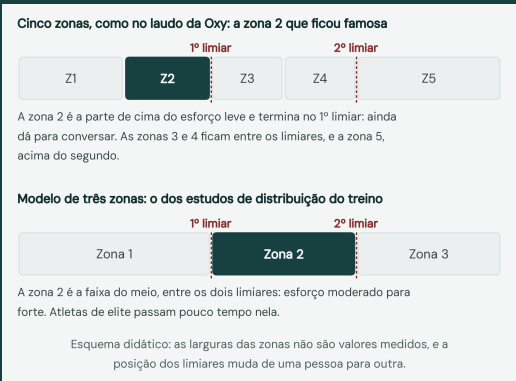


Zona 2

O que é, como encontrar a sua e por que o relógio pode errar



Dr. Mateus Antunes Nogueira

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



Zona 2

O que é, como encontrar a sua e por que o relógio pode errar

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	Endurance · volume 23
EDIÇÃO	1ª edição
ANO	2026
LOCAL	São Paulo, SP — Brasil
IDIOMA	Português (Brasil)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Este material foi escrito para ajudar você a entender o que o seu corpo faz com o que come, com o que treina e com o que descansa — e a conversar melhor com a sua equipe de saúde. Ele não estabelece diagnóstico, não indica tratamento para o seu caso e não cria vínculo médico-paciente. Cada pessoa é diferente: apenas uma avaliação presencial, com exame físico e exames complementares, permite definir a conduta adequada ao seu caso. Nenhum medicamento, suplemento, dieta ou plano de treino descrito aqui é recomendação individual. Em caso de sintomas agudos, procure atendimento de urgência.

© 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

Antes de começar	4
1. A mesma palavra para duas faixas	5
2. Por que a base aeróbia importa	10
3. Medida ou calculada: como encontrar a sua	15
4. Por que o relógio pode errar	22
5. Como usar sem receita individual	26
6. O que o teste cardiopulmonar entrega, e o que perguntar	28
Glossário	32
Referências	34
Sobre o autor	37
Transparência e licenças	38

Antes de começar

Este guia é para quem treina por gosto — corre, pedala, nada ou caminha em ritmo firme — e para quem viu o peso travar mesmo fazendo a sua parte. Talvez o seu relógio diga que metade do treino fica na zona 2. Um amigo que pedala insiste que a zona 2 dele é outra coisa, e na academia a mesma faixa ganhou o apelido de zona de queima de gordura. Qual é a sua zona 2, de verdade? Dá para confiar no relógio?

Nas páginas a seguir nós separamos os dois sentidos do nome e mostramos o que acontece no corpo nessa faixa de esforço; depois comparamos o que se mede com o que se calcula, e vemos onde o relógio acerta e onde pode errar. Nenhuma faixa de frequência cardíaca é prescrita aqui, porque a sua depende de uma medida sua e quem a transforma em treino é a equipe que acompanha você.

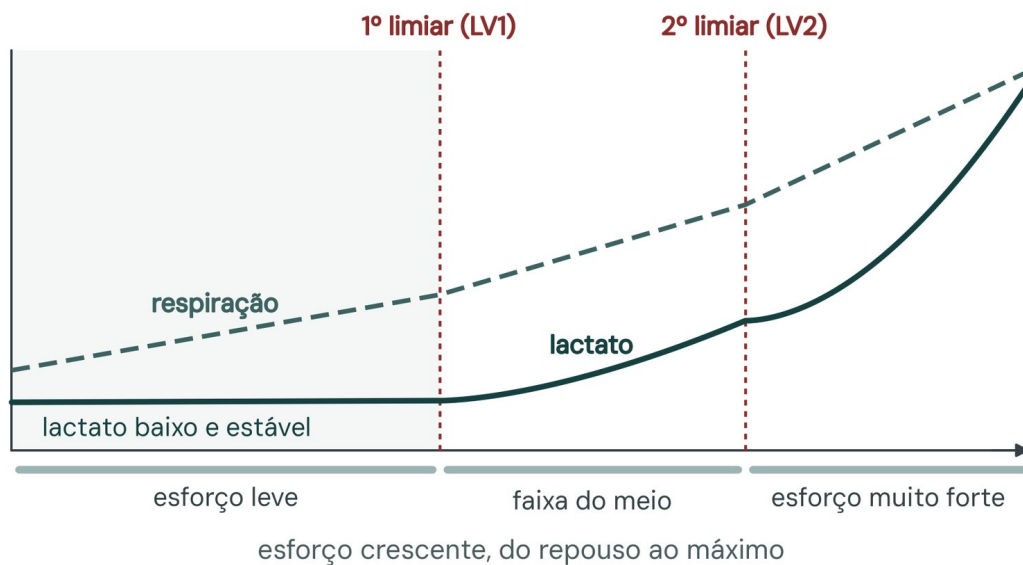
A mesma palavra para duas faixas

EM UMA FRASE

“Zona 2” tem dois significados: num modelo, é a parte de cima do esforço leve; no outro, é a faixa do meio, entre os dois limiares.

Na mesma conversa, a expressão “zona 2” pode apontar para esforços diferentes. Para entender por quê, olhe primeiro para a régua sobre a qual as zonas são contadas.

Pense num esforço que começa leve e cresce aos poucos, como num teste em esteira: ao longo desse caminho há dois pontos em que o corpo muda de comportamento, e os fisiologistas os chamam de limiares. No primeiro, o lactato começa a se acumular no sangue e a respiração acelera. No segundo, mais acima, ela acelera de novo. O Esquema 1.1 desenha esse caminho sem números. A posição dos dois pontos muda de uma pessoa para outra.



Esquema didático, sem dados de estudo: a posição dos dois limiares muda de uma pessoa para outra.

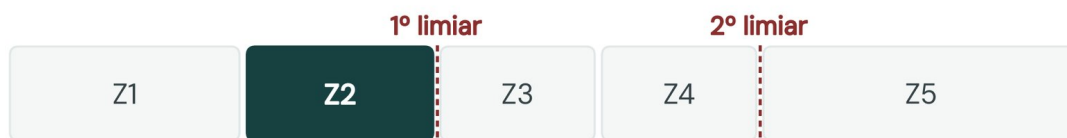
ESQUEMA 1.1

A régua do esforço crescente e os dois limiares: o lactato e a respiração ao longo da carga (esquema didático, sem dados de estudo).

Elaborado pelo autor a partir de (POOLE et al., 2021).

É nessa régua que o nome se divide. Nos modelos de cinco zonas, a zona 2 costuma ser a parte de cima do esforço leve, até o primeiro limiar; foi essa a zona 2 que ficou famosa, e uma revisão de 2025 a define exatamente assim, como esforço leve abaixo do limiar de lactato. Nos estudos que descrevem como atletas distribuem o treino, porém, é comum outro arranjo, com três zonas separadas pelos dois limiares. Nele, a zona 2 é a faixa do meio. O Infográfico 1.2 põe os dois modelos lado a lado.

Cinco zonas, como no laudo da Oxy: a zona 2 que ficou famosa



A zona 2 é a parte de cima do esforço leve e termina no 1º limiar: ainda dá para conversar. As zonas 3 e 4 ficam entre os limiares, e a zona 5, acima do segundo.

Modelo de três zonas: o dos estudos de distribuição do treino



A zona 2 é a faixa do meio, entre os dois limiares: esforço moderado para forte. Atletas de elite passam pouco tempo nela.

Esquema didático: as larguras das zonas não são valores medidos, e a posição dos limiares muda de uma pessoa para outra.

INFOGRÁFICO 1.2

As duas “zonas 2”: no modelo de cinco zonas (como no laudo da Oxy Recovery), a faixa logo abaixo do primeiro limiar; no modelo de três zonas, a faixa entre os dois limiares.

Elaborado pelo autor a partir de (SEILER; KJERLAND, 2006), (STOROSCHUK et al., 2025) e (SEILER-VIKEN et al., 2025).

Qual dos dois arranjos prevalece entre quem treina? Uma pesquisa internacional perguntou.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Setecentos e setenta e oito praticantes de esportes de resistência, de vários níveis, modalidades e regiões do mundo, responderam a um questionário sobre as zonas que usam. Entre as 710 respostas sobre o número de zonas, a escala de cinco apareceu em 47%, à frente de qualquer outra. Onde começam as primeiras zonas, em porcentagem da frequência cardíaca máxima, mudou de uma região para outra e de um esporte para outro. Os ciclistas marcaram mais baixo o começo das três primeiras. Para os autores, isso pode ajudar a explicar a popularidade do treino na zona 2 no ciclismo.

Fonte: (SEILER-VIKEN et al., 2025)

Quando alguém diz que treina na zona 2, vale perguntar em qual modelo. No de cinco zonas, é um esforço em que ainda se conversa. No de três, já é moderado para forte.

Abaixo do primeiro limiar o lactato do sangue fica baixo e estável. Ele não some. O músculo produz lactato o tempo todo e também o queima como combustível, e o nível que aparece no sangue é um saldo, como a água de uma pia com a torneira e o ralo abertos ao mesmo tempo: enquanto o ralo dá conta, a água não sobe. No primeiro limiar, a torneira começa a vencer.

