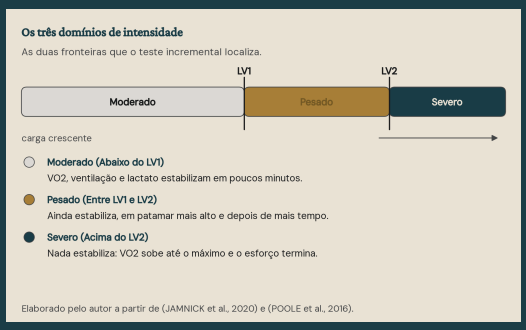
VIDA ATIVA ENSINO

VOLUME 3

Ergoespirometria: como ler os limiares ventilatórios

LV1, LV2 e as duas transições que mudam a prescrição



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 científica · Avaliação metabólica avançada · Desde MMXXV

Vida Ativa
ENSINO E PESQUISA

Ergoespirometria: como ler os limiares ventilatórios

LV1, LV2 e as duas transições que mudam a prescrição

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 3
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.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Sumário

1. Os domínios de intensidade e as duas transições 4
1.1 Antes de começar 4
1.2 Três domínios, duas fronteiras 5
1.3 Por que a fronteira importa mais que a porcentagem 8
2. O primeiro limiar ventilatório e o mal-entendido do anaeróbio 10
2.1 O que o LV1 marca, e o que a fisiologia desfez 11
3. O segundo limiar e o ponto de compensação respiratória 14
3.1 A causa da hiperventilação, testada de frente 15
3.2 Onde os dois pontos costumam cair 16
4. Nomes diferentes, lactato e a concordância entre métodos 18
4.1 Quanto os métodos concordam entre si 19
4.2 Quanto dois avaliadores discordam 20
5. Armadilhas de leitura que mudam a prescrição 25
5.1 A rampa inadequada ao avaliado 26
5.2 Respiração irregular, suavização e método único 27
5.3 Frequência cardíaca máxima estimada como critério 28
6. Da leitura à zona de treino, e o que fica para o curso 30
6.1 Um caso ilustrativo, construído 32
6.2 O quadro-síntese 32
6.3 O que fica para o curso 34
Glossário 35
Referências 37
Sobre o autor 39
Transparência e licenças 40

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 1

Os domínios de intensidade e as duas transições

EM UMA FRASE

O laudo devolve dois pontos. Eles não descrevem o momento em que o corpo "entra no anaeróbio": descrevem as duas fronteiras em que as respostas fisiológicas mudam de comportamento, e é por isso que mudam a prescrição.

1.1 Antes de começar

Este material foi escrito para o profissional de saúde que recebe laudos de ergoespirometria com o primeiro e o segundo limiar ventilatório — LV1 e LV2, como o laudo os abrevia — e usa as zonas que vêm prontas. A situação tem nome: as zonas chegam calculadas e a conduta sai delas, sem que ninguém tenha aberto o gráfico. Médicos, nutricionistas, fisioterapeutas e profissionais de educação física convivem com ela em graus diferentes.

O que vem aqui é o fundamento e o panorama da evidência, fechados num quadro-síntese. A determinação passo a passo, a discordância entre métodos gráficos em casos difíceis, os laudos comentados e a tomada de decisão ficam no curso de teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), e o texto avisa no ponto em que o assunto pediria o passo a passo. A Tabela 1.1 mostra onde cada pergunta é respondida.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

TABELA 1.1 — O QUE CADA CAPÍTULO RESPONDE

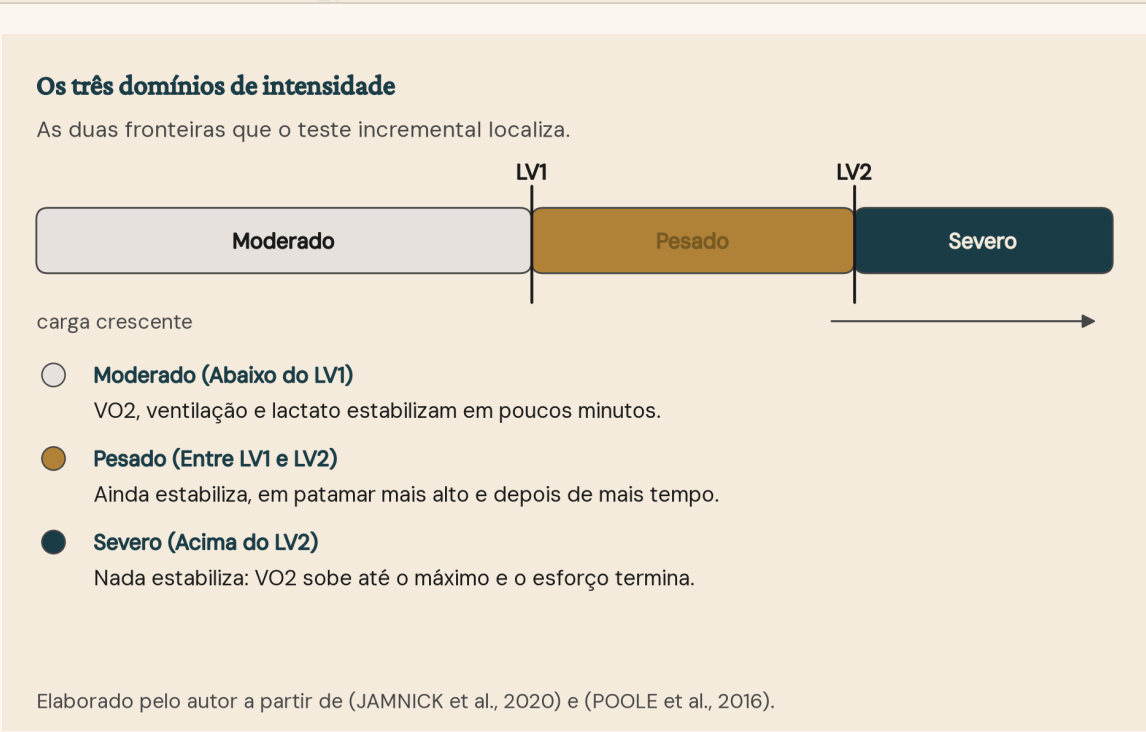
CAPÍTULO	A PERGUNTA QUE ELE RESPONDE
1. Os domínios de intensidade e as duas transições	Por que três domínios, e onde ficam as duas fronteiras?
2. O primeiro limiar ventilatório e o mal-entendido do anaeróbio	O que o LV1 marca, e o que ele não marca?
3. O segundo limiar e o ponto de compensação respiratória	Por que a ventilação dispara de novo, mais acima?
4. Nomes diferentes, lactato e a concordância entre métodos	Os nomes são sinônimos? Quanto dois avaliadores discordam?
5. Armadilhas de leitura que mudam a prescrição	O que, no teste e no laudo, desloca o ponto?
6. Da leitura à zona de treino, e o que fica para o curso	Como o ponto vira faixa, e onde o assunto continua?

1.2 Três domínios, duas fronteiras

A fisiologia do exercício descreve três faixas de esforço em que o corpo se comporta de maneiras distintas. No domínio moderado, o consumo de oxigênio e a ventilação sobem, o lactato acompanha de leve, e em poucos minutos tudo estabiliza. No pesado, tudo isso ainda estabiliza, num patamar mais alto e depois de mais tempo. No severo, nada estabiliza: o consumo de oxigênio segue subindo até o máximo e o esforço termina por exaustão.

O Infográfico 1.2 arruma os três domínios e marca as duas fronteiras.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada



INFOGRÁFICO 1.2

Os três domínios de intensidade e as duas fronteiras. A borda entre moderado e pesado é marcada pelo LV1, também chamado de limiar de troca gasosa; a borda entre pesado e severo corresponde à potência crítica, que o LV2 aproxima no teste incremental.

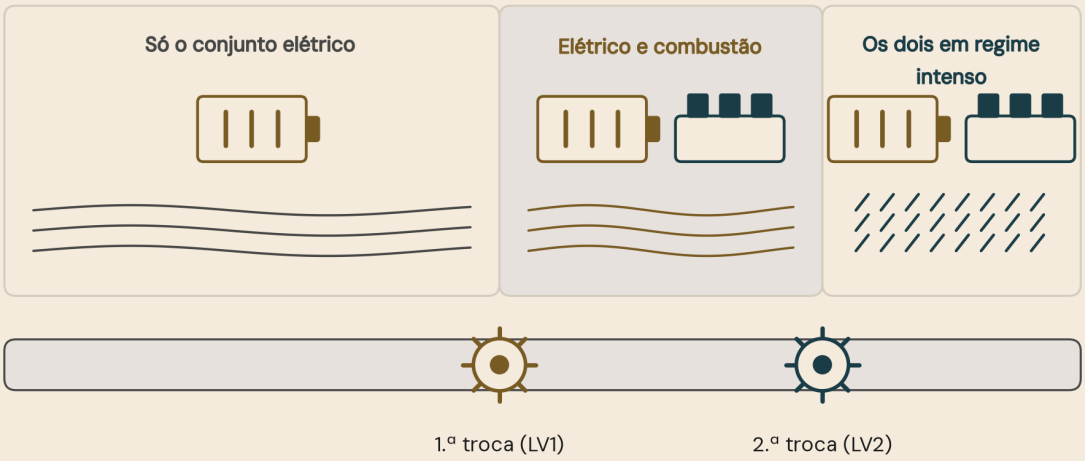
Elaborado pelo autor a partir de (JAMNICK et al., 2020) e (POOLE et al., 2016)

A analogia do carro híbrido serve ao que o teste mostra. O veículo trabalha em silêncio enquanto a demanda é baixa; numa primeira troca de marcha, o motor a combustão entra para acompanhar; numa segunda, o sistema inteiro passa a trabalhar em regime que não se sustenta por muito tempo. A Figura 1.3 desenha as duas trocas.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

As duas trocas de marcha

O trem de força híbrido como esquema das duas fronteiras do teste incremental.



