, música nem o hábito de mexer as pernas enquanto se espera. Os mesmos autores registram que apenas cinco das 21 conclusões alcançaram grau I ou II de evidência, o que delimita a força do conjunto. A revisão anterior, de Compheer e colaboradores, olhou o problema pelo lado dos interferentes. Nicotina, cafeína, álcool e alimento deslocam a TMR por um tempo que os estudos não fixaram, e o que decorre disso é controle prévio de cada um, não um intervalo cronometrado. A mesma revisão separa a atividade cotidiana, que se dissipa com repouso curto, do exercício moderado ou vigoroso, de efeito residual mais longo.

Fonte: (FULLMER et al., 2015); (COMPHER et al., 2006)

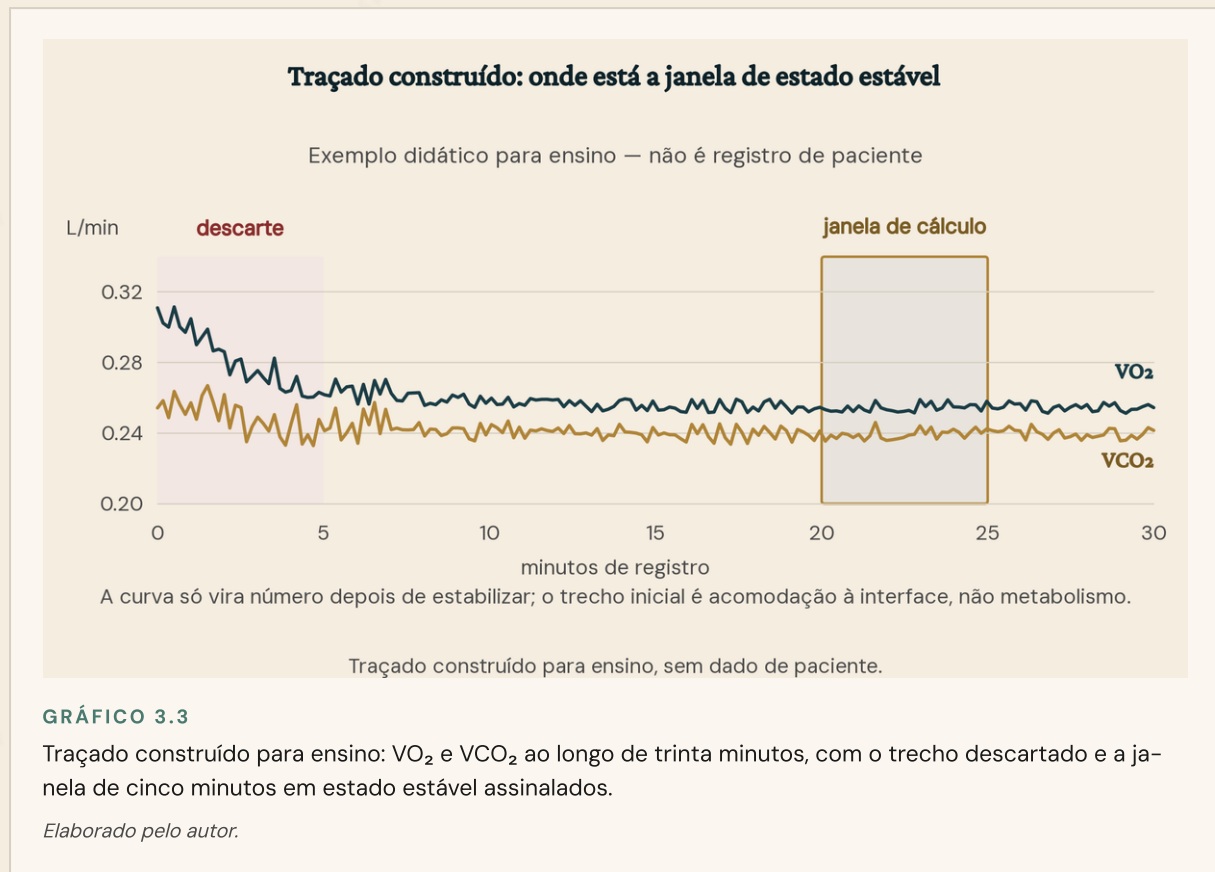
A Tabela 3.2 traduz essas exigências em itens de preparo, com a fonte de cada linha. Ela é o que se entrega ao paciente por escrito antes do agendamento.