Durante décadas esse ponto foi chamado de limiar anaeróbio, como se ali o músculo passasse a trabalhar sem oxigênio. O nome ainda aparece em laudos e academias. A explicação por trás dele caiu.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

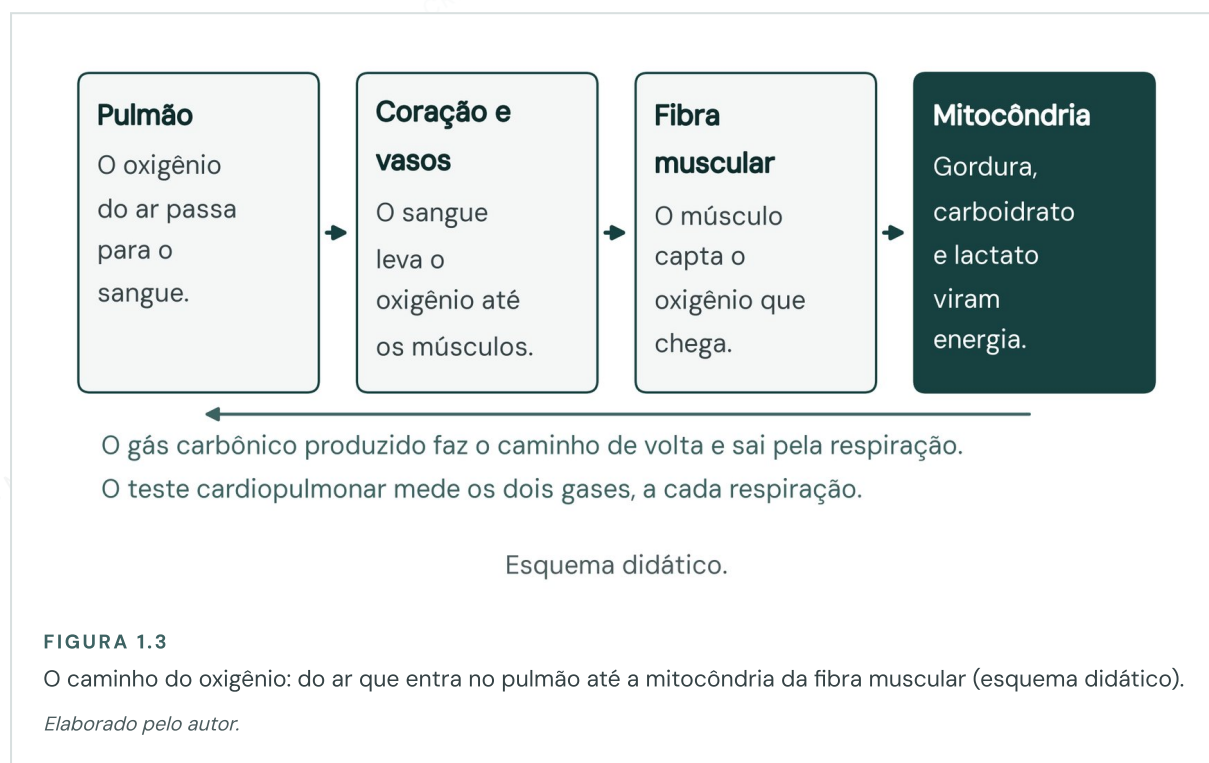
Quatro fisiologistas revisaram cinquenta anos de debate sobre o limiar anaeróbio. Na formulação original, a subida do lactato vinha de oxigênio que faltava ao músculo. Essa premissa não resistiu ao escrutínio. O lactato sobe porque a carga maior acelera a quebra de glicose, e o músculo passa a produzir e a consumir mais dele. Sinal de músculo em falta de oxigênio, a revisão não encontra. O lactato saiu da história com três papéis: sinal entre os tecidos, combustível e matéria-prima para o fígado fazer glicose. Para o treino e para a clínica, a revisão mantém o valor prático do limiar estimado pela respiração, sem agulha.

Fonte: (POOLE et al., 2021)

A mistura de combustível também muda ao longo da régua. Em esforço leve a gordura pesa mais na conta, sobretudo em quem treina; conforme a carga sobe, o carboidrato as-

oidrato passa à frente e descreveram como o treino aeróbio amplia o uso de gordura no esforço leve e moderado.

Essa troca acontece dentro das mitocôndrias, as usinas da célula, com o oxigênio que chega pelo sangue. A Figura 1.3 segue esse oxigênio do pulmão até a fibra muscular. Dentro da fibra, a Figura 1.4 aponta as mitocôndrias.



Um estudo pôs lado a lado três perfis bem diferentes.

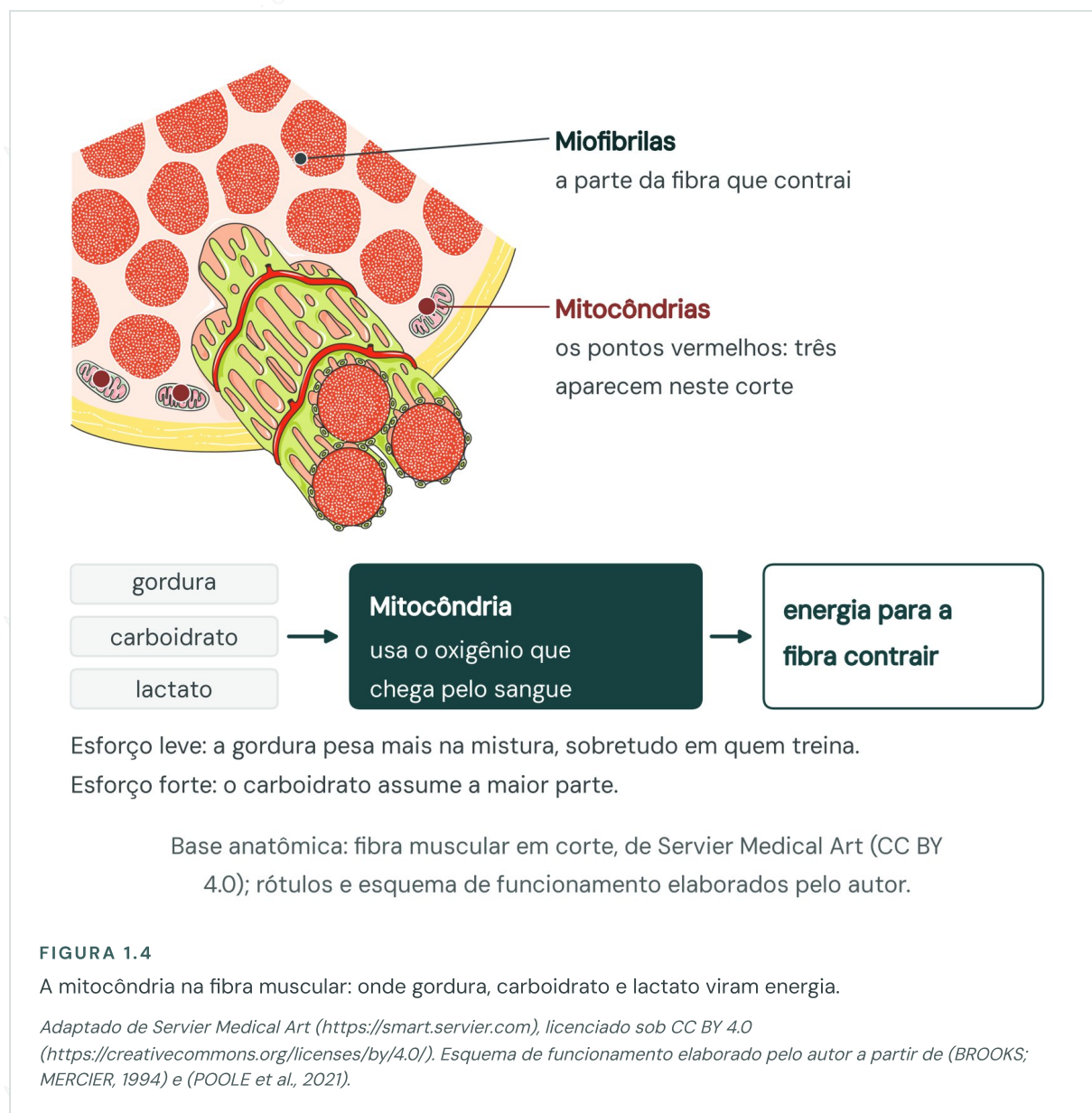
O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Pessoas com síndrome metabólica, pessoas moderadamente ativas e atletas profissionais de resistência fizeram esforço crescente, com medida dos gases da respiração e do lactato do sangue. Os profissionais queimaram mais gordura e tiveram menos lactato que os outros dois grupos. Dentro de cada grupo, as duas medidas andaram em sentidos opostos, com correlação de $-0,97$ nos atletas, $-0,98$ nos moderadamente ativos e $-0,92$ na síndrome metabólica. Para os autores, a flexibilidade do metabolismo pode ser lida de forma indireta pelas duas curvas, medidas juntas no esforço.

Fonte: (SAN-MILLÁN; BROOKS, 2018)

Daí vem o apelido de zona de queima de gordura. Ele descreve a mistura de combustível durante o treino. Semana após semana, o peso responde a outra conta: a do que se come

e do que se gasta no dia inteiro, em que o treino leve é uma parcela entre várias.



PERGUNTE AO SEU MÉDICO

- Quando o meu relógio ou o meu treinador falam em zona 2, qual modelo de zonas estão usando?
- A minha zona 2 foi definida por uma medida ou por uma fórmula?

Saber o que acontece nessa faixa ainda não diz por que ela merece o seu tempo. O capítulo sobre a base aeróbica responde com os números dos estudos.

Por que a base aeróbia importa

EM UMA FRASE

A aptidão cardiorrespiratória acompanha o risco de morrer por qualquer causa, e o treino mexe nela.

Separados os dois sentidos da palavra, e as duas faixas que ela nomeia, a pergunta seguinte é de saúde. O que a capacidade aeróbia muda na vida de quem não compete?

O indicador que os estudos acompanham é a aptidão cardiorrespiratória, a capacidade do corpo de captar oxigênio e usá-lo no esforço; um estudo com mais de cem mil pessoas que fizeram teste de esteira dá a medida do que ela pesa.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

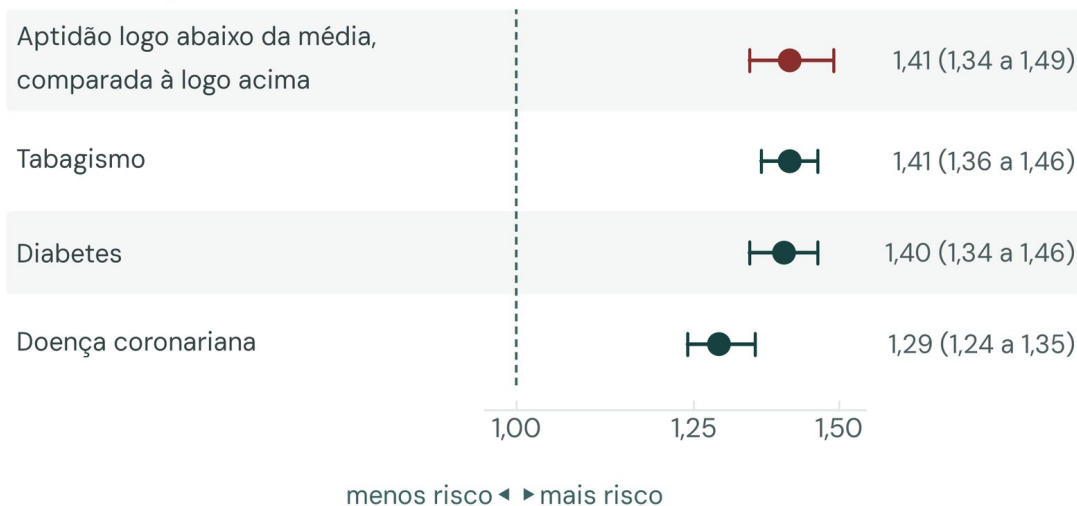
Foram 122.007 adultos encaminhados a teste de esteira num centro médico universitário, acompanhados por 8,4 anos em mediana. Nesse período, 13.637 morreram, pouco mais de 11 em cada 100. Quanto mais alta a aptidão, menor o risco ajustado de morte; o grupo de elite teve o menor de todos, sem um teto a partir do qual o benefício parasse de aparecer. Estar logo abaixo da média para a idade e o sexo, comparado a estar logo acima, correspondeu a 1,41 vez o risco. Os três fatores clássicos do mesmo modelo ficaram na mesma faixa: tabagismo, 1,41; diabetes, 1,40; doença coronariana, 1,29.