Elaborado pelo autor. Esquema didático; não reproduz um equipamento real e não traz medida de estudo.

FIGURA 1.3

As duas trocas de marcha, em esquema. A primeira troca corresponde ao LV1 e abre o domínio pesado; a segunda corresponde ao LV2 e abre o domínio severo. O esquema é didático e não reproduz um equipamento real.

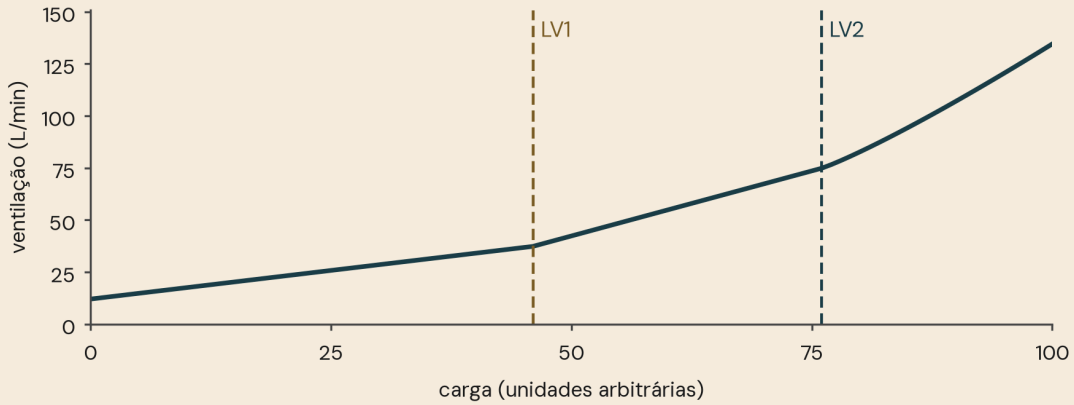
Elaborado pelo autor

O que o teste incremental enxerga dessas transições chega pela ventilação. O Gráfico 1.4 mostra a forma que aparece na tela do ergoespirômetro: uma reta que ganha inclinação num ponto e volta a ganhar inclinação mais acima.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Ventilação contra carga, em exemplo construído

Duas quebras de inclinação na mesma curva.



Elaborado pelo autor. Exemplo construído; os valores dos eixos são ilustrativos.

GRÁFICO 1.4

Ventilação contra carga em um teste incremental, em exemplo construído e rotulado. As duas quebras de inclinação correspondem ao LV1 e ao LV2. Os valores do eixo são ilustrativos e servem para mostrar a forma da curva, não para comparação com um exame.

Elaborado pelo autor

1.3 Por que a fronteira importa mais que a porcentagem

Prescrever por percentual de um valor máximo tem um problema demonstrável: o mesmo percentual cai em domínios diferentes em pessoas diferentes. Uma revisão de 2020 avaliou os métodos de prescrição pela capacidade de provocar perturbações compatíveis com cada domínio, e a conclusão a respeito dos percentuais de ancoragem máxima foi direta.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão de Jamnick e colaboradores, publicada em 2020, organizou o problema em torno de uma pergunta de validade de construto: o método de prescrição produz a perturbação homeostática do domínio que se pretendia atingir? Medida por esse critério, a ancoragem num percentual fixo de valores máximos — o consumo máximo de oxigênio e a frequência cardíaca máxima à frente deles — quase nada acrescenta, porque o mesmo percentual não garante o domínio pretendido. As âncoras submáximas saem da revisão divididas em duas situações. Para a fronteira entre moderado e pesado, os autores reconhecem alguma evidência a favor do primeiro limiar de lactato e dos limiares de troca gasosa e ventilatório. Para a fronteira entre pesado e severo, a evidência em favor dos métodos de uso corrente é escassa, e as exceções que eles apontam são duas: a potência crítica e a velocidade crítica (JAMNICK et al., 2020).

Fonte: JAMNICK et al., 2020

Um experimento em dez pessoas pôs a diferença em número. Cada uma fez sessões nos três domínios, prescritas de dois modos: por limiares fisiológicos e por percentual do consumo máximo de oxigênio.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

No estudo de Meyler e colaboradores, de 2023, todos os dez participantes completaram a sessão do domínio pesado quando a carga foi definida por limiares; com a prescrição por percentual do consumo máximo, apenas 30% completaram, e em 70% das pessoas a carga daquela sessão acabou acima da potência crítica. Na sessão intervalada de domínio severo, 100% completaram a versão por limiares contra 20% na versão por percentual. No domínio moderado, as duas formas se equivaleram em tolerância e em variabilidade de resposta (MEYLER et al., 2023).

Fonte: MEYLER et al., 2023

Essa é a razão prática de olhar os dois pontos do laudo. Eles individualizam a fronteira. O capítulo 2 começa pelo primeiro deles e pelo mal-entendido do anaeróbio que ainda circula em laudo e em curso.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 2

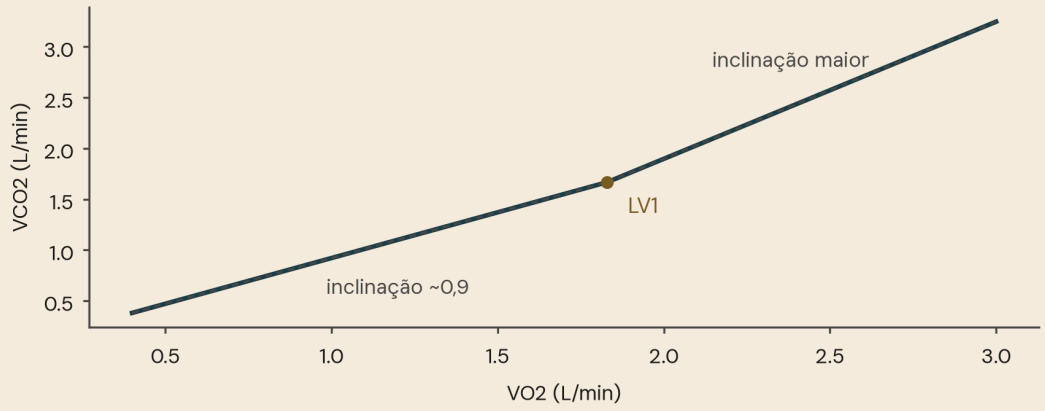
O primeiro limiar ventilatório e o mal-entendido do anaeróbio

Os domínios do capítulo anterior só têm utilidade clínica se as suas fronteiras puderem ser localizadas no exame. O LV1 é a primeira delas, e a forma como ele aparece na tela vem de uma cadeia física simples.

Quando o lactato sobe no sangue, o íon hidrogênio que o acompanha é tamponado sobretudo pelo bicarbonato. Desse tamponamento sai gás carbônico adicional, que o pulmão elimina. A produção de gás carbônico medida na boca passa então a crescer mais depressa que o consumo de oxigênio, e a reta que relaciona as duas quebra. A conta é física. Esse é o achado que o método V-slope procura, e o Gráfico 2.1 mostra a forma dele.

O método V-slope, em esquema

A quebra de inclinação da reta de VCO2 contra VO2.



Elaborado pelo autor a partir de (BEAVER et al., 1986). Exemplo construído; os valores dos eixos são ilustrativos.

GRÁFICO 2.1

O método V-slope em esquema: produção de gás carbônico contra consumo de oxigênio, com duas retas de inclinação diferente e o ponto de encontro marcando o LV1. Exemplo construído e rotulado; os valores dos eixos são ilustrativos.

Elaborado pelo autor a partir de (BEAVER et al., 1986)

O trabalho que descreveu o método comparou o ponto encontrado por regressão com o limiar de lactato e com o limiar de bicarbonato das mesmas pessoas.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Beaver e colaboradores, em 1986, partiram de uma consequência química do tamponamento: quando o lactato sobe, o bicarbonato neutraliza a carga ácida que vem com ele e libera gás carbônico em excesso. Se esse excesso existe, tem de aparecer na inclinação do gráfico de produção de gás carbônico contra consumo de oxigênio. Os autores puseram uma regressão computadorizada para localizar onde ela muda. Dez pessoas fizeram teste incremental. O ponto assim obtido caiu junto dos limiares de lactato e de bicarbonato das mesmas pessoas: 0,50 ± 0,34 mEq/L acima do limiar de lactato definido por matemática, e sem diferença significativa do limiar de bicarbonato estimado. Contra a leitura visual tradicional de um painel de seis avaliadores experientes, o método devolveu o mesmo consumo médio de oxigênio, sem diferença significativa; a vantagem apareceu na confiabilidade com que o ponto é determinado, e não no valor que ele assume. Para o ponto de compensação respiratória foi preciso outro gráfico — o de ventilação contra produção de gás carbônico —, lido em separado. Esse segundo ponto caiu acima do primeiro em todos os casos: 2,51 ± 0,42 L/min de consumo de oxigênio, contra 1,83 ± 0,30 L/min (BEAVER et al., 1986).