TABELA 3.2 — PREPARO DO PACIENTE SEGUNDO OS PROTOCOLOS PUBLICADOS

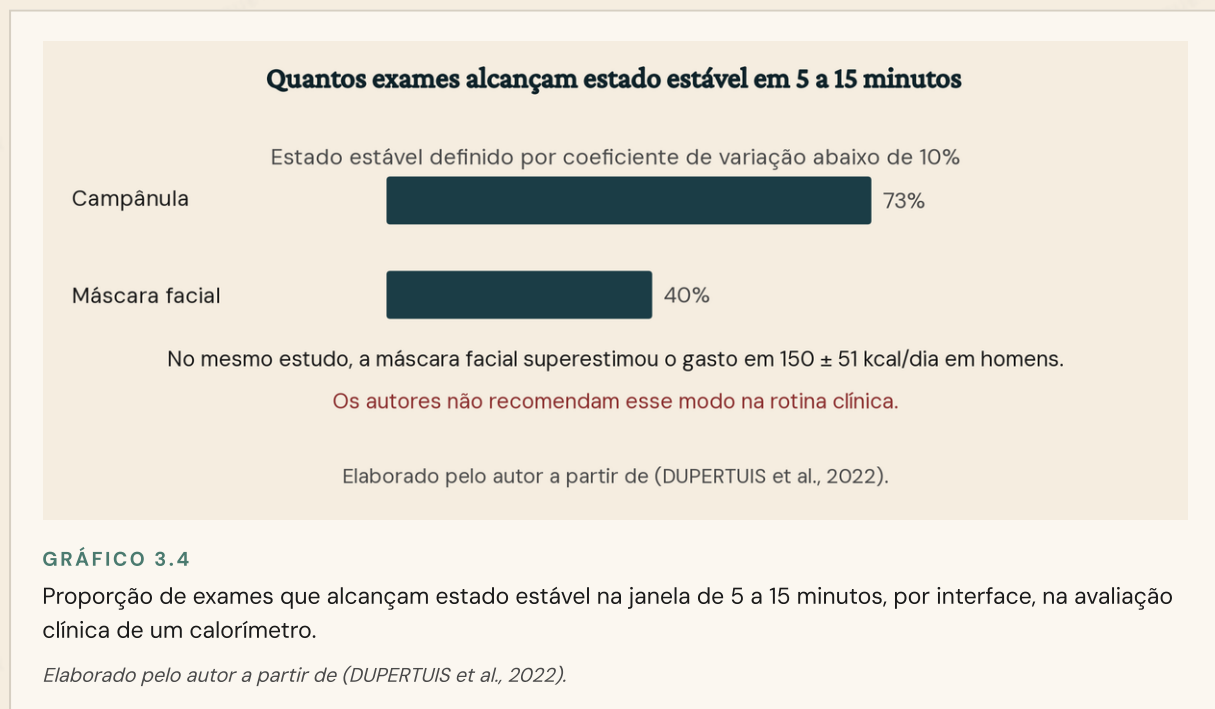
ITEM	O QUE A LITERATURA ENUNCIA	FONTE
Jejum	ao menos 7 horas	(FULLMER et al., 2015)
Alimento, álcool, cafeína e nicotina	controlados antes da medida, por afetarem a TMR por horas	(COMPHER et al., 2006)
Nicotina	efeito de duração desconhecida, superior a 140 minutos	(FULLMER et al., 2015)
Cafeína	efeito de duração desconhecida, superior a 240 minutos	(FULLMER et al., 2015)
Atividade cotidiana	repouso curto antes do teste dissipa o efeito	(COMPHER et al., 2006)
Exercício moderado ou vigoroso	efeito residual mais longo; controlar nas horas anteriores	(COMPHER et al., 2006)
Repouso imediato	30 minutos em decúbito dorsal	(FULLMER et al., 2015)
Ambiente	com pouca luz, calado e em temperatura que não convoque termorregulação	(FULLMER et al., 2015)
Durante o exame	sem música, sem leitura e sem inquietação motora	(FULLMER et al., 2015)

Isto descreve o que os protocolos de pesquisa exigem; a conduta para cada paciente é definida por quem o acompanha.

O critério de estabilidade é a parte quantitativa. O Gráfico 3.3 exibe um traçado construído para ensino, com VO_2 e VCO_2 ao longo de trinta minutos e a janela de cinco minutos em estado estável assinalada; o trecho inicial, descartado, é justamente aquele em que o paciente ainda se acomoda à interface.



Quanto tempo esperar até que essa janela apareça é uma questão empírica, e a interface influencia a resposta. O Gráfico 3.4 mostra o achado de um estudo clínico que comparou campânula e máscara facial em pacientes em respiração espontânea.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Dupertuis e colaboradores avaliaram, em pacientes adultos em respiração espontânea, um calorímetro operado em dois modos, contra um segundo aparelho em campânula. A diferença entre os modos apareceu logo no tempo até a janela útil: em campânula, 73% dos exames alcançaram estado estável — coeficiente de variação abaixo de 10% — entre 5 e 15 minutos de registro, contra 40% em máscara facial. O viés sistemático contra o comparador acompanhou a mesma direção, -14 quilocalorias por dia em campânula e 73 em máscara facial, e a dispersão das diferenças individuais dobrou de 236 para 484 quilocalorias por dia ao trocar uma interface pela outra. Os números descrevem aqueles aparelhos naquele protocolo.

Fonte: (DUPERTUIS et al., 2022)

A Tabela 3.5 fecha o capítulo com os critérios que um exame precisa satisfazer antes de ser interpretado. Eles funcionam como um portão: quem os aplica antes de olhar o valor de TMR evita a pior situação da prática, que é interpretar um artefato como achado.

TABELA 3.5 — CRITÉRIOS DE VALIDADE A VERIFICAR ANTES DE INTERPRETAR O RESULTADO

CRITÉRIO	VERIFICAÇÃO	FONTE
Janela em estado estável	CV abaixo de 10% no intervalo selecionado	(COMPHER et al., 2006)
Descarte inicial	trecho inicial excluído do cálculo	(COMPHER et al., 2006)
Duração adequada	janela de 5 minutos em estado estável dentro de 30 minutos de registro	(BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019)
QR na faixa fisiológica	valor compatível com oxidação de substratos em repouso	(MCCLAVE et al., 2003)
Condições de preparo cumpridas	jejum, repouso, ambiente e estimulantes conferidos	(FULLMER et al., 2015)
Interface adequada	em avaliação clínica de um calorímetro, o modo campânula alcançou estado estável com mais frequência que a máscara facial	(DUPERTUIS et al., 2022)

A linha de interface reflete os aparelhos e o protocolo do estudo citado; nenhum equipamento é recomendado aqui.