Fonte: (MANDSAGER et al., 2018)

O Gráfico 2.1 põe essas quatro comparações lado a lado. A barra de cada uma é o intervalo de confiança; quanto mais curta, mais precisa a estimativa.

Aptidão logo abaixo da média, ao lado de fatores de risco conhecidos

Razão de risco ajustada de morte por qualquer causa, com intervalo de confiança de 95%, em 122.007 adultos acompanhados por 8,4 anos (mediana).



Estudo de observação: mostra associação, sem provar causa. Aptidão estimada pelo desempenho na esteira. A barra é o intervalo de confiança; quanto mais curta, mais precisa a estimativa.

Dados: Mandsager et al., 2018.

GRÁFICO 2.1

Risco ajustado de morte por qualquer causa: aptidão logo abaixo da média comparada à logo acima, ao lado de três fatores de risco conhecidos, em 122.007 adultos.

Elaborado pelo autor a partir de (MANDSAGER et al., 2018).

Uma declaração científica da Associação Americana do Coração foi na mesma direção.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

O documento reuniu estudos epidemiológicos e clínicos sobre aptidão cardiorrespiratória e saúde. Diabetes do tipo 2, colesterol alto, pressão alta e tabagismo são fatores de risco consagrados, e a declaração registra que a aptidão pode prever a morte com força ainda maior que eles. Ela também ajuda a separar quem tem risco alto quando entra na conta junto com os fatores clássicos. A proposta dos autores é medi-la na consulta, como um sinal vital.

Fonte: (ROSS et al., 2016)

São dados de observação: mostram que a aptidão caminha junto com o risco, sem provar que uma coisa causa a outra. O ponto a guardar é outro. A aptidão é modificável.

Como se constrói essa aptidão? Os atletas de resistência deram uma pista. Dois pesquisadores registraram no modelo de três zonas as 318 sessões de treino aeróbico de onze esquiadores juniores de nível nacional; três quartos delas ficaram abaixo do primeiro limiar, e só 8 em cada 100 caíram na faixa do meio, a zona 2 desse modelo. Justamente a zona 2 de três zonas é a menos usada. Uma revisão posterior, com vários estudos descritivos, encontrou o mesmo desenho.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Eram atletas de resistência de alto nível, com rotina de 10 a 13 sessões semanais, descritos em vários estudos. O padrão que se repete tem duas partes desiguais. A maior, perto de 8 em cada 10 sessões, é de esforço leve. A menor, perto de 2 em cada 10, traz trechos de esforço alto, em geral tiros. Nos atletas já muito treinados, os estudos que aumentaram a fatia intensa não trouxeram prova convincente de ganho duradouro.

Fonte: (SEILER, 2010)

Descrever o que atletas fazem é diferente de testar. Um ensaio sorteou atletas treinados para quatro formas de distribuir o treino.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Esquiadores de fundo, triatletas, ciclistas e corredores, 48 ao todo e todos bem treinados, foram sorteados para quatro programas de nove semanas, com a intensidade controlada pela frequência cardíaca. O programa polarizado, que misturava muito esforço leve com uma fatia de esforço alto, teve os maiores ganhos em três medidas de desempenho: tempo até a exaustão (17,4%), consumo de oxigênio de pico (11,7%) e velocidade ou potência de pico (5,1%). Nos programas de muito volume leve ou de muito tempo no limiar, as medidas de desempenho ficaram onde estavam, fora uma pequena melhora de economia no do limiar. O intervalado puro reduziu 3,7% do peso corporal.

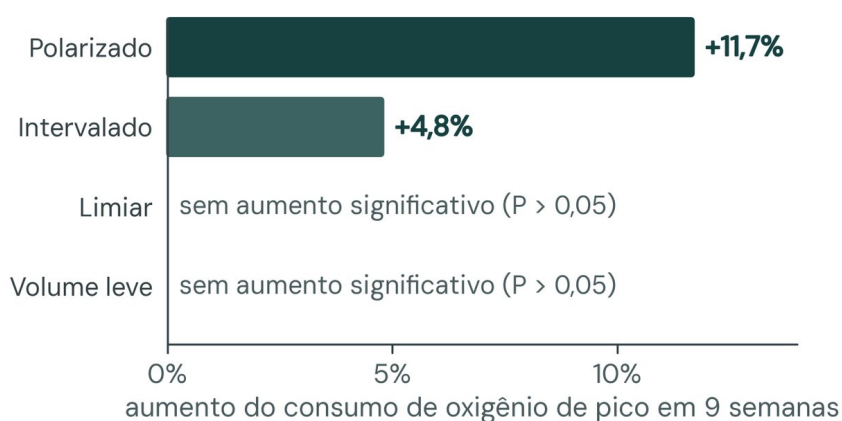
Fonte: (STÖGGL; SPERLICH, 2014)

O Gráfico 2.2 junta os dois estudos: como os esquiadores distribuíram o treino e quanto o consumo de oxigênio subiu em cada programa do ensaio.

A. Onze esquiadores juniores, 318 sessões: onde caiu cada sessão, no modelo de três zonas



B. Quarenta e um atletas treinados que completaram as nove semanas (48 sorteados): quanto subiu o consumo de oxigênio de pico em cada programa



A: sessões classificadas pela frequência cardíaca; pela percepção de esforço, 76%, 6% e 18% (Seiler e Kjerland, 2006). B: o valor do polarizado está no resumo do artigo, e o do intervalado, no texto integral (Stöggl e Sperlich, 2014).

GRÁFICO 2.2

Distribuição das sessões em três zonas em 11 esquiadores juniores e ganho de consumo de oxigênio de pico em 9 semanas, nos 41 atletas treinados que completaram o ensaio (48 sorteados).

Elaborado pelo autor a partir de (SEILER; KJERLAND, 2006) e (STÖGGL; SPERLICH, 2014).

Esses eram atletas. Treinavam muitas horas por semana. O que valeu para eles não se transfere, sem mais, para quem treina três vezes por semana depois do trabalho.

E a mitocôndria? A ideia de que a zona 2 seria a faixa ideal para multiplicar as usinas da célula circula muito, e uma revisão de 2025 foi conferir se os estudos de treino a sustentam.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Mitocôndrias e queima de gordura foram os desfechos que a revisão buscou nos estudos de treino na zona 2. Os autores lembram que a fama dessa faixa veio de atletas de elite, que acumulam muitas horas nela e têm mitocôndrias abundantes. Para a mitocôndria e para a queima de gordura, eles não acharam estudos que poussem a zona 2 à frente das outras intensidades. Para a saúde do coração e do metabolismo, sobretudo em semanas com pouco tempo de treino, a revisão aponta o esforço acima da zona 2 como prioridade.

Fonte: (STOROSCHUK et al., 2025)

No mapa de cinco zonas do laudo da Oxy Recovery, a zona 2 é a base da prescrição: esforço sustentável, logo abaixo do primeiro limiar, em que a gordura pesa mais na mistura. Que ela seja também a chave da mitocôndria é ideia da fisiologia e da observação de atletas, ainda não provada contra outras intensidades.

PERGUNTE AO SEU MÉDICO

- Com o tempo que eu tenho na semana, como dividir esforço leve e esforço forte no meu caso?
- Há algo na minha saúde que peça avaliação antes de aumentar a intensidade?

Tudo isso depende de onde fica a fronteira no seu corpo. O capítulo seguinte compara as duas formas de encontrá-la: a medida e a calculada.

Medida ou calculada: como encontrar a sua

EM UMA FRASE

A fórmula acerta a média de um grupo; o limiar de cada pessoa só aparece quando é medido.

Se a base aeróbia vale o investimento, falta localizar a fronteira que a delimita: o primeiro limiar.

O jeito direto é o teste cardiopulmonar de exercício, também chamado de ergoespirometria. Você corre ou pedala com uma máscara leve enquanto a carga sobe. O aparelho analisa a cada respiração o oxigênio que entra e o gás carbônico que sai. Nesse registro aparecem os dois limiares com a frequência cardíaca e o ritmo de cada um. Outra forma de medir é a curva de lactato, com pequenas gotas de sangue colhidas a cada estágio.

Vale dizer com clareza: calcular tem lugar legítimo. A conta é rápida e dispensa aparelho, e como ponto de partida serve a muita gente. O problema começa quando a estimativa vira medida.

