

# CALORIMETRIA INDIRETA NO ESFORÇO E COMPARAÇÃO DE PREDOMÍNIO METABÓLICO ENTRE GÊNEROS

## Autores

---

Rommel Padovan Branquinho  
Marcio Clementino de Souza Santos  
Clivia Amaral Bandeira

## Orientador

---

Marlene Aparecida Moreno

## 1. Introdução

---

O exercício físico é um dos mais complexos processos fisiológicos conhecidos e nenhuma outra atividade proporciona tamanha sobrecarga aos sistemas biológicos, em especial ao sistema cardiorrespiratório. As respostas cardiorrespiratórias e metabólicas induzidas pela realização do exercício físico estão na dependência de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como: sexo, idade, condições ambientais (temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar), características antropométricas (altura, peso), distribuição e percentual dos tipos de fibras musculares, fatores genéticos, tipo de exercício realizado (dinâmico, isométrico, misto) e intensidade, posição de decúbito, fatores psíquicos, entre outros (GALLO et al., 1995).

A ergoespirometria é uma das técnicas de avaliação cardiopulmonar, por meio direto, usada em indivíduos atletas, sedentários, cardiopatas, pneumopatas, entre outros. No entanto, é necessário mensurações através de um analisador de gases, utilizando também um ergômetro. A calorimetria indireta é um método não invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico obtido por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões (Ferranini, 1998).

O estudo das variáveis respiratórias e metabólicas durante um teste de exercício físico dinâmico com incremento de potência contínuo, do tipo rampa, pode fornecer informações importantes sobre a dinâmica das trocas de gases em diferentes intensidades de exercício. Dois parâmetros de extrema importância evidenciam as condições do transporte de O<sub>2</sub> durante o exercício físico dinâmico: o consumo máximo de oxigênio e o limiar de anaerobiose ventilatório.

O consumo máximo de oxigênio ocorre quando a taxa de aumento do VO<sub>2</sub> diminui em relação ao aumento de potência, momentos antes da exaustão física do indivíduo e forma um platô, onde incrementos adicionais de carga não mais modificam o VO<sub>2</sub>, indicando a saturação nos sistemas de transporte do

oxigênio. Geralmente, em indivíduos saudáveis, os fatores limitantes para o transporte de O<sub>2</sub> são o coração e os músculos em atividade (CRESCÊNCIO, 2002).

O limiar de anaerobiose (LA) pode ser definido como a intensidade do exercício sobre o qual a produção de energia pelo mecanismo aeróbio é suplementada pelo mecanismo anaeróbio (WHIPP et al., 1986; CHWALBINSKA-MONETTA et al., 1989; WASSERMAN et al., 1999). Este fenômeno fisiológico é de grande importância, uma vez que vem sendo utilizado na prescrição de atividades físicas no tratamento de cardiopatas e portadores de fatores de risco para doença da artéria coronária e no treinamento físico para indivíduos saudáveis. Ainda, fornece importantes informações acerca dos principais sistemas fisiológicos envolvidos na realização do exercício físico.

O desenvolvimento da capacidade aeróbia, em jovens e adultos, deve ser baseado num referencial o mais rigoroso e preciso possível que possibilite prescrever, no treino, intensidade de exercício ajustadas as características dos sujeitos (HARTMAN e MADER, 1994), nesta linha de raciocínio o enfoque desta pesquisa é conhecer cada sujeito e suas capacidades com exatidão pela calorimetria indireta, identificar qual a intensidade de exercício aeróbico em que ocorre um predomínio metabólico (gordura, carboidrato e proteína), para prescrever com maior exatidão após a realização destes testes as zonas de treinamento de acordo com os objetivos do indivíduo, seja um iniciante ou até mesmo atleta de elite pela frequência cardíaca FC pela sua fácil monitorização; classificar os sujeitos pelos níveis de condicionamento (VO<sub>2</sub> ml/kg/min), saber qual o predomínio metabólico da atividade escolhida e conhecer o Limiar Anaeróbico.

## 2. Objetivos

---

Avaliar e quantificar o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub> máx) e o limiar de anaerobiose (LA), assim como comparar o predomínio metabólico entre os gêneros.