Fonte: BEAVER et al., 1986

2.1 O que o LV1 marca, e o que a fisiologia desfez

A teoria original ligava o aparecimento do lactato a uma oferta de oxigênio insuficiente para a mitocôndria. Cinquenta anos de escrutínio desfizeram essa ligação, e o nome “limiar anaeróbio” sobreviveu ao mecanismo que o justificava. O rótulo ficou.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão de Poole e colaboradores, publicada em 2021, percorre a controvérsia desde a formulação de Wasserman. O esquema original tinha uma premissa e um desfecho mensurável. A premissa: oxigênio insuficiente chegando ao músculo. O desfecho: a subida da ventilação e da produção de gás carbônico que o teste enxerga. Entre uma coisa e outra, o esquema punha glicólise acelerada, lactato e íon hidrogênio em excesso, pH em queda e bicarbonato gasto no tamponamento. Foi a premissa que o escrutínio derrubou. A lactatemia do exercício deixou de ser creditada à oferta insuficiente de oxigênio. Quem impõe o ritmo é a carga: quando ela sobe, o fluxo glicolítico sobe junto, e o músculo produz e consome mais lactato. Desse balanço sai o limiar de lactato — o consumo de oxigênio a partir do qual o sangue arterial passa a acumulá-lo. Os autores registram que não existe, por si, evidência de disóxia ou de anóxia muscular. O lactato saiu dessas cinco décadas com papéis que a formulação original não lhe dava: sinalização, gliconeogênese e fornecimento de energia. O que sobrevive intacto é o uso prático — estimar o limiar de lactato sem punção, pelo limiar de troca gasosa, segue valendo no treinamento e na clínica, agora apoiado na biologia do transporte de lactato (POOLE et al., 2021).

Fonte: POOLE et al., 2021

A consequência prática é de vocabulário e de conduta. Chamar o LV1 de “início do anaeróbio” sugere ao leitor do laudo que abaixo dele o músculo trabalha sem lactato e acima dele passa a trabalhar sem oxigênio. As duas coisas descrevem mal o que acontece. O músculo produz e consome lactato o tempo todo, e o que muda no LV1 é o saldo entre produção e remoção, com a consequência ventilatória que o exame enxerga. A Tabela 2.2 separa as duas leituras.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

TABELA 2.2 — O QUE O LV1 É E O QUE NÃO É

LEITURA	SITUAÇÃO
Borda entre o domínio moderado e o pesado	Sustentada: é a função que a evidência de validade de construto atribui ao limiar de troca gasosa e ao limiar ventilatório
Ponto em que a produção de gás carbônico passa a crescer mais que o consumo de oxigênio	Descritiva e correta: é a definição operacional do método V-slope
Estimativa não invasiva do primeiro limiar de lactato	Sustentada, com a ressalva de que o ponto de troca gasosa fica um pouco acima do limiar matemático de lactato
"Início do metabolismo anaeróbio"	Não sustentada: acima e abaixo do ponto o músculo produz e consome lactato, e a subida da lactatemia não se explica por oxigênio que falte
Ponto em que o músculo passa a trabalhar sem oxigênio	Não sustentada: não há evidência de disóxia ou anóxia muscular no ponto
Máxima intensidade sustentável	Não sustentada: a intensidade constante mais alta ainda estável fica bem acima do LV1, perto da segunda fronteira

A mesma cadeia de tamponamento explica por que existe um segundo ponto, mais acima, em que a ventilação volta a mudar de comportamento. O capítulo 3 trata do ponto de compensação respiratória.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 3

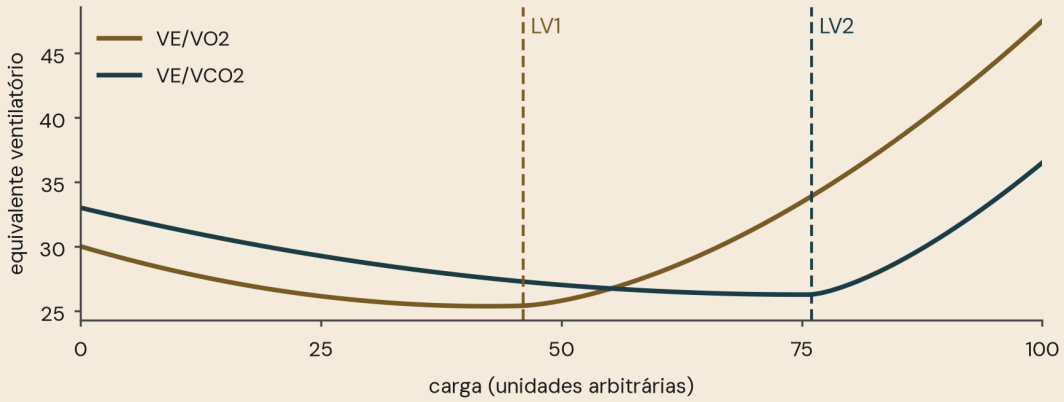
O segundo limiar e o ponto de compensação respiratória

O capítulo anterior fechou com a cadeia de tamponamento que produz o excesso de gás carbônico no LV1. Acima de certa carga, essa cadeia perde eficiência: o bicarbonato disponível cai, o pH desce e a ventilação passa a subir mais depressa que a própria produção de gás carbônico. Esse ponto recebe o nome de compensação respiratória, e é o que os laudos brasileiros costumam chamar de LV2.

A distinção gráfica entre os dois pontos é o que os equivalentes ventilatórios mostram bem. No LV1, a razão entre ventilação e consumo de oxigênio começa a subir enquanto a razão entre ventilação e produção de gás carbônico ainda cai ou permanece plana, porque o pulmão ainda está eliminando o gás carbônico extra na proporção em que ele chega. No LV2, as duas sobem juntas. O Gráfico 3.1 desenha o padrão.

Equivalentes ventilatórios, em esquema

VE/VO2 sobe primeiro; VE/VCO2 acompanha depois.



Elaborado pelo autor. Exemplo construído; os valores dos eixos são ilustrativos.

GRÁFICO 3.1

Equivalentes ventilatórios de oxigênio e de gás carbônico ao longo do teste, em exemplo construído e rotulado. O ponto de inflexão isolado da razão com o oxigênio marca o LV1; a subida simultânea das duas razões marca o LV2.

Elaborado pelo autor

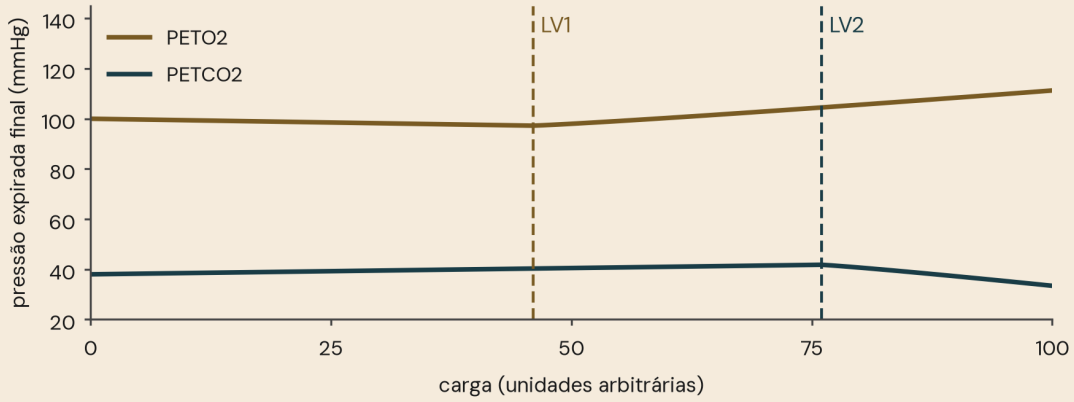
As pressões expiradas finais dão a mesma informação por outro caminho e servem de conferência quando a curva dos equivalentes fica ruidosa. O Gráfico 3.2 mostra o comportam-

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

ento esperado. Três métodos, um ponto.

Pressões expiradas finais, em esquema

PETO2 sobe a partir do LV1; PETCO2 cai a partir do LV2.



Elaborado pelo autor. Exemplo construído; os valores dos eixos são ilustrativos.

GRÁFICO 3.2

Pressões expiradas finais de oxigênio e de gás carbônico ao longo do teste, em exemplo construído e rotulado. A pressão de oxigênio sobe a partir do LV1; a de gás carbônico começa a cair a partir do LV2.

Elaborado pelo autor

3.1 A causa da hiperventilação, testada de frente

A explicação corrente atribui a hiperventilação do LV2 à acidose metabólica. Um grupo alemão testou essa hipótese pelo caminho mais direto que existe, calculando para cada participante a quantidade de bicarbonato necessária para neutralizar por completo a acidose daquele esforço, infundindo-a em doses pequenas ao longo de um segundo teste idêntico ao primeiro e observando o que acontecia com a ventilação. O achado tem duas metades.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Meyer e colaboradores, em 2004, localizaram o ponto de compensação respiratória de cinco pessoas saudáveis num primeiro teste em rampa, medindo ao mesmo tempo o pH e o excesso de base. Com esses dois valores em mãos, calcularam para cada participante quanto bicarbonato a sua própria acidose exigiria para ser neutralizada por completo, e infundiram essa quantidade aos poucos, na veia, ao longo de um segundo teste igual ao primeiro em tudo o mais. A neutralização funcionou: o pH de todos permaneceu acima de 7,37 durante o esforço. A hiperventilação, no entanto, não sumiu. Ela apenas chegou mais tarde, com consumo de oxigênio 0,15 L/min mais alto que no primeiro teste, diferença que os autores registraram como significativa. Daí uma conclusão em duas metades: a acidose participa de modo causal do que começa naquele ponto; outros estímulos atuam junto dela, e as aferências vindas do músculo em esforço estão entre os candidatos (MEYER et al., 2004).

Fonte: MEYER et al., 2004

Cinco pessoas saudáveis não sustentam generalização para populações clínicas, e os próprios autores mantêm o achado no plano do mecanismo. A lição para quem lê o laudo é modesta. O LV2 tem base fisiológica, e essa base é composta, o que ajuda a entender por que ele se desloca em quem hiperventila por ansiedade e em quem interrompe o teste antes do esforço suficiente.