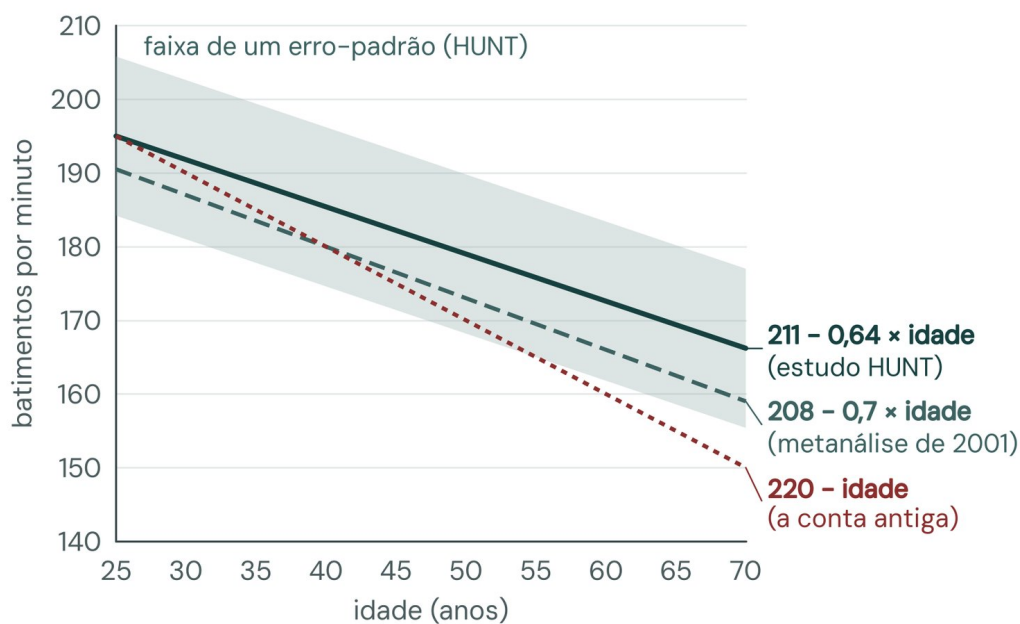
A conta mais conhecida é a de 220 menos a idade, que estima a frequência cardíaca máxima. Uma metanálise de 2001, que somou os dados de 351 estudos e 18.712 pessoas, propôs outra reta: 208 menos 0,7 vez a idade. A reta foi conferida em laboratório, com 514 adultos. A fórmula antiga ficou abaixo da frequência real das pessoas mais velhas.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

No estudo HUNT, 3.320 adultos saudáveis, de uma faixa ampla de idades, fizeram teste máximo, todos com o esforço máximo confirmado. A reta que resumiu os dados foi 211 menos 0,64 vez a idade. Sexo, índice de massa corporal, nível de atividade e aptidão quase não mexeram nela. A partir dos 30 anos, a frequência medida ficou acima do que previam as fórmulas antigas. E o erro-padrão da estimativa, a distância típica entre o medido e o previsto, foi de 10,8 batimentos por minuto.

Fonte: (NES et al., 2013)

O Gráfico 3.1 mostra as três retas e a faixa de erro. Um erro na frequência máxima passa, na mesma proporção, para todas as zonas calculadas a partir dela.



Retas: as equações publicadas, calculadas de 25 a 70 anos. Faixa: um erro-padrão (10,8 batimentos por minuto) em torno da reta do estudo HUNT.

Escala ampliada: o eixo vertical começa em 140.

GRÁFICO 3.1

Frequência cardíaca máxima estimada pela idade em três fórmulas, com a faixa de um erro-padrão (10,8 batimentos por minuto) em torno da reta do estudo HUNT.

Elaborado pelo autor a partir de (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e (NES et al., 2013).

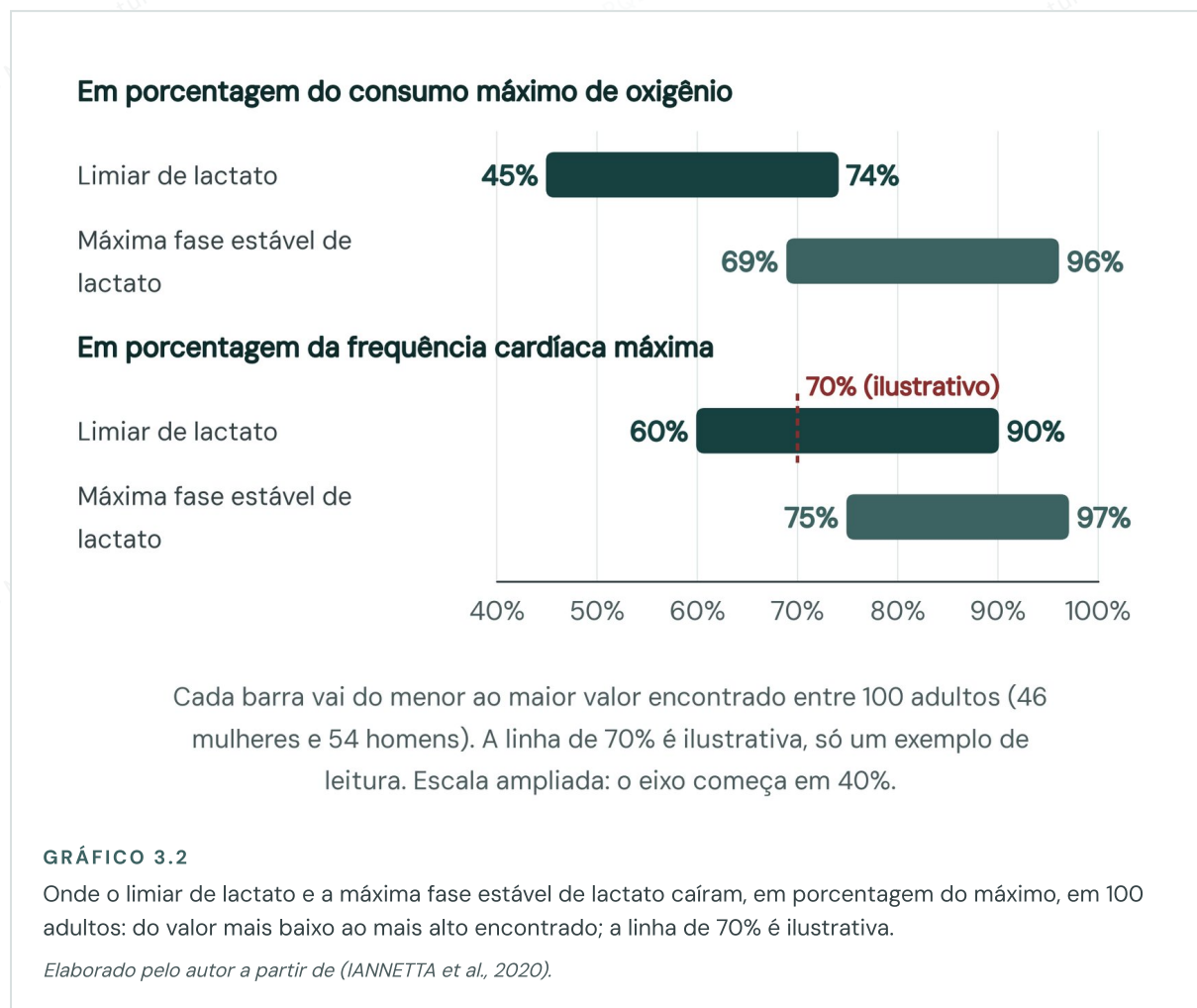
Há um segundo problema. Mesmo com a frequência máxima certa, uma porcentagem dela não cai no mesmo lugar da régua em pessoas diferentes.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Participaram cem adultos, quase metade mulheres. Cada um passou por dois tipos de esforço: uma rampa até o máximo, com análise de gases, e várias meias horas em carga fixa, que mostraram até onde o lactato ainda se estabilizava. Com o limiar de lactato e a máxima fase estável de lactato de cada pessoa, o esforço foi dividido em três faixas, do moderado ao severo, passando pelo pesado. Expressos em porcentagem do máximo, esses pontos se espalharam. O limiar de lactato ficou entre 45% e 74% do consumo máximo de oxigênio e entre 60% e 90% da frequência cardíaca máxima. Nas mulheres, os dois pontos ficaram em porcentagens mais altas que nos homens.

Fonte: (IANNETTA et al., 2020)

Traduzindo para o dia a dia: duas pessoas no mesmo 70% da frequência máxima podem estar, uma, abaixo do primeiro limiar e, a outra, acima dele. O Gráfico 3.2 mostra essas faixas.



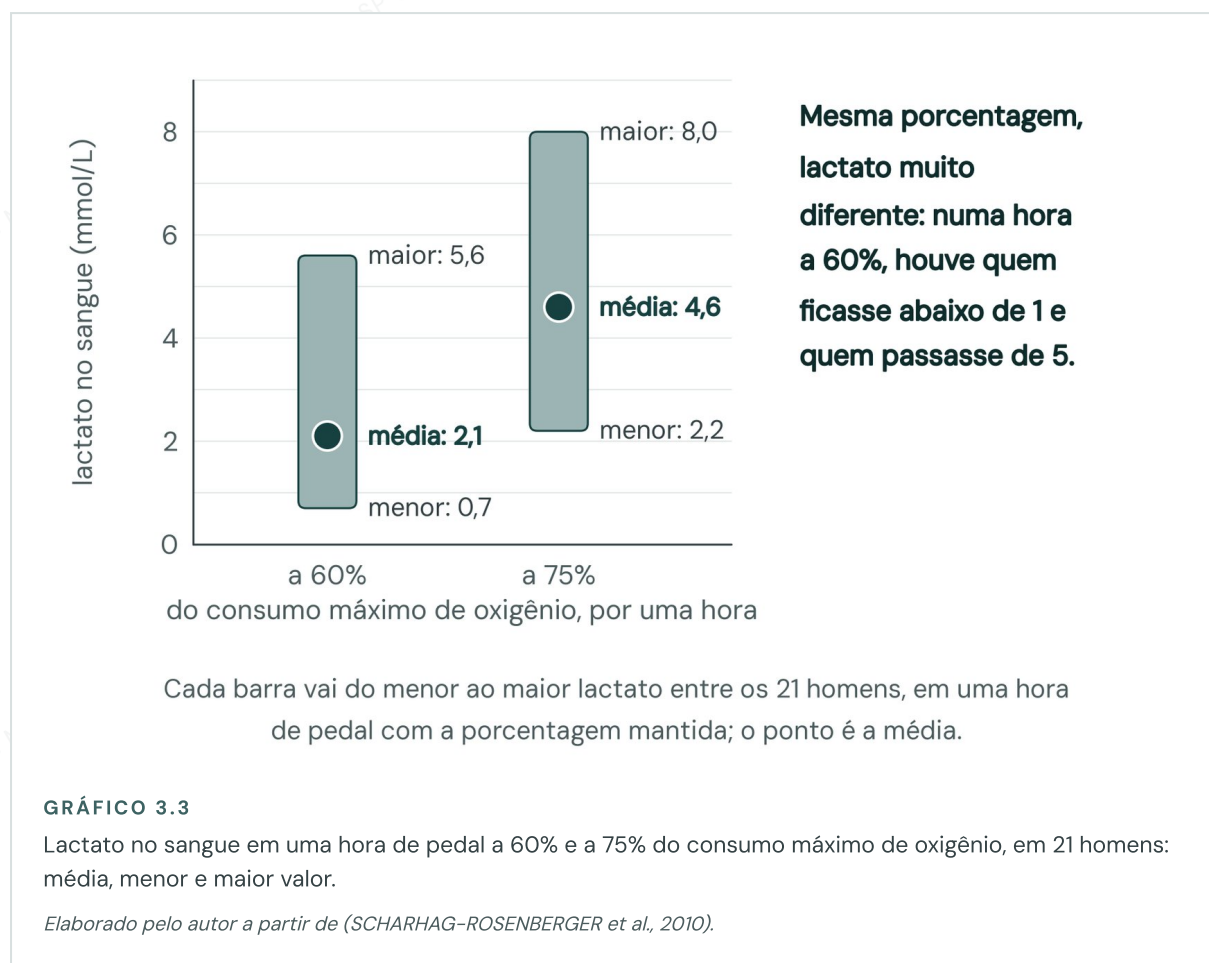
O lactato conta a mesma história por outro ângulo.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Vinte e um homens saudáveis pedalararam uma hora em dois dias, a 60% e a 75% do consumo máximo de oxigênio, com a carga ajustada para manter essa porcentagem. A 60%, o lactato no sangue variou de 0,7 a 5,6 milimoles por litro entre eles; a 75%, de 2,2 a 8,0. A dispersão continuou grande mesmo entre homens de aptidão parecida.