Conhecer o que valida um exame é a metade do trabalho. A outra metade é reconhecer, no dado bruto, as armadilhas que invalidam o número e ainda assim produzem um laudo de aparência normal — o assunto do próximo capítulo.

As armadilhas que invalidam o número

EM UMA FRASE

As falhas que mais prejudicam a leitura de uma calorimetria indireta não geram erro visível: elas produzem um resultado plausível e fisiologicamente falso.

Um exame pode cumprir quase tudo o que o capítulo anterior enumerou e ainda assim falhar em um item, sem avisar. Reconhecer essa falha no dado bruto é uma habilidade de leitura antes de ser uma habilidade técnica. O Infográfico 4.1 percorre as quatro armadilhas mais frequentes e mostra, para cada uma, a assinatura que ela deixa no traçado.

Quatro armadilhas e a assinatura de cada uma no dado

O que o traçado mostra quando o exame falha sem dar erro

1 · Vazamento na interface

Ar ambiente dilui o gás carbônico expirado; a produção medida cai e o QR desce junto.

Assinatura: QR abaixo de 0,70 em repouso — valor incompatível com a oxidação de qualquer substrato.

2 · Hiperventilação

Ansiedade, desconforto com a interface ou fala durante o registro eliminam gás carbônico de origem não metabólica.

Assinatura: QR acima de 1,00 em repouso.

3 · Janela instável aceita como estável

Nenhum valor sai da faixa fisiológica: a TMR apenas fica mais alta.

Assinatura: coeficiente de variação acima de 10% no intervalo selecionado.

4 · Reprodutibilidade confundida com acurácia

Medidas repetidas concordam entre si e discordam do método de referência.

Assinatura: viés sistemático com dispersão pequena.

Elaborado pelo autor a partir de (MCCLAVE et al., 2003), (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019) e (PURCELL et al., 2020).

INFOGRÁFICO 4.1

Quatro armadilhas frequentes e a assinatura que cada uma deixa no dado medido.

Elaborado pelo autor.

A primeira é o vazamento na interface. Ar ambiente entrando no circuito dilui o dióxido de carbono expirado; o VCO_2 cai, e o quociente respiratório (QR) desce junto. O resultado é um valor baixo que parece indicar oxidação preferencial de gordura — achado que muitos leitores gostariam de encontrar, o que torna a armadilha especialmente eficaz. Um QR abaixo de 0,70 em repouso não corresponde à oxidação de nenhum substrato conhecido. O que se está lendo ali é vedação.

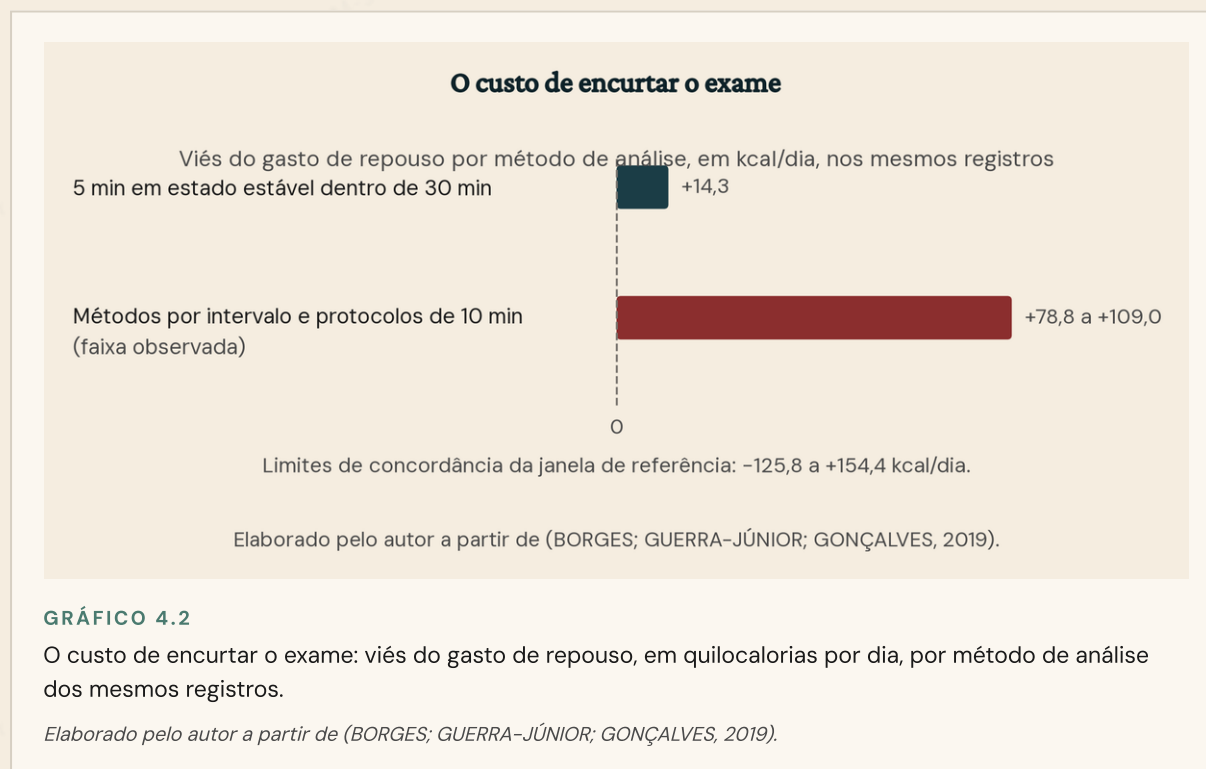
A segunda é a hiperventilação. Paciente ansioso, desconfortável com a interface ou simplesmente falando durante o registro elimina dióxido de carbono que não veio da oxidação daquele minuto; o QR sobe e pode ultrapassar 1,00. Em repouso, esse valor tem poucas explicações fisiológicas. A mais comum delas não tem nada de metabólico.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O estudo multicêntrico de McClave e colaboradores acompanhou 263 pacientes em suporte nutricional e testou se o quociente respiratório servia para ajustar o aporte. O teste falhou pelo lado que mais importa na beira do leito: um quociente não proteico acima de 1,00 identificou superalimentação com especificidade de 85,1%, porém escapou de mais da metade dos casos, com sensibilidade de 38,5%. Os autores são explícitos ao dizer que o índice não deve ser usado para ajuste fino da prescrição. Duas funções sobrevivem à análise, e nenhuma delas é prescritiva: o QR informa se a medida caiu onde a fisiologia de repouso permite, e sinaliza quando o regime ofertado começa a pesar sobre a ventilação do paciente.