3.2 Onde os dois pontos costumam cair

Um levantamento numa população saudável altamente selecionada, o corpo de astronautas norte-americanos, dá a ordem de grandeza. Os números aparecem no capítulo 4; aqui vale o essencial: o LV1 costuma ficar abaixo de dois terços do consumo de pico e o LV2, perto de quatro quintos. Quem transporta esses percentuais de uma pessoa para outra perde exatamente a informação que o exame foi feito para dar.

SINAIS DE ALERTA

Antes de transformar o LV2 em carga de treino. O ponto de compensação respiratória só é interpretável num teste levado a esforço suficiente e sem critério de interrupção atingido antes dele. Sintoma limitante, alteração eletrocardiográfica, queda de pressão ou arritmia durante o exame mudam o assunto: o laudo passa a ser um achado clínico, e a prescrição espera a avaliação do profissional que acompanha a pessoa.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Os dois pontos ganham nomes diferentes conforme a escola e a década em que o método foi descrito. O capítulo 4 reúne as nomenclaturas e mostra, com o lactato ao lado delas, quanto dois avaliadores discordam ao ler o mesmo traçado.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 4

Nomes diferentes, lactato e a concordância entre métodos

A compensação respiratória do capítulo anterior aparece na literatura com pelo menos quatro nomes, e o primeiro limiar com mais que isso. Parte da confusão de laudo nasce daí.

Uma revisão sobre os conceitos de limiar de lactato localizou o tamanho do problema do lado invasivo.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Faude e colaboradores, em 2009, contaram 25 conceitos distintos de limiar de lactato em circulação na literatura e os agruparam em três categorias, conforme o que cada conceito procura no traçado. A mais exigente reúne os que perseguem o equilíbrio entre produção e remoção — a máxima fase estável — ou uma mudança abrupta na inclinação da curva. Outra reúne os que se contentam com a primeira subida acima do valor de repouso. A terceira dispensa a procura e adota de antemão uma concentração fixa de lactato como ponto de corte. As três convivem na literatura. Para dar lugar a todos eles, os autores recorrem ao modelo da transição aeróbia-anaeróbia, que reconhece duas quebras ao longo do esforço incremental: a carga em que o lactato deixa o patamar de repouso e, bem acima dela, a carga mais alta em que produção e remoção ainda se anulam. A validade foi julgada pela correlação com desempenho: entre as 32 investigações reunidas, a correlação linear forte foi a regra, com destaque para a corrida. A ressalva dos autores é de método: quase nenhum trabalho relata quanto a distância entre o limiar escolhido e a máxima fase estável varia de pessoa para pessoa (FAUDE et al., 2009).

Fonte: FAUDE et al., 2009

A Tabela 4.1 põe as nomenclaturas lado a lado.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

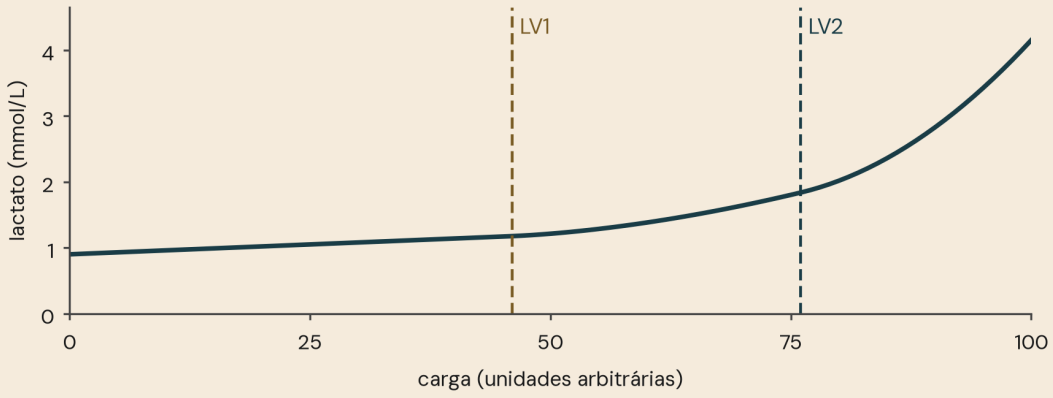
TABELA 4.1 — NOMENCLATURAS USADAS PARA AS DUAS TRANSIÇÕES

TRANSIÇÃO	NOMES POR MÉTODO VENTILATÓRIO	NOMES POR MÉTODO DE LACTATO	NOME NO MODELO DE DOMÍNIOS
Moderado para pesado	LV1, primeiro limiar ventilatório, limiar de troca gasosa, limiar anaeróbio de Wasserman	Primeiro limiar de lactato, limiar aeróbio, início do acúmulo de lactato	Fronteira moderado-pesado
Pesado para severo	LV2, segundo limiar ventilatório, ponto de compensação respiratória	Segundo limiar de lactato, limiar anaeróbio individual, máxima fase estável de lactato como referência de campo	Fronteira pesado-severo, aproximada pela potência crítica

O nome “limiar anaeróbio” aparece nas duas colunas do topo por herança histórica e é a origem de boa parte dos ruídos de comunicação entre laboratório, consultório e academia. O Gráfico 4.2 sobrepõe a curva de lactato aos dois pontos ventilatórios para mostrar a correspondência aproximada.

Lactato contra carga, com os dois limiares sobrepostos

A correspondência é aproximada e varia com o protocolo.



Elaborado pelo autor. Exemplo construído; os valores dos eixos são ilustrativos.

GRÁFICO 4.2

Curva de lactato contra carga, com a posição aproximada dos dois limiares ventilatórios sobreposta, em exemplo construído e rotulado. A correspondência é aproximada e varia com o protocolo e com a pessoa.

Elaborado pelo autor

4.1 Quanto os métodos concordam entre si

A correspondência entre os pontos ventilatórios e os pontos de lactato foi medida em ciclistas treinados, com a máxima fase estável de lactato como critério de comparação.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Pallarés e colaboradores, em 2016, estudaram catorze ciclistas treinados, com consumo máximo de oxigênio de 62,1 ± 4,6 mL/kg/min, em dois testes incrementais até a exaustão, com vários testes de carga constante para localizar a máxima fase estável de lactato. As cargas do limiar de lactato e do limiar de lactato acrescido de 2,0 mmol/L corresponderam, respectivamente, às do LV1 e às do LV2. A diferença não teve significância estatística, e as correlações foram de 0,72 e 0,80. A carga do limiar de lactato acrescido de 0,5 mmol/L coincidiu com a da máxima fase estável. A correspondência, porém, não é identidade. A reprodutibilidade entre os dois testes incrementais separou os critérios em dois patamares. Os critérios ventilatórios por equivalentes, que foram os usados para definir LV1 e LV2 naquele estudo, repetiram-se com coeficiente de variação de 1,6% a 3,5%. Dois outros ficaram acima disso, entre 5,0% e 6,4%: o V-slope e o critério de razão de troca respiratória igual a 1 (PALLARÉS et al., 2016).

Fonte: PALLARÉS et al., 2016

Sobre a fase estável de lactato usada como critério, o protocolo importa.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Beneke, em 2003, comparou três formas de determinar a máxima fase estável de lactato em 26 homens, variando a duração da carga constante e o trecho da curva considerado. As concentrações encontradas diferiram entre os três procedimentos, assim como a carga correspondente a um deles. O procedimento escolhido move o número. A recomendação que o autor extrai daí impõe duas condições ao teste de carga constante. A primeira é de duração: 30 minutos, no mínimo. A segunda é de estabilidade: passado o décimo minuto, a concentração de lactato não pode subir mais de 1,0 mmol/L (BENEKE, 2003).

Fonte: BENEKE, 2003

4.2 Quanto dois avaliadores discordam

A determinação visual dos limiares depende de quem lê o gráfico, e o tamanho dessa dependência foi medido em populações diferentes. O Gráfico 4.3 reúne os três levantamentos.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