Fonte: (SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010)

O Gráfico 3.3 mostra a média e os extremos de cada sessão. Para uma pessoa em particular, marcar a zona só pela porcentagem é um chute no escuro.



Isso muda o treino de verdade? Três estudos respondem com números.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

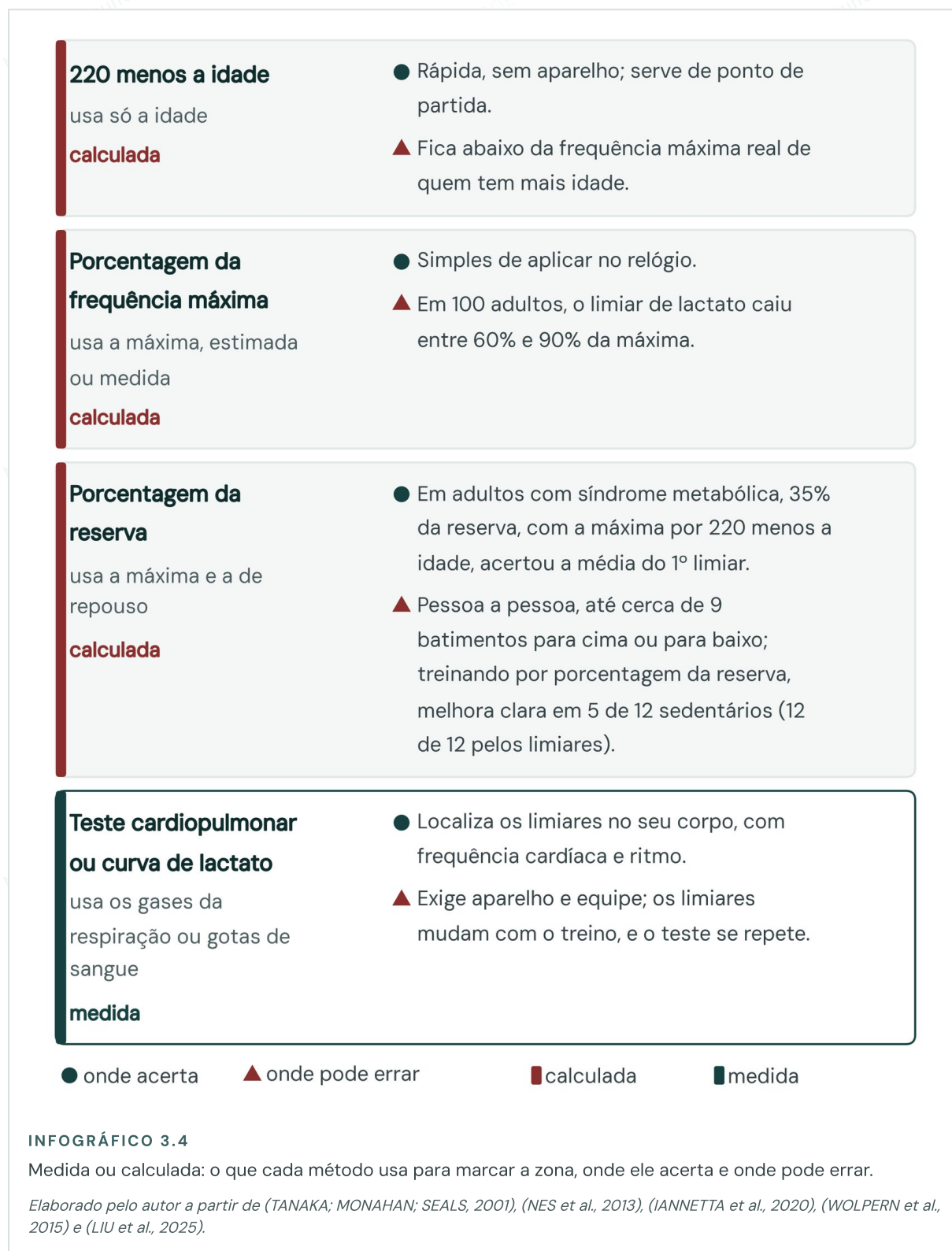
Dez pessoas fizeram as mesmas sessões prescritas de dois jeitos: pelos limiares medidos e por porcentagem do consumo máximo de oxigênio. Na sessão de esforço pesado, as dez terminaram a versão por limiares. Na versão por porcentagem, só 3 de 10 terminaram, e em 7 de 10 a carga passou da potência crítica, a fronteira do esforço severo. No esforço moderado, os dois jeitos se equivaleram.

Fonte: (MEYLER et al., 2023)

Num ensaio com adultos sedentários, doze semanas de treino marcado pelos limiares medidos trouxeram melhora acima de 5,9% no consumo máximo de oxigênio em 12 de 12 pessoas; com a intensidade marcada por porcentagem da reserva de frequência cardíaca, foram 5 de 12. E em adultos chineses com síndrome metabólica, uma fórmula acertou, na média, a frequência cardíaca do primeiro limiar medido; pessoa a pessoa, porém, a difer-

ença podia chegar a cerca de 9 batimentos por minuto em qualquer das duas direções. A média acerta. O indivíduo pode errar.

O Infográfico 3.4 resume, para cada método, onde ele acerta e onde pode errar.



Existe um recurso que dispensa aparelho: a própria fala. Uma revisão de 2014 achou o teste da fala pouco prático nos tiros de alta intensidade; no resto, válido e reproduzível em

peçoas com doença do coraaõ e em quem treina, de adultos ativos a atletas, em várias modalidades.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Dezesseis voluntários saudáveis subiram a carga até o limite na bicicleta e na esteira. Em cada estágio havia teste da fala, com os gases da respiração analisados ao mesmo tempo. O limiar ventilatório apareceu justamente onde falar começava a custar esforço. O esforço já passava do limiar sempre que falar deixava de ser confortável, nos dois aparelhos.

Fonte: (PERSINGER et al., 2004)

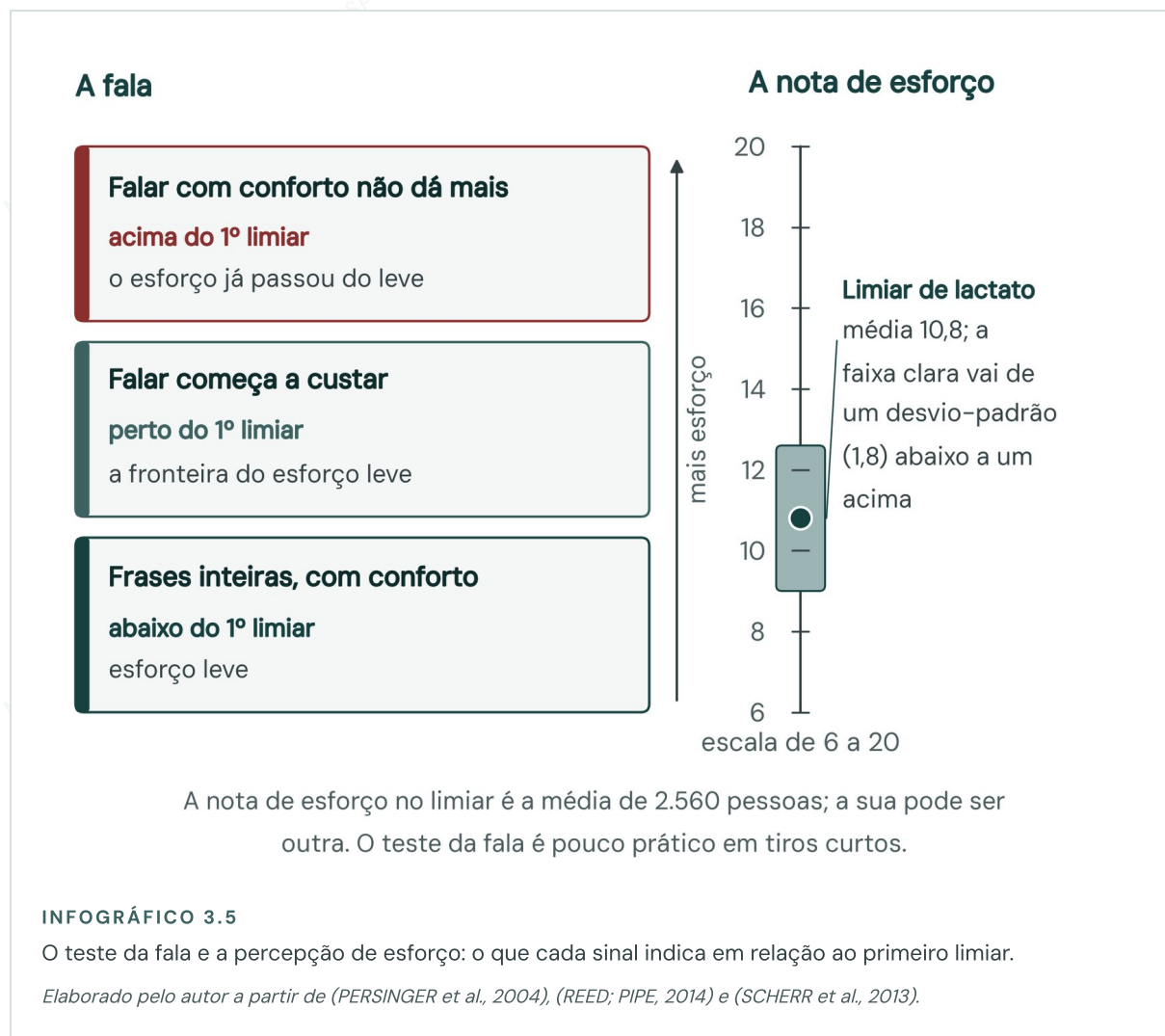
A nota que você dá ao próprio esforço também acompanha o que acontece no sangue.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Em 2.560 homens e mulheres testados em esteira ou bicicleta, a nota de esforço de cada estágio, na escala de 6 a 20, subiu junto com o lactato do sangue (correlação de 0,83) e com a frequência cardíaca (0,74). O limiar de lactato correspondeu, em média, à nota 10,8, com desvio-padrão de 1,8 ponto. Idade, sexo, nível de atividade, tipo de aparelho e doença coronariana não mudaram essa relação.