Fonte: (MCCLAVE et al., 2003)

A terceira armadilha é a janela instável aceita como se fosse estável. Ela é a mais silenciosa, porque nenhum valor sai da faixa fisiológica: a taxa metabólica de repouso (TMR) apenas fica mais alta do que seria. O Gráfico 4.2 quantifica esse custo com dados de um estudo que testou diferentes métodos de análise nos mesmos registros.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O trabalho de Borges e colaboradores compara métodos de análise sobre os mesmos dados, o que isola o efeito da escolha de janela. Trinta adultos jovens foram registrados duas vezes seguidas, por trinta minutos, e cada registro foi lido de várias maneiras. Encurtar saiu caro: os protocolos abreviados de dez minutos e os métodos por intervalo devolveram um gasto de repouso significativamente mais alto, de 78,8 a 109,0 quilocalorias por dia acima da referência. A leitura que os autores recomendam — cinco minutos em estado estável dentro dos trinta, descartados os cinco iniciais — reproduziu a si mesma entre os dois registros, com viés de 14,3 quilocalorias por dia e limites de concordância de -125,8 a 154,4. Quando a janela não aparece, a saída que eles apontam é repetir a medida.

Fonte: (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019)

A quarta é confundir reprodutibilidade com acurácia. Um aparelho que devolve o mesmo valor em medidas repetidas pode estar sistematicamente deslocado em relação ao método de referência, e a constância do erro engana quem avalia o equipamento pela repetição — a consistência é justamente o que um viés sistemático produz, porque ele desloca todas as medidas na mesma direção e com magnitude parecida, sem introduzir dispersão adicional. Repetir não corrige. Confirma.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O estudo observacional de Purcell e colaboradores põe as duas propriedades lado a lado em 77 adultos, medidos por um calorímetro portátil de campânula e por calorimetria de corpo inteiro. Pela acurácia, o portátil ficou devendo: entregou 1.680 ± 420 contra 1.916 ± 461 quilocalorias por dia do método de referência, com limites de concordância de -727 a 246 quilocalorias por dia. Pela repetição, foi bem — o coeficiente de correlação intraclassa de 0,80 entre medidas do mesmo aparelho classifica a confiabilidade como boa. O viés era do aparelho, não da amostra: não acompanhou sexo, faixa de índice de massa corporal ou parâmetro de composição corporal.

Fonte: (PURCELL et al., 2020)

A escolha da interface tem peso próprio nesse conjunto, e a Tabela 4.3 resume o que o ensaio comparativo encontrou. O mesmo trabalho que documentou a diferença na obtenção de estado estável observou superestimativa de cerca de 150 quilocalorias por dia em homens medidos com máscara facial, e os autores recomendam não usar esse modo na rotina clínica.

TABELA 4.3 — CAMPÂNULA E MÁSCARA FACIAL NO MESMO ESTUDO CLÍNICO

ASPECTO	CAMPÂNULA	MÁSCARA FACIAL	FONTE
Estado estável em 5 a 15 min	73% dos pacientes	40% dos pacientes	(DUPERTUIS et al., 2022)
Viés contra o comparador	-14 kcal/dia	73 kcal/dia	(DUPERTUIS et al., 2022)
Dispersão (1,96 desvio-padrão)	236 kcal/dia	484 kcal/dia	(DUPERTUIS et al., 2022)
Observação dos autores	correlação mais forte com o comparador	superestimativa de 150 kcal/dia em homens; uso não recomendado na rotina	(DUPERTUIS et al., 2022)

Os valores descrevem os aparelhos e o protocolo do estudo citado; não constituem recomendação de equipamento.

O Esquema 4.4 encadeia essas verificações na ordem em que elas poupam trabalho: primeiro o que invalida, depois o que interpreta. Ele para onde o curso começa — quando a resposta é “exame inválido”, a conduta técnica de recuperação é conteúdo prático, e o material de referência sobre leitura de laudo é outro título desta série.



O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão de Achamrah e colaboradores, dedicada às principais questões do método na rotina, insiste em dois pontos que a prática esquece. O primeiro é de indicação: como qualquer técnica médica, a calorimetria indireta rende mais quando quem a solicita sabe também em que situações ela não cabe. O segundo é de tempo. Um valor medido descreve o momento em que foi obtido, e o gasto de um paciente pode se deslocar bastante ao longo da evolução clínica — o que faz da repetição parte do método, e não exceção.

Fonte: (ACHAMRAH et al., 2021)

Falta ver o conjunto funcionando. O capítulo a seguir constrói um exemplo didático para mostrar o que muda na conta quando o número medido difere do estimado.