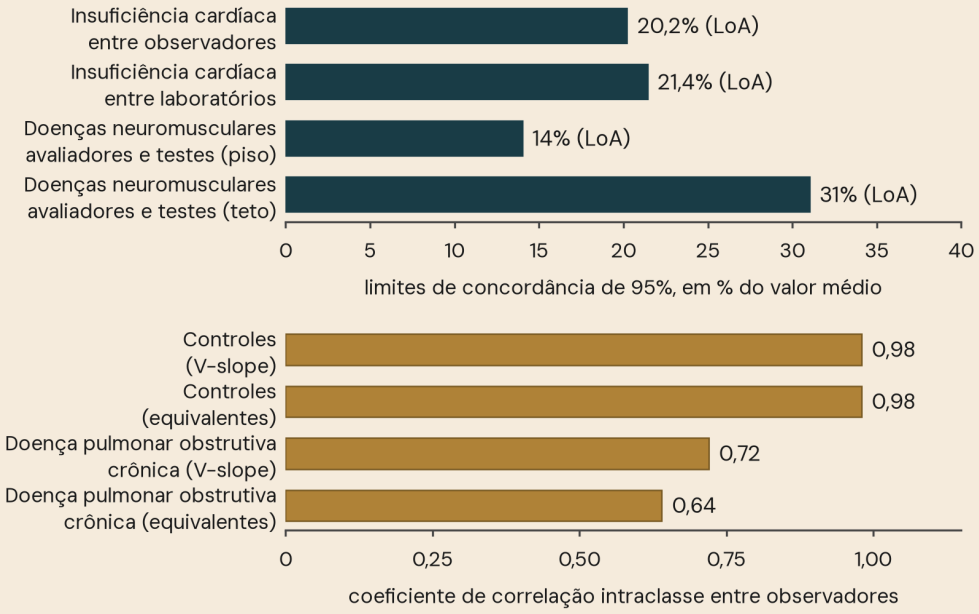
Myers e colaboradores, em 2010, aproveitaram um ensaio multicêntrico para medir quanto a leitura varia nas melhores condições possíveis: 1.679 testes de 428 pacientes com insuficiência cardíaca, vindos de 50 centros dos Estados Unidos. Dois leitores independentes os analisaram num laboratório central. O primeiro resultado é o que menos se comenta. Em 16,4% dos testes, o limiar ventilatório não pôde ser determinado. Nos demais, a distância entre os dois leitores, tomada como limites de concordância de 95% sobre o valor médio, chegou a 20,2%, com coeficiente de variação de 7,3%. Trocar de laboratório custou um pouco mais: 21,4%, com coeficiente de variação de 7,7% (MYERS et al., 2010). Dubé e colaboradores, em 2016, marcaram o limiar de 115 traçados pelo V-slope e pelos equivalentes ventilatórios, com dois leitores humanos e um programa de computador. A amostra reunia controles e pacientes distribuídos pelas classes de gravidade da doença pulmonar obstrutiva crônica. Nos controles, os dois leitores humanos praticamente coincidiram no consumo de oxigênio do limiar: coeficiente de correlação intraclasse de 0,98. Entre os pacientes a concordância desabou. Pelo V-slope caiu a 0,72; pelos equivalentes, a 0,64. A frequência cardíaca do limiar mostra o mesmo em unidade clínica: 2 ± 1 batimento por minuto de diferença entre observadores nos controles, contra 10 ± 3 no grupo de maior gravidade. Duas medidas do próprio avaliado tinham associação independente com a divergência entre leitores: a ventilação de pico no esforço e o volume expiratório forçado no primeiro segundo. O método gráfico escolhido não apareceu nessa lista. Na mesma análise, a leitura computadorizada era intercambiável com a humana nos controles; entre os pacientes, deixou de ser (DUBÉ et al., 2016). Veneman e colaboradores, em 2026, mediram a confiabilidade do primeiro limiar em 51 adultos ambulatoriais com doenças neuromusculares, de idade média de 63,2 anos. Cada participante fez dois testes incrementais submáximos em cicloergômetro, com uma semana de intervalo. Dois avaliadores independentes determinaram o ponto, pelo V-slope e pelos equivalentes ventilatórios. O desenho separa duas fontes de erro, e o estudo reporta as duas. Na leitura, com dois avaliadores sobre o mesmo traçado, o intervalo de confiança de 95% do coeficiente de correlação intraclasse ficou entre 0,80 e 0,98. Na repetição do teste, uma semana depois, entre 0,73 e 0,95. As duas fontes deram erro de medida dentro de uma mesma faixa, de 4,9% a 12,6%, e limites de concordância entre 14% e 31%. Os autores leem o conjunto pela distância entre grupo e indivíduo: o erro é pequeno em médias, e cresce numa pessoa. Daí a recomendação. O ponto acompanha bem a capacidade aeróbia de um grupo ao longo do tempo; para um avaliado isolado, responde mal. Nessa população, prescrever por ele pede monitoramento próximo, porque a faixa-alvo pode sair acima ou abaixo da real em parte dos casos (VENEMAN et al., 2026).

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Fonte: MYERS et al., 2010; DUBÉ et al., 2016; VENEMAN et al., 2026

Concordância na determinação do limiar ventilatório

Três populações, duas medidas de concordância.



Elaborado pelo autor a partir de (MYERS et al., 2010), (DUBÉ et al., 2016) e (VENEMAN et al., 2026).

GRÁFICO 4.3

Concordância na determinação do limiar ventilatório em três populações: limites de concordância entre observadores e entre laboratórios na insuficiência cardíaca, coeficientes de correlação intraclasse entre observadores humanos em controles e na doença pulmonar obstrutiva crônica, e limites de concordância entre avaliadores e entre testes nas doenças neuromusculares.

Elaborado pelo autor a partir de (MYERS et al., 2010), (DUBÉ et al., 2016) e (VENEMAN et al., 2026)

A leitura automatizada reduz parte dessa variabilidade e fornece, de quebra, a referência de onde os pontos costumam cair, que o Gráfico 4.4 traduz. Sobre a reprodutibilidade de cada critério, o Gráfico 4.5 mostra que os critérios por equivalentes ventilatórios, que definiram LV1 e LV2 naquele estudo de ciclistas, ficaram na faixa de variação mais baixa entre dois testes da mesma pessoa.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

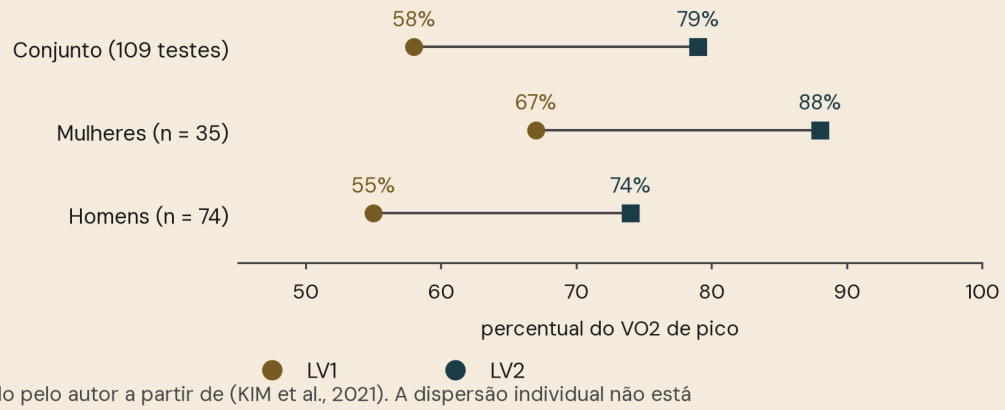
O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Kim e colaboradores, em 2021, escreveram um algoritmo que localiza os dois pontos sem intervenção humana. Puseram-no à prova em 109 testes máximos de cicloergômetro do corpo de astronautas norte-americanos: 74 homens, 35 mulheres. O critério de aceitação foi a equivalência estatística com três avaliadores treinados que leram os mesmos traçados. O algoritmo passou. Como subproduto, o levantamento devolveu a posição média dos dois pontos naquela população: LV1 a 58% do consumo de oxigênio de pico, LV2 a 79%. A escala não corre igual nos dois sexos. Nas mulheres, os pontos ficaram em 67% e 88% do pico. Nos homens, em 55% e 74% (KIM et al., 2021).

Fonte: KIM et al., 2021

LV1 e LV2 em percentual do VO2 de pico

109 testes máximos em cicloergômetro, população saudável altamente selecionada (corpo de astronautas



Elaborado pelo autor a partir de (KIM et al., 2021). A dispersão individual não está representada.

GRÁFICO 4.4

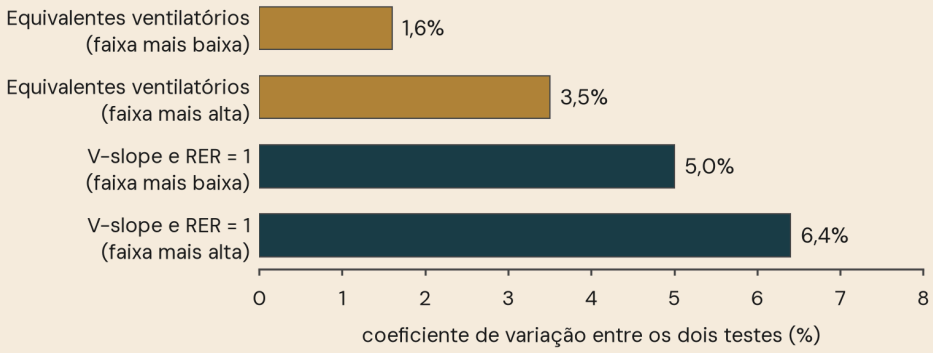
LV1 e LV2 em percentual do consumo de oxigênio de pico, no conjunto e por sexo, em 109 testes de uma população saudável altamente selecionada, o corpo de astronautas norte-americanos. A dispersão individual não está representada.

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

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Reprodutibilidade da carga por critério de determinação

Catorze ciclistas treinados, dois testes incrementais.



Elaborado pelo autor a partir de (PALLARÉS et al., 2016).

GRÁFICO 4.5

Coeficiente de variação da carga determinada por cada critério, em catorze ciclistas treinados testados duas vezes. Os critérios ventilatórios de equivalentes ficam na faixa mais baixa; o V-slope e o critério de razão de troca respiratória igual a 1 ficam acima.

Elaborado pelo autor a partir de (PALLARÉS et al., 2016)

A determinação em casos difíceis, com discordância entre métodos gráficos e critérios de desempate, é conteúdo do curso avançado. O que cabe aqui é reconhecer que a discordância existe e tem tamanho medido. O capítulo 5 traduz isso em armadilhas de leitura.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 5

Armadilhas de leitura que mudam a prescrição

A concordância imperfeita do capítulo anterior descreve o piso do problema: mesmo com traçado bom e avaliador treinado, dois leitores chegam a valores diferentes. Acima desse piso ficam os erros evitáveis. O Infográfico 5.1 arruma os quatro mais frequentes e o efeito de cada um sobre a zona prescrita.

Quatro armadilhas de leitura e o efeito na zona prescrita

O que muda no traçado, e o que muda na conduta.

1 Rampa inadequada ao avaliado

Teste curto demais comprime a transição e deixa pouca informação para as retas se separarem.

Efeito na zona: A zona sai deslocada, e a cinética não é interpretável.

2 Respiração irregular ou hiperventilação

Ansiedade no início do teste eleva a razão de troca respiratória antes de qualquer acúmulo de lactato.

Efeito na zona: Aparece uma quebra que não existe, e o LV1 desce.

3 Suavização excessiva dos dados

Médias móveis largas produzem curva agradável de olhar, e o ponto de quebra passa a depender da janela.