Fonte: (SCHERR et al., 2013)

Essa nota é média de grupo. A sua pode ser outra, e o Infográfico 3.5 mostra como a fala e a percepção de esforço ajudam a conferir o esforço no dia a dia.



PERGUNTE AO SEU MÉDICO

- As minhas zonas vieram de um teste ou de uma conta pela idade?
- A minha frequência cardíaca máxima já foi medida alguma vez?
- No meu caso, faz sentido medir os limiares antes de ajustar o treino?

Mesmo com a zona certa em mãos, o número do dia a dia costuma vir de outro lugar: do relógio no pulso, assunto do próximo capítulo.

Por que o relógio pode errar

EM UMA FRASE

O relógio registra bem a tendência de semanas; no número de cada instante, e no gasto calórico, ele pode errar.

Medida ou calculada, a zona precisa de um número durante o treino, e para muita gente esse número vem do pulso.

O relógio mede a frequência cardíaca com luz. O sensor óptico ilumina a pele. A cada batimento, lê a variação do volume de sangue logo abaixo dela.

O movimento do braço e a interferência de outros sinais estão entre as fontes de erro; um grupo que, em 2020, comparou aparelhos em várias situações viu que, comparado ao repouso, o erro absoluto médio foi 30% maior com o corpo em atividade e mudou de um aparelho para outro. Um estudo pôs sete aparelhos à prova ao mesmo tempo.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Sessenta voluntários, de aptidão, peso, idade e tom de pele variados, usaram sete aparelhos de pulso enquanto pedalavam, corriam, caminhavam e ficavam sentados. A frequência cardíaca de referência veio do eletrocardiograma contínuo, e o gasto de energia, da calorimetria indireta. Pedalando, seis dos sete aparelhos tiveram erro mediano de frequência cardíaca menor que 5%; caminhando, os erros foram os maiores. No gasto calórico, nenhum aparelho ficou abaixo de 20% de erro.

Fonte: (SHCHERBINA et al., 2017)

O Gráfico 4.1 separa as duas medidas.

Frequência cardíaca, pedalando: erro mediano abaixo de 5%**Gasto calórico: erro abaixo de 20%**

■ atingiu o critério □ não atingiu

Sete aparelhos de pulso contra eletrocardiograma contínuo e calorimetria indireta, em 60 voluntários. O erro foi maior na caminhada.

GRÁFICO 4.1

Relógios de pulso no laboratório: quantos dos sete aparelhos tiveram erro abaixo de 5% na frequência cardíaca (pedalando) e abaixo de 20% no gasto calórico, em 60 voluntários.

Elaborado pelo autor a partir de (SHCHERBINA et al., 2017).

Uma revisão sistemática de 2020, que reuniu com método 158 publicações, foi na mesma linha. No laboratório, passos e frequência cardíaca saíram bem; no gasto de energia, nenhuma das nove marcas acertou.

Há ainda uma questão anterior ao sensor: de onde vêm as zonas que o relógio mostra. Se você nunca informou ao aparelho um valor medido, vale conferir nas configurações, porque, quando a base é uma frequência máxima estimada pela idade, todo o erro do capítulo anterior entra junto.

E mesmo um número certo muda sem que o ritmo mude. Num treino longo, depois de 10 a 20 minutos, a frequência cardíaca sobe aos poucos no mesmo passo, enquanto cai o volume de sangue lançado a cada batida. É a deriva cardíaca. Em 2001, dois fisiologistas propuseram uma explicação para essa queda: pesaria menos o sangue desviado para a pele quando o corpo esquenta, e mais a própria aceleração do coração. O calor e a falta de água no corpo também mudam a relação entre a frequência cardíaca e o esforço.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão examinou o uso dos monitores de frequência cardíaca no treino. Entre as formas de acompanhar a intensidade, a frequência cardíaca é das mais simples e baratas. A relação entre ela e outros parâmetros do treino, como o consumo de oxigênio, sofre com várias interferências. Temperatura ambiente e desidratação podem alterá-la bastante. Há também uma variação pequena de um dia para o outro, e na maioria dos estudos a frequência subiu de forma contínua durante o exercício. Para uma pessoa só, calcular calorias pela frequência cardíaca erra bastante; para a média de um grupo, a conta funciona.

Fonte: (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003)

O Infográfico 4.2 reúne o que muda a frequência cardíaca sem mudar o ritmo.



Nada disso tira o valor do relógio. Ele é bom em registrar o volume de treino e a tendência ao longo de semanas, sempre no mesmo aparelho e em condições parecidas. A Tabela 4.3 separa o que ele faz bem de onde ele pode errar.

TABELA 4.3 — O QUE O RELÓGIO FAZ BEM E ONDE ELE PODE ERRAR

O RELÓGIO FAZ BEM	ONDE ELE PODE ERRAR	FONTE
Frequência cardíaca em repouso e em esforço estável e prolongado	Frequência cardíaca nas mudanças de atividade e na caminhada	(BENT et al., 2020) · (SHCHERBINA et al., 2017)
Passos e frequência cardíaca, no laboratório	Gasto calórico: erro de 20% ou mais em todos os aparelhos testados	(FULLER et al., 2020) · (SHCHERBINA et al., 2017)
Tendência de semanas, no mesmo aparelho (leitura do autor)	Número isolado de um dia, com calor, desidratação ou treino longo	(ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003) · (COYLE; GONZÁLEZ-ALONSO, 2001)
Registro do tempo em cada zona (leitura do autor)	Zonas marcadas por frequência máxima estimada pela idade	(NES et al., 2013) · (IANNETTA et al., 2020)

O relógio serve para acompanhar. Diagnóstico e prescrição continuam com quem examina você.

PERGUNTE AO SEU MÉDICO

- De onde vêm as zonas que o meu relógio mostra?
- Algum remédio que eu uso muda a minha frequência cardíaca?

Com essas cautelas, o relógio ajuda. Falta dizer como usar tudo isso sem uma receita individual, que é o tema do capítulo seguinte.

Como usar sem receita individual

EM UMA FRASE

A recomendação semanal vale para quase todos; a intensidade que cabe no seu caso é conversa com quem acompanha você.

O relógio e as fórmulas ajudam a acompanhar. Nenhum dos dois substitui a conversa com quem conhece o seu caso; aqui fica o que vale para quase todo adulto.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Em 2020, a Organização Mundial da Saúde revisou o que recomenda sobre mexer o corpo e passar menos tempo sentado. Uma combinação equivalente também vale, mas as duas metas de referência para adultos, por semana, são estas: de 75 a 150 minutos de atividade vigorosa ou de 150 a 300 minutos de atividade moderada. O fortalecimento muscular entra em todas as idades. Gestação e pós-parto ganharam recomendações próprias, e o mesmo vale para quem vive com doença cr nica ou deficiência. Continua valendo a ideia de que um pouco de movimento   melhor do que ficar parado.

Fonte: (BULL et al., 2020)

Como saber, sem aparelho, se o esforço passou do ponto? Pela conversa. Se falar frases inteiras começou a custar, você chegou perto do primeiro limiar; se já não dá para falar com conforto, passou dele, como mostrou o Infográfico 3.5. Passar faz parte de muitos treinos. O que importa é saber em que faixa você está e combinar isso com quem prescreve.

Antes de começar, algumas pessoas precisam conversar com o médico: em 2015, o American College of Sports Medicine refez a triagem feita antes do exercício e tirou dela a contagem de fatores de risco. Hoje pesam a doença conhecida do coração, dos rins ou do metabolismo, como o diabetes, e os sintomas que possam vir delas; pesam também o treino que você já faz e a intensidade que pretende. Para a maior parte das pessoas, mexer o corpo não traz perigo, e os sinais de aviso costumam chegar antes do problema do coração ligado ao esforço. A Tabela 5.1 organiza as situações.

TABELA 5.1 — QUEM CONVERSA COM O MÉDICO ANTES DE COMEÇAR OU DE AUMENTAR A INTENSIDADE

SITUAÇÃO	O QUE FAZER	FONTE
Tem doença do coração, do metabolismo (como o diabetes) ou dos rins e não se exercita com regularidade	Passar pelo médico antes de começar	(RIEBE et al., 2015)
Tem uma dessas doenças, já se exercita com regularidade e está sem sintomas	Conversar com o médico antes de aumentar a intensidade	(RIEBE et al., 2015)
Não tem essas doenças nem sintomas e não se exercita hoje	Começar leve a moderado e progredir aos poucos	(RIEBE et al., 2015)
Está grávida ou teve bebê há pouco tempo	Combinar o treino com quem acompanha a gestação ou o pós-parto	(BULL et al., 2020)

Os sinais de aviso têm níveis, e cada um pede uma resposta diferente.

SINAIS DE ALERTA

Emergência agora — pronto-socorro ou 192: dor, aperto ou peso no peito, no esforço ou em repouso; falta de ar súbita e intensa; desmaio; palpitação que não passa alguns minutos depois de parar.

No mesmo dia — tontura durante o esforço: pare o exercício na hora e procure avaliação médica ainda hoje; só volte a treinar depois de liberado.

Na próxima consulta — anote e leve: queda de rendimento que dura semanas, sem explicação; frequência cardíaca de repouso mais alta que a sua habitual por vários dias.