Um caso construído: quando o número medido muda a conta

EM UMA FRASE

A diferença entre medir e estimar deixa de ser abstrata no momento em que ela entra na prescrição e se multiplica por todos os dias do plano.

Passadas as armadilhas que invalidam o exame, resta ver o conjunto funcionando quando nada falha. O Quadro 5.1 traz uma situação didática, montada para o ensino: nenhum paciente real, nenhum dado identificável, nenhum desfecho prometido.

Considere uma pessoa adulta cuja TMR estimada por equação fique em torno de 1.600 quilocalorias por dia. Ela chega com um histórico comum: um plano alimentar calculado sobre essa estimativa, aderência relatada como boa e um resultado abaixo do esperado. A CI é solicitada com preparo cumprido e o exame passa nos critérios de validade da Tabela 3.5 — estado estável alcançado, coeficiente de variação dentro do limite, QR em faixa fisiológica.

Suponha que a TMR medida seja cerca de 200 quilocalorias por dia menor que a predita. A magnitude é plausível à luz do que o Gráfico 2.1 mostrou sobre limites de concordância individuais: no estudo de mantenedores de perda de peso, diferenças entre medida e predição chegaram a 257 quilocalorias por dia em um sentido e 163 no outro, com acerto na média do grupo.

O que acontece com o plano é aritmético. Um déficit planejado sobre a estimativa deixa de ser o déficit real, e a diferença se acumula dia após dia até que o descompasso entre o esperado e o observado deixe de ser um enigma de adesão.

A leitura do QR entra em seguida, com o limite que o capítulo anterior estabeleceu. O quociente serve para confirmar que o exame é válido e para descrever a mistura de substratos naquele momento; o tutorial europeu sobre interpretação insiste que o valor medido se lê junto de outras observações clínicas e de marcadores laboratoriais, e não isolado. Um QR de repouso relativamente alto em jejum convida a investigar, não a concluir. O que se investiga depende inteiramente de quem é a pessoa — o mesmo valor tem significados diferentes conforme o padrão alimentar das últimas semanas, o estado de treinamento, o uso de medicamentos que alteram o tônus simpático e a própria hora do exame. A comparação que sustenta uma leitura útil é sempre com uma medida anterior da mesma pessoa, feita nas mesmas condições, e não com uma faixa de referência populacional.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O tutorial de Berger e colaboradores, construído sobre casos, define o quociente respiratório como a razão entre o gás carbônico expirado e o oxigênio consumido e o trata como leitura de qual combustível o organismo consegue queimar naquele momento. O ponto que o texto sustenta com mais força é de método: o valor medido não decide nada sozinho. Nos casos apresentados, ele é cruzado com o que o exame clínico e o laboratório já mostravam, e é dessa leitura conjunta que sai a mudança de prescrição. O fecho é honesto quanto ao alcance do método: reconhece onde ele não chega e indica o que usar nesses casos.

Fonte: (BERGER et al., 2024)

Caso construído para ensino

Situação didática, sem paciente real e sem dado identificável

Ponto de partida

TMR estimada por equação em torno de 1.600 kcal/dia. Plano alimentar calculado sobre essa estimativa; aderência relatada como boa; resultado abaixo do esperado.

O exame

Preparo cumprido. Estado estável alcançado, coeficiente de variação dentro do limite, QR em faixa fisiológica — o exame passa nos critérios de validade.

O achado

TMR medida cerca de 200 kcal/dia menor que a predita. Magnitude compatível com os limites de concordância individuais descritos na literatura.

O que muda na conta

O déficit planejado sobre a estimativa deixa de ser o déficit real, e a diferença se acumula todos os dias do plano.

O que NÃO muda

A decisão sobre dieta, treino e medicamento continua sendo de quem acompanha a pessoa. O exame informa a conta; não a substitui.

Caso construído para ensino. Nenhum paciente real.

Elaborado pelo autor.

QUADRO 5.1

Caso construído para ensino: o percurso da estimativa à medida e o que muda na conta. Situação didática, sem paciente real.

Elaborado pelo autor.

O que muda na conduta é mais sóbrio do que a expectativa costuma sugerir. O número medido substitui a estimativa como base do cálculo e passa a ser o valor de referência para o

seguimento; a divergência entre medido e predito vira um dado a acompanhar, com o cuidado de registrar qual equação gerou a predição, já que trocar de equação altera a divergência sem que nada tenha mudado no paciente. A decisão sobre a prescrição continua sendo de quem acompanha a pessoa. O exame é um insumo entre outros.

O teste-reteste é o uso que mais se ganha em ter um número próprio. Medir de novo, com o mesmo preparo, o mesmo horário e a mesma interface, transforma a comparação em desfecho objetivo — desde que a padronização seja real, porque sem ela não se distingue a mudança do paciente da variação do método. Como ler essa comparação em série, com os critérios de mudança relevante e o formato de laudo que a sustenta, é matéria de curso.

O capítulo final diz exatamente onde este material para e o que fica para a formação prática.

Onde este material para e o curso começa

EM UMA FRASE

Este material entrega o fundamento, o panorama da evidência e um quadro-síntese; a execução do exame e a tomada de decisão sobre o laudo ficam na formação prática.

O caso construído do capítulo anterior parou no ponto em que a pergunta deixa de ser conceitual e passa a ser operacional. O Quadro 6.1 torna essa fronteira explícita, item por item.