Efeito na zona: A confiança na leitura sobe sem que a medida melhore.

4 Determinação por um só método gráfico

Em doença pulmonar, leitura humana e leitura automatizada deixam de ser intercambiáveis.

Efeito na zona: O laudo esconde uma discordância que existe.

Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982), (BEAVER et al., 1986), (DUBÉ et al., 2016) e (MYERS et al., 2010).

INFOGRÁFICO 5.1

Quatro armadilhas de leitura e o efeito de cada uma sobre a faixa prescrita: rampa inadequada ao avaliado, respiração irregular, suavização excessiva dos dados e determinação por um só método gráfico.

Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982), (BEAVER et al., 1986), (DUBÉ et al., 2016) e (MYERS et al., 2010)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

5.1 A rampa inadequada ao avaliado

O protocolo molda a curva. Uma rampa rápida demais comprime a fase de transição e deixa pouca informação para as retas se separarem; uma rampa lenta demais prolonga o teste sem acrescentar dado. A faixa útil foi delimitada por experimento.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Davis e colaboradores, em 1982, testaram catorze pessoas saudáveis em cicloergômetro, cada uma sob quatro inclinações de rampa sorteadas em ordem aleatória — 20, 30, 50 e 100 W/min —, com medida respiração a respiração. Três dessas inclinações se comportaram como se fossem a mesma: até 50 W/min, os quatro parâmetros de função aeróbia saíram com valores equivalentes. A rampa de 100 W/min partiu esse resultado ao meio. O consumo máximo de oxigênio e o limiar continuaram batendo com os das rampas mais lentas. Perderam-se a constante de tempo da cinética do consumo de oxigênio e a eficiência de trabalho: nessa velocidade, elas não podem ser discernidas de forma válida. A faixa útil, na conclusão dos autores, tem piso e teto. Abaixo de 20 W/min o teste apenas se alonga, sem acrescentar informação sobre os parâmetros; de 20 a 50 W/min a avaliação válida dos quatro se sustenta (DAVIS et al., 1982).

Fonte: DAVIS et al., 1982

O Gráfico 5.2 resume o experimento. A transposição direta desses valores para um paciente com insuficiência cardíaca ou para um atleta de elite não se sustenta: a população era de pessoas saudáveis em cicloergômetro, e a escolha da rampa é do serviço que executa o exame, ajustada à tolerância esperada.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Inclinação da rampa e os parâmetros que ela permite obter

Catorze pessoas saudáveis em cicloergômetro, quatro inclinações em ordem aleatória.

	VO2 máximo	VO2 no limiar	constante de tempo	eficiência
20 W/min	●	●	●	●
30 W/min	●	●	●	●
50 W/min	●	●	●	●
100 W/min	●	●	⊖	⊖

Círculo cheio: parâmetro obtido de forma válida naquela rampa.

Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982).

GRÁFICO 5.2

Quatro inclinações de rampa e a possibilidade de determinar cada parâmetro de função aeróbia, em catorze pessoas saudáveis em cicloergômetro.

Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982)

5.2 Respiração irregular, suavização e método único

Métodos que dependem do padrão respiratório sofrem com respiração irregular e com sensibilidade quimiorreceptora reduzida. Foi esse o argumento que motivou o V-slope, cuja vantagem declarada está em não depender dessas duas condições.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

A revisão de Wasserman e colaboradores, publicada em 1990, descreve a estimativa do limiar pela medida da produção de gás carbônico como função contínua do consumo de oxigênio, à medida que a carga sobe. A quebra que aparece nesse gráfico tem origem obrigatória: o bicarbonato tampona a carga ácida que cresce junto com o lactato, e o gás carbônico liberado nessa reação chega à boca e é medido. Os autores atribuem ao método uma vantagem específica sobre os demais índices de troca gasosa. Ele continua acusando o desenvolvimento de acidose metabólica em avaliados nos quais os outros índices perdem sensibilidade: os que têm mecânica respiratória comprometida, os de sensibilidade quimiorreceptora reduzida, os que respiram de forma irregular, e os que reúnem mais de uma dessas condições (WASSERMAN et al., 1990).

Fonte: WASSERMAN et al., 1990

Respiração acelerada por ansiedade no início do teste eleva a razão de troca respiratória antes de qualquer acúmulo de lactato e pode simular uma quebra que não existe. Aqui cabe a distinção que a linha insiste em manter: o quociente respiratório de repouso informa sobre substrato em estado estável; a razão de troca respiratória do esforço reflete também tamponamento e hiperventilação, e não deve ser lida como se fosse o primeiro.

A suavização dos dados é a armadilha silenciosa. Médias móveis largas produzem uma curva agradável de olhar, e o ponto de quebra que elas devolvem depende da janela escolhida. Curva suave demais gera confiança que a medida não tem.

A determinação por um só método gráfico fecha a lista. Os números que sustentam essa armadilha já apareceram no capítulo 4, nos trabalhos de Dubé e de Myers: em controles saudáveis, leitura humana e leitura automatizada foram intercambiáveis, e na doença pulmonar obstrutiva crônica deixaram de ser, com a divergência entre observadores crescendo justamente nos avaliados de pior função pulmonar e menor ventilação de pico. Há ainda os testes em que método nenhum devolve ponto algum, e eles não são raros na insuficiência cardíaca. Quando os métodos discordam, o laudo honesto diz que discordam.

5.3 Frequência cardíaca máxima estimada como critério

A frequência cardíaca máxima pela idade continua aparecendo como âncora de prescrição. Um estudo recente mediu a distância entre esse caminho e o limiar medido.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Liu e colaboradores, em 2025, compararam, em pacientes chineses com síndrome metabólica, a frequência cardíaca-alvo calculada por equações de frequência cardíaca máxima estimada com a frequência cardíaca do primeiro limiar ventilatório obtida no teste cardiopulmonar. A combinação de 35% da reserva de frequência cardíaca com a equação de Fox não diferiu de modo significativo do valor do limiar, com coeficiente de correlação intraclasse de 0,862 e diferença média de -0,350 batimento por minuto; os limites de concordância de 95%, porém, foram de -9,36 a 8,66 batimentos por minuto. Com a frequência cardíaca de pico medida, 40% da reserva e 70% do pico aproximaram melhor o limiar. O lugar que os autores reservam ao achado é o de ponte: onde a análise de gases não existe, esses alvos permitem começar o treinamento numa vizinhança razoável do primeiro limiar (LIU et al., 2025).

Fonte: LIU et al., 2025

Uma concordância média próxima de zero com limites de quase dez batimentos para cada lado descreve bem o estatuto do método: serve de ponto de partida quando o exame não existe, e perde sentido quando ele existe.

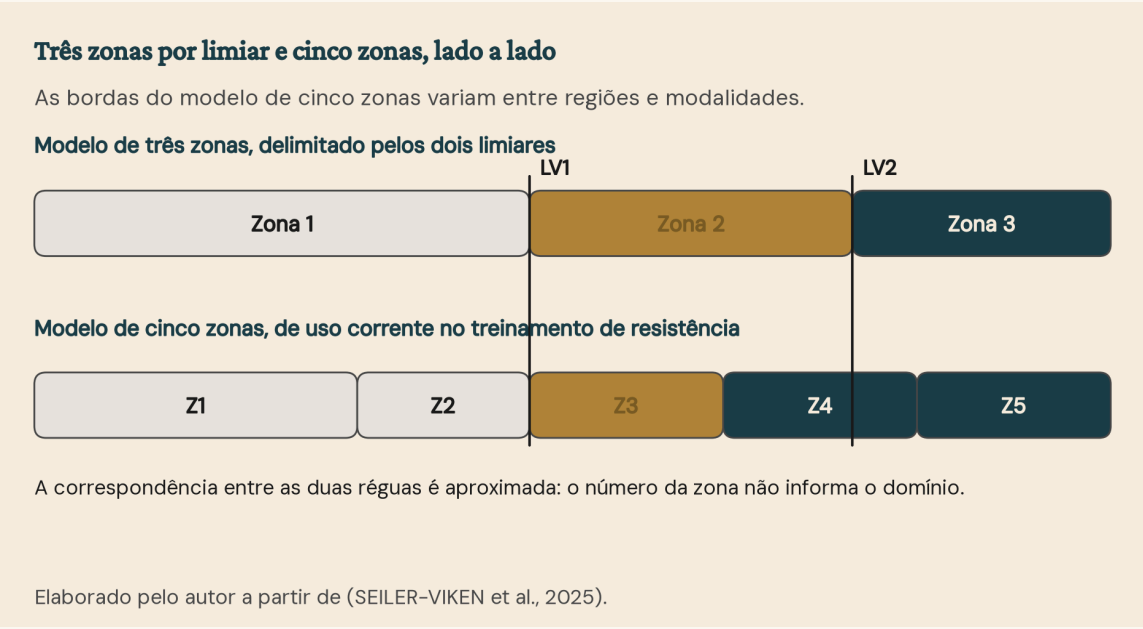
O capítulo 6 mostra como o ponto medido vira faixa de treino e onde o assunto continua.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

CAPÍTULO 6

Da leitura à zona de treino, e o que fica para o curso

As armadilhas do capítulo anterior explicam por que um ponto isolado sustenta mal uma prescrição rígida. O caminho usual transforma cada limiar em borda de faixa, e o número de faixas depende da escola, como o Infográfico 6.1 mostra.



INFOGRÁFICO 6.1

O modelo de três zonas delimitado pelos dois limiares e o modelo de cinco zonas, com a correspondência aproximada entre eles. As bordas do modelo de cinco zonas variam entre regiões e modalidades.