PERGUNTE AO SEU MÉDICO

- Preciso de avaliação antes de começar ou de aumentar a intensidade?
- Que sinais devem me fazer parar o treino no meu caso?

Para quem quer trocar a estimativa pela medida o caminho é o teste cardiopulmonar. O último capítulo mostra o que ele entrega.

O que o teste cardiopulmonar entrega, e o que perguntar

EM UMA FRASE

O teste cardiopulmonar troca a porcentagem estimada por fronteiras medidas no seu corpo.

Sem receita individual, a recomendação semanal e o teste da fala já levam longe. A medida entra quando se quer saber onde ficam, no seu corpo, as fronteiras do esforço.

Se a calorimetria de repouso é a fotografia do motor parado, o teste cardiopulmonar faz o mapa dele em movimento. Ele devolve os dois limiares com a frequência cardíaca e o ritmo ou a potência de cada um. Devolve também o consumo de oxigênio de pico. A Tabela 6.1 resume a entrega.

TABELA 6.1 — O QUE O TESTE CARDIOPULMONAR ENTREGA E PARA QUE SERVE

O QUE O TESTE MEDE	PARA QUE SERVE	FONTE
Primeiro limiar ventilatório, com frequência cardíaca e ritmo ou potência	Marca o teto do esforço leve: a zona 2 do modelo de cinco zonas termina aqui	(POOLE et al., 2021) · (STOROSCHUK et al., 2025)
Segundo limiar ventilatório, com frequência cardíaca e ritmo ou potência	Separa a faixa do meio do esforço muito forte	(SEILER; KJERLAND, 2006)
Consumo de oxigênio de pico	Mede a aptidão cardiorrespiratória, o indicador ligado ao risco	(MANDSAGER et al., 2018)
Zonas individuais, calculadas sobre os limiares medidos	Trocam a porcentagem da frequência máxima por fronteiras do seu corpo	(IANNETTA et al., 2020) · (MEYLER et al., 2023)
Um ponto de comparação para repetir o teste	Mostra se as fronteiras mudaram com o treino	(STÖGGL; SPERLICH, 2014)

No laudo da Oxy Recovery, os dois limiares organizam um mapa de cinco zonas. A zona 2 termina no primeiro limiar, e as zonas de cima são separadas por pontos lidos no mesmo teste; cada zona sai com faixas de frequência cardíaca e de ritmo ou potência calculadas a partir das suas medidas, e quem transforma esse mapa em treino é o profissional que acompanha você. As fronteiras também se movem. No ensaio de nove semanas do capítulo 2, a velocidade ou a potência num nível fixo de lactato subiu 8,1% no programa polariz-

ado. Repetido depois de um período de treino, o teste funciona como o GPS que recalcula a rota.

Leve à consulta as perguntas da Tabela 6.2. Elas servem para o médico e para o profissional de educação física.

TABELA 6.2 — PERGUNTAS PARA LEVAR AO MÉDICO E AO PROFISSIONAL DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PERGUNTE	POR QUE ISSO IMPORTA
As minhas zonas vêm de um teste ou de uma fórmula?	Zona por fórmula pode cair acima ou abaixo do primeiro limiar
Qual modelo de zonas vamos usar, o de três ou o de cinco?	“Zona 2” quer dizer faixas diferentes em cada modelo
Onde fica o meu primeiro limiar, em frequência cardíaca e em ritmo?	É o teto do esforço leve no seu corpo
Como o teste da fala se encaixa nas minhas zonas?	Ajuda a conferir o esforço sem aparelho
Com o meu tempo semanal, quanto de esforço leve e quanto de forte?	A distribuição depende do objetivo e da agenda
Preciso de avaliação antes de subir a intensidade?	Algumas condições pedem liberação médica
Quando repetir o teste?	Os limiares mudam com o treino

O Infográfico 6.3 resume o guia inteiro em uma página.

Zona 2 em uma página

Duas zonas 2

Cinco zonas: a zona 2 é a parte de cima do esforço leve, até o 1º limiar.

Três zonas: a zona 2 é a faixa do meio, entre os dois limiares.

Abaixo do 1º limiar

O lactato fica baixo e estável, e a gordura pesa mais na mistura.

Descreve o combustível; o peso depende do dia inteiro.

Por que importa

Aptidão aeróbia: ligada ao risco de morte, muda com o treino.

Zona 2: base do treino no laudo da Oxy; como chave da mitocôndria, ainda sem prova contra outras intensidades.

Medida ou calculada

A fórmula acerta a média de um grupo.

O limiar de cada pessoa só aparece quando é medido.

O relógio

Bom para volume e tendência de semanas, no mesmo aparelho.

Erra no gasto calórico; confira de onde vêm as zonas dele.

Sem aparelho

Falar começou a custar: perto do 1º limiar. Sem conforto para falar: acima dele.

A intensidade do seu caso se combina com quem acompanha você.

Emergência agora

Dor ou peso no peito, falta de ar súbita, desmaio, palpitação que não passa após parar: 192 ou pronto-socorro.

O que perguntar

As minhas zonas vêm de um teste ou de uma fórmula?

Onde fica o meu 1º limiar, em frequência cardíaca e em ritmo?

INFOGRÁFICO 6.3

Resumo em uma página: as duas zonas 2, medida ou calculada, o que o relógio faz bem e o que perguntar.

Elaborado pelo autor.

A sua zona 2 existe, e o número dela está no seu corpo; uma conta pela idade só consegue estimá-lo. O teste cardiopulmonar de exercício da Oxy Recovery mede os dois limiar-

es e entrega as zonas calculadas sobre eles, para que o seu médico e o seu treinador trabalhem com fronteiras suas.

Converse com a sua equipe sobre o que faz sentido no seu caso. Para conhecer o teste e falar com a nossa equipe, acesse **oxyrecovery-vidaativa.com.br**.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Glossário

Termos que aparecem no material e costumam gerar dúvida.

Zona 2

nome dado a uma faixa de intensidade de treino. No modelo de cinco zonas, é a parte de cima do esforço leve; no modelo de três zonas, é a faixa entre os dois limiares.

Limiar

ponto do esforço crescente em que a respiração e o lactato do sangue mudam de comportamento. O teste cardiopulmonar localiza dois, o primeiro e o segundo.

Primeiro limiar ventilatório

o primeiro desses pontos (no laudo, LV1). Marca o fim do esforço leve e fica perto do ponto em que o lactato começa a se acumular no sangue.

Segundo limiar ventilatório

o segundo ponto (no laudo, LV2), mais acima, em que a respiração volta a acelerar. Acima dele fica o esforço muito forte.

Lactato

substância que o músculo produz e consome o tempo todo, inclusive com oxigênio de sobra. Serve de combustível e de matéria-prima para a glicose.

Teste cardiopulmonar de exercício

exame em esteira ou bicicleta, com uma máscara leve, que mede a cada respiração o oxigênio consumido e o gás carbônico eliminado enquanto a carga sobe. Também é chamado de ergoespirometria.

Consumo máximo de oxigênio

o maior volume de oxigênio que o corpo consegue usar por minuto, conhecido pela sigla $VO_2\text{máx}$. Quando o teste registra o maior valor alcançado naquele dia, fala-se em consumo de oxigênio de pico.

Aptidão cardiorrespiratória

a capacidade do conjunto pulmão, coração e músculo de captar, levar e usar oxigênio.

Frequência cardíaca máxima

o maior número de batimentos por minuto que o coração alcança no esforço máximo. Pode ser medida num teste ou estimada por fórmula.

Reserva de frequência cardíaca

a diferença entre a frequência máxima e a de repouso. Algumas fórmulas marcam as zonas como porcentagem dela.

Percepção de esforço

nota que a própria pessoa dá ao esforço que está fazendo. Uma escala muito usada vai de 6 a 20.

Teste da fala

conferir, durante o esforço, se ainda dá para falar frases inteiras com conforto.

Calorimetria indireta

medida do gasto de energia a partir do oxigênio consumido e do gás carbônico eliminado na respiração. Em repouso, é a base do exame que mostra quanto e o que o corpo queima parado.

Mitocôndria

estrutura dentro da célula em que gordura, carboidrato e lactato viram energia, com a ajuda do oxigênio.

Potência crítica

a fronteira entre o esforço pesado, que o corpo ainda consegue estabilizar, e o esforço severo, que leva à exaustão.

Máxima fase estável de lactato

a carga mais alta em que o lactato do sangue ainda se estabiliza num esforço longo.

Deriva cardíaca

a subida lenta da frequência cardíaca durante um esforço longo feito no mesmo ritmo.

Sensor óptico

a luz na parte de baixo do relógio, que estima a frequência cardíaca pela variação do volume de sangue sob a pele.

Síndrome metabólica

o conjunto de gordura abdominal aumentada, pressão alta e alterações do açúcar e das gorduras do sangue.

Risco ajustado

comparação de risco entre grupos depois de descontar o efeito de outros fatores, como idade e doenças.

Intervalo de confiança

a faixa dentro da qual o resultado verdadeiro provavelmente está.

Desvio-padrão

medida de quanto os valores de um grupo se espalham em torno da média.

Erro-padrão da estimativa

quanto, em média, o valor medido de uma pessoa se afasta do que a fórmula prevê.

Metanálise

estudo que reúne os resultados de vários estudos sobre a mesma pergunta e os analisa juntos.

Revisão sistemática

levantamento feito com método, que busca os estudos publicados sobre uma pergunta e avalia o que eles mostram.