O que este material cobre e o que fica na formação prática

A fronteira, item por item

Item	Neste material	Onde mais
Fundamento: gases medidos e equação de Weir	sim	—
Panorama da evidência: medida × predição	sim	—
Critérios publicados de validade	sim	—
Armadilhas e assinatura no dado	sim	—
Configuração e calibração do aparelho	—	curso
Vedação da interface e condução do registro	—	curso
Depuração das curvas brutas	—	curso
O que fazer quando o estado estável não chega	—	curso
Roteiro de laudo	—	curso
Critérios de mudança relevante no teste-reteste	—	curso
Série de casos comentados	—	curso

Curso de Calorimetria Indireta: lista de espera. MEV 3.0 Hands-On: turma em 13 e 14 de novembro de 2026.

Elaborado pelo autor.

QUADRO 6.1

A fronteira entre este material e a formação prática, item por item.

Elaborado pelo autor.

Três blocos ficaram deliberadamente de fora, e vale nomeá-los. O primeiro é a execução: configuração e calibração do aparelho, escolha e vedação da interface, condução do regist-

ro e depuração das curvas brutas. Nada disso se aprende por texto. O segundo bloco é o enfrentamento de falhas — o que fazer quando o estado estável não chega, quando o quociente respiratório (QR) sai da faixa fisiológica, quando o paciente não tolera a interface e a medida precisa ser interrompida antes do tempo previsto. O terceiro é a tomada de decisão, e é o mais longo: o roteiro de laudo, os critérios que definem mudança relevante em um teste-reteste, a série de casos comentados que transforma leitura em conduta.

A razão de tê-los deixado fora é simples. Um passo a passo operacional lido sem prática vira lista de conferência decorada, e lista decorada não sobrevive ao primeiro exame que sai do roteiro.

O curso de **Calorimetria Indireta** da Vida Ativa Ensino cobre esses blocos, com as aulas de bancada gravadas e o material de apoio. Ele está em **lista de espera**; quem se inscreve recebe o aviso de abertura de turma. Para quem trabalha com prescrição de estilo de vida e quer o método dentro de um percurso mais amplo, o **MEV 3.0 Hands-On** tem turma marcada para **13 e 14 de novembro de 2026**.

A leitura do laudo em profundidade é assunto de outros títulos desta mesma série. Um deles trata da interpretação do QR em cada cenário clínico. Outro se ocupa da comparação entre medida e predição depois de ajustada pela massa livre de gordura (MLG), que é onde boa parte da discordância aparente se dissolve. Um terceiro reúne os erros de interpretação mais frequentes. Cada um trata do seu tema com a mesma régua de evidência que este usou.

Calorimetria indireta: o material em uma página

Fundamento · evidência · validade · limite

1 · O que o método mede

Oxigênio consumido e gás carbônico produzido são medidos; a TMR e o QR são calculados a partir deles.

A equação de Weir converte as duas medidas em quilocalorias por dia.

QR é de repouso. RER é do esforço e incorpora gás carbônico não metabólico.

2 · Medida e predição

Equações antropométricas simples são imprecisas no indivíduo (ICALIC, 2017).

Obesidade grave: as duas equações mais acuradas ficaram em -12,4 e -18,9 kcal/dia de viés médio; as demais tenderam a subestimar (metanálise de 40 estudos, 2024).

Atleta e idoso: bases de derivação sub-representadas; a dispersão individual persiste mesmo com viés médio pequeno.

3 · O que valida o exame

Jejum de ao menos 7 h; 30 min de repouso em ambiente termoneutro, silencioso e com pouca luz.

Nicotina: efeito superior a 140 min. Cafeína: superior a 240 min.

Janela de 5 min em estado estável dentro de 30 min, com CV abaixo de 10%.

Campânula alcança estado estável em 73% dos exames na janela de 5 a 15 min; máscara facial, em 40%.

4 · As armadilhas

Vazamento: QR abaixo de 0,70 em repouso.

Hiperventilação: QR acima de 1,00 em repouso.

Janela instável: viés de +78,8 a +109,0 kcal/dia nos protocolos abreviados.

Reprodutibilidade não é acurácia: o aparelho repete o valor e erra o alvo.

5 · Onde este material para

Execução, depuração das curvas, roteiro de laudo e casos comentados ficam na formação prática.

Curso de Calorimetria Indireta: lista de espera. MEV 3.0 Hands-On: turma em 13 e 14 de novembro de 2026.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345)
médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

FIGURA 6.2

Resumo em uma página: o método, o que valida o exame, onde a equação erra e o que fica para a formação prática.

Elaborado pelo autor.

A Figura 6.2 condensa o material inteiro em uma página, para uso de consulta. Ela repete, em forma gráfica, a única ideia que atravessa os seis capítulos: o valor de uma calorimetria indireta (CI) nasce inteiramente da qualidade das condições em que ela foi obtida. Um exame bem feito devolve um número que pertence àquela pessoa; um exame mal feito devolve um número que pertence ao artefato — e os dois chegam ao laudo com a mesma aparência.

LEVE PARA A PRÁTICA

- Confira as condições de preparo **antes** de olhar o valor de TMR: um exame que falhou no preparo devolve um número plausível e sem significado.
- Use o QR como verificação de validade do exame, na faixa fisiológica da Tabela 1.3, e não como instrumento de ajuste fino da prescrição.
- Ao comparar medida e predição, registre a equação usada e a população em que ela foi derivada: é ali que mora a maior parte da discordância.
- Padronize horário, preparo e interface se pretende repetir o exame; sem padronização, a comparação em série não distingue paciente de método.
- A decisão sobre dieta, treino e medicamento continua sendo de quem acompanha a pessoa. O exame informa a conta; não a substitui.