## 3. Desenvolvimento

---

## **1. Amostra:**

Participaram do estudo 24 indivíduos jovens sendo 12 do sexo masculino e 12 do sexo feminino, com idade 17 à 35 anos. Foi entregue aos voluntários um termo de consentimento livre e esclarecido conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e os mesmos concordaram em participar dessa pesquisa. Este estudo foi desenvolvido na cidade de Dourados/MS no Centrocór contando com a colaboração do Dr. Heron Bomfim cardiologista que conduziu os testes.

## **2. Procedimentos da avaliação**

Foi realizado uma triagem dos voluntários que seriam submetidos ao programa de pesquisa. Todos responderam a anamnese, avaliação fisioterapêutica, avaliação clínica (registro da frequência cardíaca de repouso e pressão arterial , ausculta cardíaca e pulmonar) e realização do eletrocardiograma (ECG) de repouso de 12 derivações.

## **3. Critérios de inclusão**

Os voluntários foram selecionados após preencherem os requisitos acima citados, não apresentavam qualquer tipo de doença e nem faziam uso de medicamentos e nenhum tipo de droga, considerados saudáveis após avaliação clínica.

## **4. Teste ergoespirométrico e equipamentos**

Os testes foram realizados em ambiente controlado com temperatura de 26°C. Foi utilizado um ergômetro (Esteira Micromed Centurion 200 com Velocidade máxima de 18km/h e Inclinação máxima de 26%), Expirômetro Metalyzer 3B e máscara de análise da CórteX, esta foi ajustada de acordo com o tamanho dos voluntários.

No teste foi realizado o método de Calorimetria Indireta (CI) através da ergoespirometria. Antes de iniciar o teste os participantes realizavam um aquecimento e alongamento prévio por 1 minuto.

## **5. Sinais registrados**

Os sinais analisados foram: frequência cardíaca (FC), VO<sub>2</sub> ml/min/kg, Limiar Anaeróbico e taxa de utilização dos substratos energéticos. Antes da realização do teste para reduzir a ansiedade e expectativa por parte dos voluntários, foram realizados procedimentos de familiarização dos mesmos com o protocolo de teste, e com os equipamentos.

## **6. Análise Estatística**

Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para distribuição de normalidade e a partir deste o teste-t para variáveis independentes.

## **4. Resultados**

---

O gráfico 1 refere os valores da média e desvio padrão do VO<sub>2</sub> max e no LA na comparação entre homens e mulheres. Esses resultados estão de acordo com Wasserman et al. (1999), que relatam maiores valores de VO<sub>2</sub> max e no LA para homens em relação a mulheres. Este fato atribui-se ao fato dos homens possuírem maior massa muscular em atividade do que as mulheres.

## **ALTERAÇÕES NO SISTEMA AERÓBICO**

Cada atividade desportiva ou gesto humano se difere de acordo com a duração e intensidade, exigindo a ativação de sistemas energéticos específicos. Nesta pesquisa o enfoque é no exercício aeróbico.

As adaptações metabólicas mais notáveis que acompanham este tipo de treinamento incluem as:

- **Ενζιμ(τι)χας:** μεληορανδο ο φυνηιοναμεντο εστρυτυραλ παρα α ρεσπιραλ @ο χελυλαρ, οβσερπα-σε υμα χαπαχιδαδε μυιτο αυμενταδα δε γεραρ ΑΤΠ αεροβιχαμεντε ατραπ[σ δα φοσφοριλα @ο οξειδατιπα (ΗΟΛΛΣΖΨ, 1988).
- **Μεταβολισμο δε Γορδυρασ:** υμ αυμεντο να χαπαχιδαδε δοσ μ |σχυλοσ τρειναδοσ δε μοβιλιζαρεμ, τρανσπορταρεμ ε οξειδαρεμ ασ γορδυρασ αχομπανηα ο εξερχ[χιο συβμ[ξιμο (ΧΟΟΓΑΝ, 1993 ε ΡΙΖΙΕΡΙ ετ αλ, 1989). Εσσα λιπ [λισε μαισ πιγοροσα ρεσυλτα δο μαιορ φλυξο σανγυ[νεο δεντρο δο μ |σχυλο τρειναδο ε δε υμα μαιορ θυαντιδαδε δε ενζιμασ θυε μοβιλιζαμ ε μεταβολιζαμ ασ γορδυρασ. Παρα θυαλθυερ ν[πελ συβμ[ξιμο δε εξερχ[χιο, υμα πεσσοα τρειναδα υτιλιζα μαισ [χιδο γραξο παρα οβτερ ενεργια θυε υμ χονγ[νερε δεστρειναδο (ΧΟΟΓΑΝ ετ αλ, 1995), φατορ εσσε βεν[φιχο παρα οσ ατλετασ δε ενδυρανχε, ποισ ληεσ περιμετεμ χονσερπαρ οσ δεπ[σιτοσ δε χαρβοιδατοσ τ@ο ιμπορταντεσ δυραντε ο εξερχ[χιο προλονγαδο.
- **Μεταβολισμο δε Χαρβοιδατοσ:** ασσιμ χομο νο μεταβολισμο δε γορδυρασ, νο μ |σχυλο τρειναδο εξιβε υμα μαιορ χαπαχιδαδε δε οξειδαρ οσ χαρβοιδατοσ (ΗΟΛΛΟΣΖΨ, 1988), χονσεθυεντεμεντε γρανδεσ θυαντιδαδεσ δε πυρωατο πενετραμ νασ πιασ ενεργ[τιχασ αερ [βιχασ. Εσσε εφειτο [χομπατ[πελ χομ α μαιορ χαπαχιδαδε οξειδατιπα δασ μιτοχ[νδριασ ε ο μαιορ αρμαζεναμεντο δε γλιχογ[νιο δεντρο δοσ μ |σχυλοσ τρειναδοσ.

**No gráfico 2 estão colocados a média da FC (LA) de ambos os sexos e o predomínio metabólico nesta intensidade.**

Confirmando nossos dados juntamente com JENNINGS et al., 1990, onde indivíduos não treinados apresentam, em geral, LA em torno de 50% a 70% do consumo máximo de oxigênio. Neste estudo o LA ficou em torno de 46% a 60% do consumo máximo de oxigênio, portanto, ficando próximo dos valores encontrados na literatutra.

No gráfico 3 estão os resultados do predomínio metabólico quando o indivíduo está na zona de FC máxima em ambos os sexos. Isso nos reforça a idéia de que esta intensidade de exercício é muito propícia para capacidade anaeróbica, treinamento de esportes coletivos (futebol, voleibol, basquetebol) e também comumente encontrado em academias nas aulas de spinning.

Foi observado nestas amostras em ambos os sexos que o Limiar Anaeróbico é um ponto de grande

relevância na prescrição de um programa que têm como objetivo a diminuição do percentual de gordura corporal, pois vimos no gráfico 2 a predominância da utilização de gordura como substrato energético neste ponto.

O limiar anaeróbico tem se mostrado melhor preditor de desempenho que o VO<sub>2</sub> máx para exercícios de longa duração (BEVERGAR et al, 1960), outra aplicação prática do LA é a utilização do seu valor expresso em FC, o que possibilita, pela monitorização contínua desta variável fisiológica, diagnóstico preciso da natureza aeróbica ou anaeróbica das mais diferentes modalidades esportivas, caracterizando a natureza mista aeróbia/anaeróbia da atividade.

## 5. Considerações Finais

---

Os resultados sugerem que o consumo máximo de oxigênio é maior em homens em relação a mulheres, como já descrito na literatura. Assim como, em exercícios na faixa do LA há um predomínio metabólico de gorduras, sendo este um fator de grande valia para a prescrição de uma atividade aeróbia, onde o objetivo seja a diminuição do percentual de gordura.

## Referências Bibliográficas

---

Bevegard S. Holmgren A, Jonson B. Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise with special reference on the stroke volume. *Acta Physiol Scand* 1960; 49:279-98. BEAVER, W.L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* , v. 60, n. 6, p. 2020-2027, 1986.

Coogan, A. R., et al.: Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol.*, 72:1780, 1993.

Coogan, A. R., et al.: Glucose kinetics during high-intensity in endurance-trained and untrained humans. *J. Appl. Physiol.*, 78: 1203, 1995. CRESCÊNCIO, J.C. Determinação do limiar de anaerobiose ventilatório no exercício físico dinâmico em indivíduos saudáveis. Comparação entre métodos obtidos por análise visual e modelos matemáticos .2002. Dissertação (Mestrado em Biociências Aplicadas em Clínica Médica) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

6. CHWALBINSKA-MONETTA, J.; ROBERGS, R.A.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J. Threshold for muscle lactate accumulation during progressive exercise. *J Appl Physiol*, v. 66, n. 6, p. 2710-2716, 1989.

Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism* 1988; 37: 287-301.  
GALLO JR., L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA FILHO, E.C.; GOLFETTI, R.;  
CHACON, M.P.T.; FORTI, V.A.M. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz J Med Biol Res*, v. 28, n. 11- 12, p. 1179-1184, 1995.

9. Hartmann, U.; Mader, A. Importance of lactate parameter for performance diagnosis and for the regulation in top competition and in recreational sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Turin, v.35, p.14-20, 1994.

Holloszy, J.O.: Metabolic consequences of endurance exercise training. In *Exercise, Nutrition, and Energy Metabolism*. E.S Horton, and R.L. Terjung (Eds), New York • , Macmillan, 1988.

[Jennings GL, Esler MD](#). Circulatory regulation at rest and exercise and the functional assessment of patients with congestive heart failure. *Circulation. Review.* (1 Suppl):II5-13. Jan;81, 1990. Riviere, D., et al.: Lipolytic response of fat cells to catecholamines in sedentary and exercise-trained women. *J. Appl. Physiol.*, 66:330, 1989.

Whipp BJ, Davics JÁ, Torres F, Wasserman K – A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol*. 1981; 50:217-21.

Wassermann K, Hansen JE, Sue DY, Casabury R, Whipp BJ. *Principles of Exercise Testing and Interpretation* 3<sup>ed</sup>. 1999: Lippincot Williams & Wilkins, Baltimore , Maryland , USA • , p. 556.