Referências

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

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports medicine**, [S. l.], v. 33, n. 7, p. 517–38, 2003. DOI: 10.2165/00007256-200333070-00004. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 12762827.
- BENT, B. et al. Investigating sources of inaccuracy in wearable optical heart rate sensors. **NPJ digital medicine**, [S. l.], v. 3, p. 18, 2020. DOI: 10.1038/s41746-020-0226-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0226-6>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 32047863.
- BROOKS, G. A.; MERCIER, J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the “crossover” concept. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 76, n. 6, p. 2253–61, 1994. DOI: 10.1152/jappl.1994.76.6.2253. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2253>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 7928844.
- BULL, F. C. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102955. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 33239350.
- COYLE, E. F.; GONZÁLEZ-ALONSO, J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. **Exercise and sport sciences reviews**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 88–92, 2001. DOI: 10.1097/00003677-200104000-00009. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00009>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 11337829.
- FULLER, D. et al. Reliability and Validity of Commercially Available Wearable Devices for Measuring Steps, Energy Expenditure, and Heart Rate: Systematic Review. **JMIR mHealth and uHealth**, [S. l.], v. 8, n. 9, p. e18694, 2020. DOI: 10.2196/18694. Disponível em: <https://doi.org/10.2196/18694>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 32897239.
- IANNETTA, D. et al. A Critical Evaluation of Current Methods for Exercise Prescription in Women and Men. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 52, n. 2, p. 466–473, 2020. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002147. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002147>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 31479001.
- LIU, R. et al. Exercise heart rates determined by a ventilatory threshold vs. standardized equation methods in individuals with metabolic syndrome. **Scientific reports**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 18510, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-03084-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03084-7>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 40425669.
- MANDSAGER, K. et al. Association of Cardiorespiratory Fitness With Long-term Mortality Among Adults Undergoing Exercise Treadmill Testing. **JAMA network open**, [S. l.], v. 1, n. 6, p. e183605, 2018. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.3605. Disponível em: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.3605>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 30646252.
- MEYLER, S. et al. Variability in exercise tolerance and physiological responses to exercise prescribed relative to physiological thresholds and to maximum oxygen uptake. **Experimental physiology**, [S. l.], v. 108, n. 4, p. 581–594, 2023. DOI: 10.1113/EP090878. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/EP090878>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 36710454.

- NES, B. M. et al. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT fitness study. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [S. l.], v. 23, n. 6, p. 697-704, 2013. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 22376273.
- PERSINGER, R. et al. Consistency of the talk test for exercise prescription. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 36, n. 9, p. 1632-6, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15354048/>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 15354048.
- POOLE, D. C. et al. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. **The Journal of physiology**, [S. l.], v. 599, n. 3, p. 737-767, 2021. DOI: 10.1113/JP279963. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/JP279963>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 33112439.
- REED, J. L.; PIPE, A. L. The talk test: a useful tool for prescribing and monitoring exercise intensity. **Current opinion in cardiology**, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 475-80, 2014. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000097. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000097>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 25010379.
- RIEBE, D. et al. Updating ACSM's Recommendations for Exercise Preparticipation Health Screening. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 47, n. 11, p. 2473-9, 2015. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000664. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000664>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 26473759.
- ROSS, R. et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation**, [S. l.], v. 134, n. 24, p. e653-e699, 2016. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000461. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000461>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 27881567.
- SAN-MILLÁN, I.; BROOKS, G. A. Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals. **Sports medicine**, [S. l.], v. 48, n. 2, p. 467-479, 2018. DOI: 10.1007/s40279-017-0751-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0751-x>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 28623613.
- SCHARHAG-ROSENBERGER, F. et al. Exercise at given percentages of VO2max: heterogeneous metabolic responses between individuals. **Journal of science and medicine in sport**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 74-9, 2010. DOI: 10.1016/j.jsams.2008.12.626. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.12.626>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 19230766.
- SCHERR, J. et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. **European journal of applied physiology**, [S. l.], v. 113, n. 1, p. 147-55, 2013. DOI: 10.1007/s00421-012-2421-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 22615009.
- SEILER, K. S.; KJERLAND, G. Ø. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution?. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 49-56, 2006. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 16430681.
- SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?. **International journal of sports physiology and performance**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 276-91, 2010. DOI: 10.1123/ijsp.5.3.276. Disponível em: <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 20861519.
- SEILER-VIKEN, S. A. et al. Contextualizing the Norwegian standardized intensity zone framework in an international sample of endurance practitioners. **Scientific reports**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 34367, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-17023-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17023-z>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 41038920.

- SHCHERBINA, A. et al. Accuracy in Wrist-Worn, Sensor-Based Measurements of Heart Rate and Energy Expenditure in a Diverse Cohort. **Journal of personalized medicine**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 3, 2017. DOI: 10.3390/jpm7020003. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jpm7020003>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 28538708.
- STÖGGL, T.; SPERLICH, B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. **Frontiers in physiology**, [S. l.], v. 5, p. 33, 2014. DOI: 10.3389/fphys.2014.00033. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 24550842.
- STOROSCHUK, K. L. et al. Much Ado About Zone 2: A Narrative Review Assessing the Efficacy of Zone 2 Training for Improving Mitochondrial Capacity and Cardiorespiratory Fitness in the General Population. **Sports medicine**, [S. l.], v. 55, n. 7, p. 1611-1624, 2025. DOI: 10.1007/s40279-025-02261-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02261-y>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 40560504.
- TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 153-6, 2001. DOI: 10.1016/s0735-1097(00)01054-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)01054-8). Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 11153730.
- WOLPERN, A. E. et al. Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. **BMC sports science, medicine & rehabilitation**, [S. l.], v. 7, p. 16, 2015. DOI: 10.1186/s13102-015-0011-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13102-015-0011-z>. Acesso em: 26 set. 2026. PMID: 26146564.

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).

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
Esquema 1.1	A régua do esforço crescente e os dois limiares: o lactato e a respiração ao longo da carga (esquema didático, sem dados de estudo).	Esquema_1.1_a-regua-dos-dois-limiores.png	Elaborado pelo autor a partir de (POOLE et al., 2021).
Infográfico 1.2	As duas "zonas 2": no modelo de cinco zonas (como no laudo da Oxy Recovery), a faixa logo abaixo do primeiro limiar; no modelo de três zonas, a faixa entre os dois limiares.	Infografico_1.2_as-duas-zonas-2.png	Elaborado pelo autor a partir de (SEILER; KJERLAND, 2006), (STOROSCHUK et al., 2025) e (SEILER-VIKEN et al., 2025).
Figura 1.3	O caminho do oxigênio: do ar que entra no pulmão até a mitocôndria da fibra muscular (esquema didático).	Figura_1.3_o-caminho-do-oxigenio.png	Elaborado pelo autor.
Figura 1.4	A mitocôndria na fibra muscular: onde gordura, carboidrato e lactato viram energia.	Figura_1.4_a-mitocondria-na-fibra-muscular.png	Adaptado de Servier Medical Art (https://smart.servier.com), licenciado sob CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Esquema de funcionamento elaborado pelo autor a partir de (BROOKS; MERCIER, 1994) e (POOLE et al., 2021).

Gráfico 2.1	Risco ajustado de morte por qualquer causa: aptidão logo abaixo da média comparada à logo acima, ao lado de três fatores de risco conhecidos, em 122.007 adultos.	Grafico_2.1_aptidao-e-fatores-de-risco.png	Elaborado pelo autor a partir de (MANDSAGER et al., 2018).
Gráfico 2.2	Distribuição das sessões em três zonas em 11 esquiadores juniores e ganho de consumo de oxigênio de pico em 9 semanas, nos 41 atletas treinados que completaram o ensaio (48 sorteados).	Grafico_2.2_como-atletas-distribuem-o-treino.png	Elaborado pelo autor a partir de (SEILER; KJERLAND, 2006) e (STÖGGL; SPERLICH, 2014).
Gráfico 3.1	Frequência cardíaca máxima estimada pela idade em três fórmulas, com a faixa de um erro-padrão (10,8 batimentos por minuto) em torno da reta do estudo HUNT.	Grafico_3.1_frequencia-maxima-prevista-pela-idade.png	Elaborado pelo autor a partir de (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001) e (NES et al., 2013).
Gráfico 3.2	Onde o limiar de lactato e a máxima fase estável de lactato caíram, em porcentagem do máximo, em 100 adultos: do valor mais baixo ao mais alto encontrado; a linha de 70% é ilustrativa.	Grafico_3.2_onde-o-limiar-caiu-em-100-pessoas.png	Elaborado pelo autor a partir de (IANNETTA et al., 2020).
Gráfico 3.3	Lactato no sangue em uma hora de pedal a 60% e a 75% do consumo máximo de oxigênio, em 21 homens: média, menor e maior valor.	Grafico_3.3_lactato-na-mesma-porcentagem.png	Elaborado pelo autor a partir de (SCHARHAG-ROSENBERGER et al., 2010).
Infográfico 3.4	Medida ou calculada: o que cada método usa para marcar a zona, onde ele acerta e onde pode errar.	Infografico_3.4_medida-ou-calculada.png	Elaborado pelo autor a partir de (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001), (NES et al., 2013), (IANNETTA et al., 2020), (WOLPERN et al., 2015) e (LIU et al., 2025).
Infográfico 3.5	O teste da fala e a percepção de esforço: o que cada sinal indica em relação ao primeiro limiar.	Infografico_3.5_a-fala-e-a-percepcao-de-esforco.png	Elaborado pelo autor a partir de (PERSINGER et al., 2004), (REED; PIPE, 2014) e (SCHERR et al., 2013).
Gráfico 4.1	Relógios de pulso no laboratório: quantos dos sete aparelhos tiveram erro abaixo de 5% na frequência cardíaca (pedalando) e abaixo de 20% no gasto calórico, em 60 voluntários.	Grafico_4.1_o-relogio-na-frequencia-e-nas-calorias.png	Elaborado pelo autor a partir de (SHCHERBINA et al., 2017).

Infográfico 4.2	O que muda a frequência cardíaca sem mudar o ritmo do treino.	Infografico_4.2_o-que-muda-a-frequencia-no-mesmo-ritmo.png	Elaborado pelo autor a partir de (ACHTEN; JEUKEN-DRUP, 2003) e (COYLE; GONZÁLEZ-ALONSO, 2001).
Infográfico 6.3	Resumo em uma página: as duas zonas 2, medida ou calculada, o que o relógio faz bem e o que perguntar.	Infografico_6.3_resumo-em-uma-pagina.png	Elaborado pelo autor.

Base das informações

O texto foi escrito a partir de diretrizes de sociedades médicas e de estudos publicados em revistas científicas com revisão por pares, listados na seção de Referências. As citações no corpo do texto seguem o formato autor-data e remetem à lista final, formatada segundo a ABNT NBR 6023. Onde há número, há fonte.

Conflitos de interesse

O autor declara não ter recebido patrocínio, amostras, honorários ou qualquer outra contrapartida de fabricantes de relógios, monitores de frequência cardíaca, sensores, equipamentos de teste ou aplicativos. Nenhuma marca de aparelho é mencionada nesta obra. A base anatômica da Figura 1.4 é adaptada de Servier Medical Art, licenciada sob CC BY 4.0. Revisão desta edição: setembro de 2026.

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 DM Sans, família tipográfica única do Oxy Recovery 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)