Glossário

Termos que aparecem no material e costumam gerar dúvida.

CI

calorimetria indireta; método que estima a produção de energia a partir das trocas gasosas respiratórias.

TMR

taxa metabólica de repouso; energia gasta em repouso e em jejum, expressa em quilocalorias por dia.

QR

quociente respiratório; razão entre VCO_2 e VO_2 medida em repouso.

RER

razão de troca respiratória; o análogo do QR medido durante o esforço, que pode ultrapassar 1,00 por incorporar CO_2 de origem não metabólica.

VO_2

consumo de oxigênio por unidade de tempo.

VCO_2

produção de dióxido de carbono por unidade de tempo.

Estado estável

janela da medida em que VO_2 e VCO_2 variam pouco o bastante para representar o metabolismo de repouso.

CV

coeficiente de variação; desvio-padrão dividido pela média, em porcentagem.

Viés

diferença média entre um método e o método de referência.

Limites de concordância

faixa que contém a maior parte das diferenças individuais entre dois métodos.

MLG

massa livre de gordura; compartimento corporal que responde pela maior parte da TMR.

Referências

Lista formatada segundo a ABNT NBR 6023. As citações no corpo do texto seguem o sistema autor-data e remetem a esta lista.

- ACHAMRAH, N. et al. Indirect calorimetry: The 6 main issues. **Clinical nutrition**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 4–14, 2021. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.06.024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.06.024>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 32709554.
- BERGER, M. M. et al. How to interpret and apply the results of indirect calorimetry studies: A case-based tutorial. **Clinical nutrition ESPEN**, [S. l.], v. 63, p. 856–869, 2024. DOI: 10.1016/j.clnesp.2024.07.1055. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.07.1055>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 39098603.
- BORGES, J. H.; GUERRA-JÚNIOR, G.; GONÇALVES, E. M. Methods for data analysis of resting energy expenditure measured using indirect calorimetry. **Nutrition**, [S. l.], v. 59, p. 44–49, 2019. DOI: 10.1016/j.nut.2018.07.015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.07.015>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 30419499.
- CAMPOS, T. A. M. et al. Adequacy of basal metabolic rate prediction equations in individuals with severe obesity: A systematic review and meta-analysis. **Obesity reviews**, [S. l.], v. 25, n. 6, p. e13739, 2024. DOI: 10.1111/obr.13739. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/obr.13739>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 38548479.
- COMPHER, C. et al. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, [S. l.], v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006. DOI: 10.1016/j.jada.2006.02.009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.02.009>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 16720129.
- DUPERTUIS, Y. M. et al. Clinical evaluation of the new indirect calorimeter in canopy and face mask mode for energy expenditure measurement in spontaneously breathing patients. **Clinical nutrition**, [S. l.], v. 41, n. 7, p. 1591–1599, 2022. DOI: 10.1016/j.clnu.2022.05.018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.05.018>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 35671611.
- FRANKENFIELD, D.; ROTH-YOUSEY, L.; COMPHER, C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, [S. l.], v. 105, n. 5, p. 775–89, 2005. DOI: 10.1016/j.jada.2005.02.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.005>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 15883556.
- FULLMER, S. et al. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, [S. l.], v. 115, n. 9, p. 1417–1446.e2, 2015. DOI: 10.1016/j.jand.2015.04.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 26038298.
- HAUGEN, H. A.; CHAN, L. N.; LI, F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. **Nutrition in clinical practice**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 377–88, 2007. DOI: 10.1177/0115426507022004377. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0115426507022004377>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 17644692.
- ITOI, A. et al. Validity of predictive equations for resting metabolic rate in healthy older adults. **Clinical nutrition ESPEN**, [S. l.], v. 22, p. 64–70, 2017. DOI: 10.1016/j.clnesp.2017.08.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.08.010>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 29415836.
- MCCLAVE, S. A. et al. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. **JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 21–6, 2003. DOI: 10.1177/014860710302700121. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/014860710302700121>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 12549594.

- MTAWEH, H. et al. Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application. **Frontiers in pediatrics**, [S. l.], v. 6, p. 257, 2018. DOI: 10.3389/fped.2018.00257. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fped.2018.00257>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 30283765.
- OSHIMA, T. et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. **Clinical nutrition**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 651-662, 2017. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.06.010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.06.010>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 27373497.
- OSTENDORF, D. M. et al. No consistent evidence of a disproportionately low resting energy expenditure in long-term successful weight-loss maintainers. **The American journal of clinical nutrition**, [S. l.], v. 108, n. 4, p. 658-666, 2018. DOI: 10.1093/ajcn/nqy179. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy179>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 30321282.
- PAVLIDOU, E. et al. Revised Harris-Benedict Equation: New Human Resting Metabolic Rate Equation. **Metabolites**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 189, 2023. DOI: 10.3390/metabo13020189. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/metabo13020189>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 36837808.
- PURCELL, S. A. et al. Accuracy and reliability of a portable indirect calorimeter compared to whole-body indirect calorimetry for measuring resting energy expenditure. **Clinical nutrition ESPEN**, [S. l.], v. 39, p. 67-73, 2020. DOI: 10.1016/j.clnesp.2020.07.017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.07.017>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 32859331.
- SCHOFIELD, K. L.; THORPE, H.; SIMS, S. T. Resting metabolic rate prediction equations and the validity to assess energy deficiency in the athlete population. **Experimental physiology**, [S. l.], v. 104, n. 4, p. 469-475, 2019. DOI: 10.1113/EP087512. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/EP087512>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 30758869.
- WEIR, J. B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **The Journal of physiology**, [S. l.], v. 109, n. 1-2, p. 1-9, 1949. DOI: 10.1113/jphysiol.1949.sp004363. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1949.sp004363>. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 15394301.