Elaborado pelo autor a partir de (SEILER-VIKEN et al., 2025)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Seiler-Viken e colaboradores, em 2025, ouviram 778 profissionais de esportes de resistência; o limite inferior de cada zona, numa escala de cinco, foi analisado em 298 respostas, e o número de zonas em uso, em 710. A escala de cinco zonas foi a mais frequente, com 47% das respostas, e os respondentes noruegueses tiveram probabilidade 2,7 vezes maior de usá-la em comparação com as demais regiões reunidas. Entre modalidades, os limites inferiores diferiram nas zonas 1 a 3, com contraste maior entre corrida e ciclismo; entre regiões, nas zonas 2 e 3. O que não separou ninguém foi a função exercida pelo respondente nem o nível de desempenho com que ele trabalha: nesses dois recortes, as demarcações saíram iguais (SEILER-VIKEN et al., 2025).

Fonte: SEILER-VIKEN et al., 2025

A escala escolhida muda o nome da faixa e não muda a fisiologia. Duas pessoas que treinam na "zona 2" de escalas diferentes podem estar em domínios diferentes, e é a posição em relação aos limiares que resolve a ambiguidade. O número da zona informa pouco sozinho.

Há ainda a fronteira superior. A aproximação do domínio severo pela potência crítica e pela velocidade crítica tem evidência mais firme que o LV2 para esse papel, segundo a mesma revisão de métodos de prescrição que abriu este material, e a relação entre a fronteira inferior e a velocidade crítica na corrida foi estimada por revisão sistemática que reuniu estudos de populações com capacidades bastante distintas. O resultado ajuda a calibrar expectativas.

O QUE OS ESTUDOS MOSTRAM

Hunter e colaboradores, em 2024, reuniram 26 estudos e 527 participantes para estimar em que percentual da velocidade crítica cai a fronteira entre os domínios moderado e pesado na corrida. A estimativa reunida põe essa fronteira em 82,3% da velocidade crítica, com intervalo de confiança de 95% de 81,1% a 83,6%. Nos grupos de velocidade crítica média e alta, a fronteira ficou em fração mais alta, 83,2% e 84,2%, contra 80,6% no grupo de velocidade crítica baixa. Os autores registram incerteza na estimativa, atribuída à inconsistência dos métodos usados para determinar as duas fronteiras. Recomendam teste próprio quando a aplicação exigir precisão (HUNTER et al., 2024).

Fonte: HUNTER et al., 2024

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

6.1 Um caso ilustrativo, construído

O caso da Tabela 6.2 foi construído para este material e não descreve nenhuma pessoa avaliada. Ele mostra por que o mesmo percentual da frequência cardíaca máxima estimada, aplicado a duas pessoas da mesma idade e com a mesma estimativa de máximo, pode colocar uma delas acima da primeira fronteira e a outra bem abaixo dela.

TABELA 6.2 — DOIS PERFIS CONSTRUÍDOS NO MESMO PERCENTUAL DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA ESTIMADA

ITEM	PERFIL A	PERFIL B
Idade	45 anos	45 anos
Frequência cardíaca máxima estimada pela idade	175 bpm	175 bpm
Alvo prescrito a 70% da estimativa	122 bpm	122 bpm
Frequência cardíaca no LV1 medido	108 bpm	138 bpm
Frequência cardíaca no LV2 medido	145 bpm	166 bpm
Domínio em que o alvo cai	Pesado, acima do LV1	Moderado, abaixo do LV1
Efeito provável da sessão prescrita	Carga mais alta que a pretendida, com recuperação mais lenta	Carga mais baixa que a pretendida, com estímulo aquém do planejado

O perfil A recebe um treino “leve” que o coloca acima da primeira fronteira; o perfil B recebe um treino “leve” que fica bem abaixo dela. Os dois números de alvo são idênticos, e as duas sessões produzem coisas distintas. Quem prescreve é o profissional que acompanha a pessoa, com o laudo e o exame clínico na mão.

6.2 O quadro-síntese

O Quadro 6.3 reúne numa página o que este material sustenta: os domínios, as fronteiras, os métodos gráficos, as armadilhas e o alcance de cada limiar.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Limiares ventilatórios: o resumo em uma página

O que este material sustenta, item a item.

1	**Três domínios** Moderado, pesado e severo. O que muda entre eles é a capacidade de estabilizar VO2, ventilação e lactato.
2	**Duas fronteiras** LV1 separa moderado de pesado. LV2 aproxima a fronteira entre pesado e severo, que a potência crítica define com mais evidência.
3	**Três métodos gráficos** V-slope, equivalentes ventilatórios e pressões expiradas finais. Conferem-se entre si; quando discordam, o laudo diz.
4	**O que o LV1 autoriza concluir** Onde termina o domínio moderado naquela pessoa. Não autoriza falar em início de metabolismo sem oxigênio.
5	**Quatro armadilhas** Rampa inadequada, respiração irregular, suavização excessiva e determinação por um método só.
6	**Margem de erro declarada** Concordância entre avaliadores e entre testes com limites de 14% a 31% conforme a população; uso de grupo é mais seguro que uso individual.
7	**Onde os pontos costumam cair** Numa população saudável altamente selecionada (corpo de astronautas), LV1 a 58% e LV2 a 79% do VO2 de pico, com diferença entre sexos.
8	**O que fica para o curso** Determinação passo a passo, desempate entre métodos, escolha da rampa, redação do laudo e periodização.

Elaborado pelo autor a partir de (JAMNICK et al., 2020), (POOLE et al., 2021), (KIM et al., 2021), (MYERS et al., 2010) e (VENEMAN et al., 2026).

QUADRO 6.3

Resumo em uma página: os três domínios, as duas fronteiras, os três métodos gráficos, as quatro armadilhas e o que cada limiar autoriza concluir.

Elaborado pelo autor a partir de (JAMNICK et al., 2020), (POOLE et al., 2021), (KIM et al., 2021), (MYERS et al., 2010) e (VENEMAN et al., 2026)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

6.3 O que fica para o curso

Este material entregou o fundamento e o panorama da evidência, fechados no quadro-síntese. Ficou de fora, deliberadamente, tudo que depende de prática guiada sobre traçados reais: a determinação passo a passo dos dois pontos em traçados difíceis; os critérios de desempate quando os métodos gráficos discordam; a escolha da rampa por perfil de avaliado; a redação do laudo; a tradução do laudo em periodização. É o que o curso de TCPE e ergoespirometria cobre.

O curso de TCPE está em lista de espera, e a inscrição na lista pode ser feita em vidaativaensino.com.br. Quem trabalha com avaliação metabólica no consultório encontra a parte prática no MEV 3.0 Hands-On. As inscrições estão fechadas, e a reserva de vaga para a próxima turma é feita pela lista de espera, no mesmo endereço.

Um laudo com LV1 e LV2 responde a uma pergunta estreita e responde bem: onde ficam, naquela pessoa e naquele dia, as duas fronteiras. A margem de erro dessa resposta foi medida e aparece nos números do capítulo 4. Quem lê o laudo sabendo o que cada ponto autoriza concluir prescreve com a incerteza declarada, e essa é a diferença entre usar a zona que veio pronta e entender de onde ela saiu.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Glossário

Termos que aparecem no material e costumam gerar dúvida.

TCPE

Teste cardiopulmonar de exercício. Exame de esforço com análise dos gases expirados, que mede consumo de oxigênio, produção de gás carbônico e ventilação a cada respiração. Também chamado de ergoespirometria.

VO_2

Consumo de oxigênio, em litros por minuto ou em mililitros por quilo por minuto.

VCO_2

Produção de gás carbônico medida na boca, em litros por minuto.

VE

Ventilação por minuto, o volume de ar mobilizado em um minuto.

RER

Razão de troca respiratória, o quociente entre VCO_2 e VO_2 medido durante o esforço. Reflete a troca na boca e sofre influência do tamponamento e da hiperventilação.

QR

Quociente respiratório, a mesma razão medida em repouso e em estado estável, quando ela informa sobre o substrato oxidado.

LV1

Primeiro limiar ventilatório. Ponto do teste incremental em que a produção de gás carbônico passa a subir mais depressa que o consumo de oxigênio, marcando a borda entre o domínio moderado e o pesado.

LV2

Segundo limiar ventilatório, também chamado de ponto de compensação respiratória. Ponto em que a ventilação passa a subir mais depressa que a própria produção de gás carbônico.

Limiar de troca gasosa

Nome dado ao LV1 quando ele é determinado pelo gráfico de VCO_2 contra VO_2.

V-slope

Método gráfico que detecta o LV1 pela quebra de inclinação da reta de VCO_2 contra VO_2.

Equivalentes ventilatórios

As razões VE/VO_2 e VE/VCO_2, usadas como método gráfico auxiliar na determinação dos dois limiares.

Pressões expiradas finais

As pressões parciais de oxigênio e de gás carbônico no ar do fim da expiração, usadas como terceiro método gráfico.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Domínio de intensidade

Faixa de esforço dentro da qual as respostas fisiológicas se comportam de um mesmo modo. São descritos três: moderado, pesado e severo.

Lactato

Metabólito produzido e consumido continuamente pelo músculo. A concentração medida no sangue é o saldo entre produção e remoção.

MLSS

Máxima fase estável de lactato. A maior intensidade constante em que a concentração de lactato no sangue permanece estável ao longo de um esforço prolongado.

Potência crítica

Assíntota da relação entre potência e tempo de tolerância. Separa o domínio pesado do severo.

Rampa

Protocolo incremental em que a carga sobe de forma contínua e constante, expressa em watts por minuto.

ICC

Coeficiente de correlação intraclasse. Mede concordância entre medidas repetidas ou entre avaliadores.

Limites de concordância

Faixa dentro da qual se espera encontrar a diferença entre duas medidas do mesmo indivíduo, na análise de Bland-Altman.

Coeficiente de variação

Desvio-padrão dividido pela média, em porcentagem. Aqui descreve o erro de medida.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Referências

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

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of applied physiology**, [S. l.], v. 60, n. 6, p. 2020-7, 1986. DOI: 10.1152/jappl.1986.60.6.2020. Disponível em: https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.2020. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 3087938.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **European journal of applied physiology**, [S. l.], v. 89, n. 1, p. 95-9, 2003. DOI: 10.1007/s00421-002-0783-1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 12627312.

DAVIS, J. A. et al. Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 14, n. 5, p. 339-43, 1982. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7154888/. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 7154888.

DUBÉ, B. P. et al. Reliability of the Determination of the Ventilatory Threshold in Patients with COPD. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 48, n. 2, p. 210-8, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000770. Disponível em: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000770. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 26355247.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they?. **Sports medicine**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 469-90, 2009. DOI: 10.2165/00007256-200939060-00003. Disponível em: https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 19453206.

HUNTER, B. et al. The Relationship Between the Moderate-Heavy Boundary and Critical Speed in Running. **International journal of sports physiology and performance**, [S. l.], v. 19, n. 9, p. 963-972, 2024. DOI: 10.1123/ijspp.2024-0101. Disponível em: https://doi.org/10.1123/ijspp.2024-0101. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 39048094.

JAMNICK, N. A. et al. An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. **Sports medicine**, [S. l.], v. 50, n. 10, p. 1729-1756, 2020. DOI: 10.1007/s40279-020-01322-8. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40279-020-01322-8. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 32729096.

KIM, K. J. et al. Novel Computerized Method for Automated Determination of Ventilatory Threshold and Respiratory Compensation Point. **Frontiers in physiology**, [S. l.], v. 12, p. 782167, 2021. DOI: 10.3389/fphys.2021.782167. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fphys.2021.782167. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 34975535.

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: 19 set. 2026. PMID: 40425669.

MEYER, T. et al. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point?. **British journal of sports medicine**, [S. l.], v. 38, n. 5, p. 622-5, 2004. DOI: 10.1136/bjsm.2003.007815. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.007815. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 15388552.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

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: 19 set. 2026. PMID: 36710454.

MYERS, J. et al. The ventilatory anaerobic threshold in heart failure: a multicenter evaluation of reliability. **Journal of cardiac failure**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 76-83, 2010. DOI: 10.1016/j.cardfail.2009.08.009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2009.08.009. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 20123322.

PALLARÉS, J. G. et al. Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. **PloS one**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e0163389, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0163389. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163389. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 27657502.

POOLE, D. C. et al. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. **Medicine and science in sports and exercise**, [S. l.], v. 48, n. 11, p. 2320-2334, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000939. Disponível em: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000939. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 27031742.

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: 19 set. 2026. PMID: 33112439.

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: 19 set. 2026. PMID: 41038920.

VENEMAN, T. et al. Reliability of the First Ventilatory Threshold Assessment in People With Neuromuscular Diseases: Impact on Exercise Prescription and Evaluation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, [S. l.], p. S0003-9993(26)00726-4, 2026. DOI: 10.1016/j.apmr.2026.04.042. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apmr.2026.04.042. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 42144127.

WASSERMAN, K.; BEAVER, W. L.; WHIPP, B. J. Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. **Circulation**, [S. l.], v. 81, n. 1 Suppl, p. II14-30, 1990. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2403868/. Acesso em: 19 set. 2026. PMID: 2403868.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

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).

Atuo em São Paulo. Opero as doenças do aparelho digestivo e, na outra metade da agenda, avalio metabolismo e capacidade funcional de quem treina, de quem voltou a treinar depois de uma doença e de quem nunca treinou. A ergoespirometria entrou na minha rotina pelo segundo caminho, e demorei a entender que os dois pontos que o laudo devolve carregam uma história de cinquenta anos de discussão.

Este material nasceu de uma pergunta que ouço de colegas com frequência: de onde saem o LV1 e o LV2 do laudo, e quando desconfiar deles. Escrevo para quem recebe esse laudo e precisa transformá-lo em conduta.

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica.

Cursos e materiais: vidaativaensino.com.br

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

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
Infográfico 1.2	Os três domínios de intensidade e as duas fronteiras. A borda entre moderado e pesado é marcada pelo LV1, também chamado de limiar de troca gasosa; a borda entre pesado e severo corresponde à potência crítica, que o LV2 aproxima no teste incremental.	Infografico_1.2_dominios-de-intensidade.png	Elaborado pelo autor a partir de (JAMNICK et al., 2020) e (POOLE et al., 2016)
Figura 1.3	As duas trocas de marcha, em esquema. A primeira troca corresponde ao LV1 e abre o domínio pesado; a segunda corresponde ao LV2 e abre o domínio severo. O esquema é didático e não reproduz um equipamento real.	Figura_1.3_duas-trocas-de-marcha.png	Elaborado pelo autor
Gráfico 1.4	Ventilação contra carga em um teste incremental, em exemplo construído e rotulado. As duas quebras de inclinação correspondem ao LV1 e ao LV2. Os valores do eixo são ilustrativos e servem para mostrar a forma da curva, não para comparação com um exame.	Grafico_1.4_ventilacao-por-carga.png	Elaborado pelo autor
Gráfico 2.1	O método V-slope em esquema: produção de gás carbônico contra consumo de oxigênio, com duas retas de inclinação diferente e o ponto de encontro marcando o LV1. Exemplo construído e rotulado; os valores dos eixos são ilustrativos.	Grafico_2.1_v-slope.png	Elaborado pelo autor a partir de (BEAVER et al., 1986)
Gráfico 3.1	Equivalentes ventilatórios de oxigênio e de gás carbônico ao longo do teste, em exemplo construído e rotulado. O ponto de inflexão isolado da razão com o oxigênio marca o LV1; a subida simultânea das duas razões marca o LV2.	Grafico_3.1_equivalentes-ventilatorios.png	Elaborado pelo autor
Gráfico 3.2	Pressões expiradas finais de oxigênio e de gás carbônico ao longo do teste, em exemplo construído e rotulado. A pressão de oxigênio sobe a partir do LV1; a de gás carbônico começa a cair a partir do LV2.	Grafico_3.2_pressoes-expiradas-finais.png	Elaborado pelo autor

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Gráfico 4.2	Curva de lactato contra carga, com a posição aproximada dos dois limiares ventilatórios sobreposta, em exemplo construído e rotulado. A correspondência é aproximada e varia com o protocolo e com a pessoa.	Grafico_4.2_lactato-e-limiares.png	Elaborado pelo autor
Gráfico 4.3	Concordância na determinação do limiar ventilatório em três populações: limites de concordância entre observadores e entre laboratórios na insuficiência cardíaca, coeficientes de correlação intraclasse entre observadores humanos em controles e na doença pulmonar obstrutiva crônica, e limites de concordância entre avaliadores e entre testes nas doenças neuromusculares.	Grafico_4.3_concordancia-entre-avaliadores.png	Elaborado pelo autor a partir de (MYERS et al., 2010), (DUBÉ et al., 2016) e (VENEMAN et al., 2026)
Gráfico 4.4	LV1 e LV2 em percentual do consumo de oxigênio de pico, no conjunto e por sexo, em 109 testes de uma população saudável altamente selecionada, o corpo de astronautas norte-americanos. A dispersão individual não está representada.	Grafico_4.4_limiares-em-percentual-do-vo2-de-pico.png	Elaborado pelo autor a partir de (KIM et al., 2021)
Gráfico 4.5	Coeficiente de variação da carga determinada por cada critério, em catorze ciclistas treinados testados duas vezes. Os critérios ventilatórios de equivalentes ficam na faixa mais baixa; o V-slope e o critério de razão de troca respiratória igual a 1 ficam acima.	Grafico_4.5_reprodutibilidade-por-metodo.png	Elaborado pelo autor a partir de (PALLARÉS et al., 2016)
Infográfico 5.1	Quatro armadilhas de leitura e o efeito de cada uma sobre a faixa prescrita: rampa inadequada ao avaliado, respiração irregular, suavização excessiva dos dados e determinação por um só método gráfico.	Infografico_5.1_armadilhas-de-leitura.png	Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982), (BEAVER et al., 1986), (DUBÉ et al., 2016) e (MYERS et al., 2010)
Gráfico 5.2	Quatro inclinações de rampa e a possibilidade de determinar cada parâmetro de função aeróbia, em catorze pessoas saudáveis em cicloergômetro.	Grafico_5.2_inclinacao-da-rampa.png	Elaborado pelo autor a partir de (DAVIS et al., 1982)
Infográfico 6.1	O modelo de três zonas delimitado pelos dois limiares e o modelo de cinco zonas, com a correspondência aproximada entre eles. As bordas do modelo de cinco zonas variam entre regiões e modalidades.	Infografico_6.1_tres-zonas-e-cinco-zonas.png	Elaborado pelo autor a partir de (SEILER-VIKEN et al., 2025)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada

Quadro 6.3	Resumo em uma página: os três domínios, as duas fronteiras, os três métodos gráficos, as quatro armadilhas e o que cada limiar autoriza concluir.	Quadro_6.3_resumo-em-uma-pagina.png	Elaborado pelo autor a partir de (JAMNICK et al., 2020), (POOLE et al., 2021), (KIM et al., 2021), (MYERS et al., 2010) e (VENEMAN et al., 2026)

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, amostra, honorário ou qualquer contrapartida de fabricantes de ergoespirômetros, analisadores de gases, medidores de lactato, monitores de frequência cardíaca ou dispositivos vestíveis citados nesta obra. As figuras, os gráficos, os esquemas e os quadros são didáticos e foram elaborados pelo autor. Nenhum deles representa uma pessoa avaliada de verdade.

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)

Conteúdo informativo; não substitui consulta médica. · exemplar de leitura pessoal · reprodução não autorizada