Sobre o autor

Dr. Mateus Antunes Nogueira

CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)

Atua em cirurgia do aparelho digestivo e em avaliação metabólica aplicada à clínica e ao desempenho. Coordena os cursos da Vida Ativa Ensino dirigidos a profissionais de saúde e mantém, na Oxy Recovery, um programa de avaliação metabólica que integra calorimetria indireta, teste cardiopulmonar de exercício e composição corporal.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Transparência e licenças

Esta página declara a origem de cada figura usada no material, a base das informações e as condições de uso.

Figuras e ilustrações

ITEM	ASSUNTO	ARQUIVO	ORIGEM E LICENÇA
Figura 1.1	O circuito aberto com câmpula ventilada: do ar expirado aos analisadores de oxigênio e de gás carbônico.	fig_1_1_circuito_aberto_canopy.png	Elaborado pelo autor.
Infográfico 1.2	A equação de Weir termo a termo: o que cada termo representa e quais premissas ela assume.	fig_1_2_equacao_weir.png	Elaborado pelo autor a partir de (WEIR, 1949).
Gráfico 2.1	Viés médio e faixa das diferenças individuais em duas comparações de método, em quilocalorias por dia: calorímetro portátil contra câmara de corpo inteiro, e predição contra medida em mantenedores de perda de peso.	graf_2_1_medida_vs_predita.png	Elaborado pelo autor a partir de (PURCELL et al., 2020) e (OSTENDORF et al., 2018).
Gráfico 2.2	Viés das equações preditivas contra a medida em adultos com obesidade grave, com o intervalo de confiança de 95% das duas de melhor desempenho: a da Organização Mundial da Saúde baseada no peso e a de Harris-Benedict.	graf_2_2_equacoes_obesidade_grave.png	Elaborado pelo autor a partir de (CAMPOS et al., 2024).
Infográfico 3.1	A linha do tempo do exame: aclimação, trecho descartado e janela de cálculo em estado estável.	fig_3_1_linha_do_tempo_exame.png	Elaborado pelo autor a partir de (FULLMER et al., 2015) e (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019).
Gráfico 3.3	Traçado construído para ensino: VO_2 e VCO_2 ao longo de trinta minutos, com o trecho descartado e a janela de cinco minutos em estado estável assinalados.	graf_3_3_tracado_estado_estavel.png	Elaborado pelo autor.
Gráfico 3.4	Proporção de exames que alcançam estado estável na janela de 5 a 15 minutos, por interface, na avaliação clínica de um calorímetro.	graf_3_4_estado_estavel_por_interface.png	Elaborado pelo autor a partir de (DUPERTUIS et al., 2022).

Infográfico 4.1	Quatro armadilhas frequentes e a assinatura que cada uma deixa no dado medido.	fig_4_1_armadilhas_no_dado.png	Elaborado pelo autor.
Gráfico 4.2	O custo de encurtar o exame: viés do gasto de repouso, em quilocalorias por dia, por método de análise dos mesmos registros.	graf_4_2_custo_de_encurtar.png	Elaborado pelo autor a partir de (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019).
Esquema 4.4	Fluxograma de decisão: este exame é válido? As verificações na ordem em que pouparam trabalho.	fig_4_4_fluxograma_validade.png	Elaborado pelo autor.
Quadro 5.1	Caso construído para ensino: o percurso da estimativa à medida e o que muda na conta. Situação didática, sem paciente real.	fig_5_1_caso_construido.png	Elaborado pelo autor.
Quadro 6.1	A fronteira entre este material e a formação prática, item por item.	fig_6_1_o_que_fica_no_curso.png	Elaborado pelo autor.
Figura 6.2	Resumo em uma página: o método, o que valida o exame, onde a equação erra e o que fica para a formação prática.	fig_6_2_resumo_em_uma_pagina.png	Elaborado pelo autor.

Base das informações

O texto foi escrito a partir de diretrizes e posicionamentos de sociedades, de ensaios randomizados e de metanálises publicados em revistas com revisão por pares, listados na seção de Referências. Cada afirmação numérica remete a uma fonte identificada por PMID, validada pelo serviço E-utilities do NCBI. As citações seguem o formato autor-data (ABNT NBR 10520) e a lista final, a ABNT NBR 6023.

Conflitos de interesse

O autor declara não ter recebido patrocínio, amostras, honorários ou qualquer outra contrapartida de fabricantes de calorímetros, analisadores de gases, alimentos, suplementos ou medicamentos. Nenhum equipamento é nomeado, recomendado, comparado comercialmente ou classificado nesta obra: os estudos citados são descritos pelo que mediram, não pelo aparelho que usaram.

Condições de uso

© 2026 Dr. Mateus Antunes Nogueira. A leitura e a impressão para uso pessoal são permitidas. Reprodução, redistribuição, venda, edição de trechos e uso para treinamento de sistemas automatizados dependem de autorização escrita do autor. Cada exemplar traz marcação de origem no fundo e no pé de página.

Colofão. Composto em Crimson Pro (display) e DM Sans (corpo), do Vida Ativa Ensino Design System. Paginado com CSS Paged Media e gerado em 2026. Formato A4 retrato. Dr. Mateus Antunes Nogueira · CRM-SP 97.070 · Cirurgião do Aparelho Digestivo (RQE 46345) · médico do esporte e nutrólogo (pós-graduado)