## Anexos

---

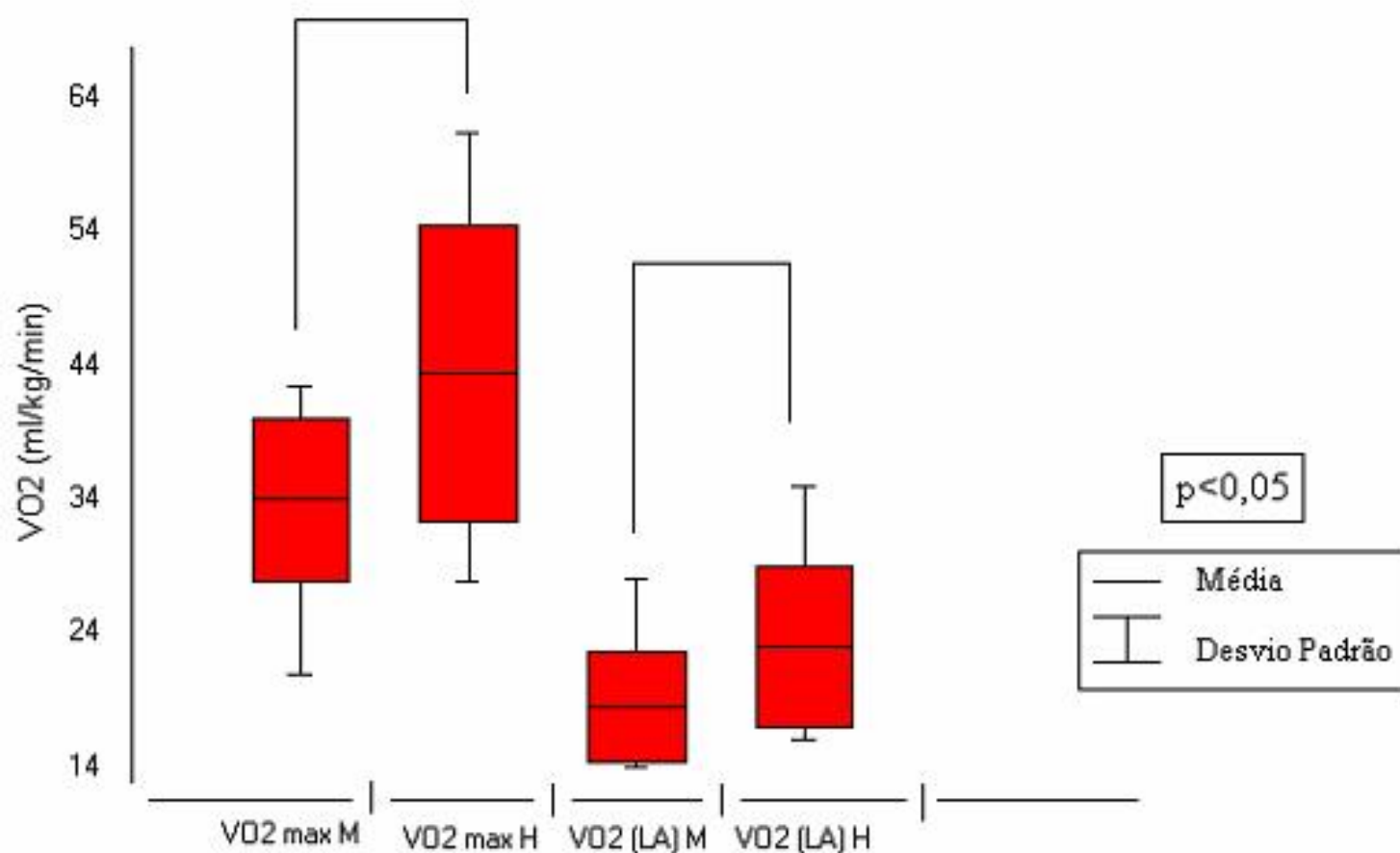


Gráfico 1: Valores do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  max) e no limiar de anaerobiose ( $VO_2$  (LA)).

## Predomínio Metabólico e LA

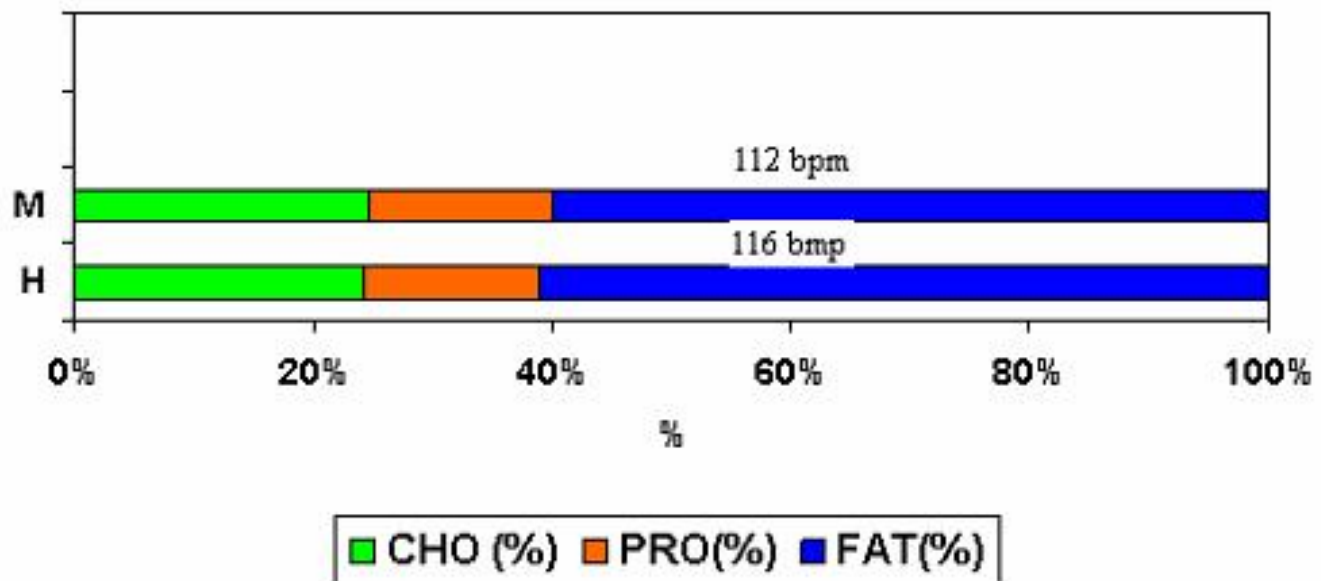


Gráfico 2: Comparação do predomínio metabólico na frequência cardíaca do limiar de anaerobiose (LA). Carboidrato (CHO), Proteína (PRO), Gordura (FAT).

## Predomínio metabólico na FC máx

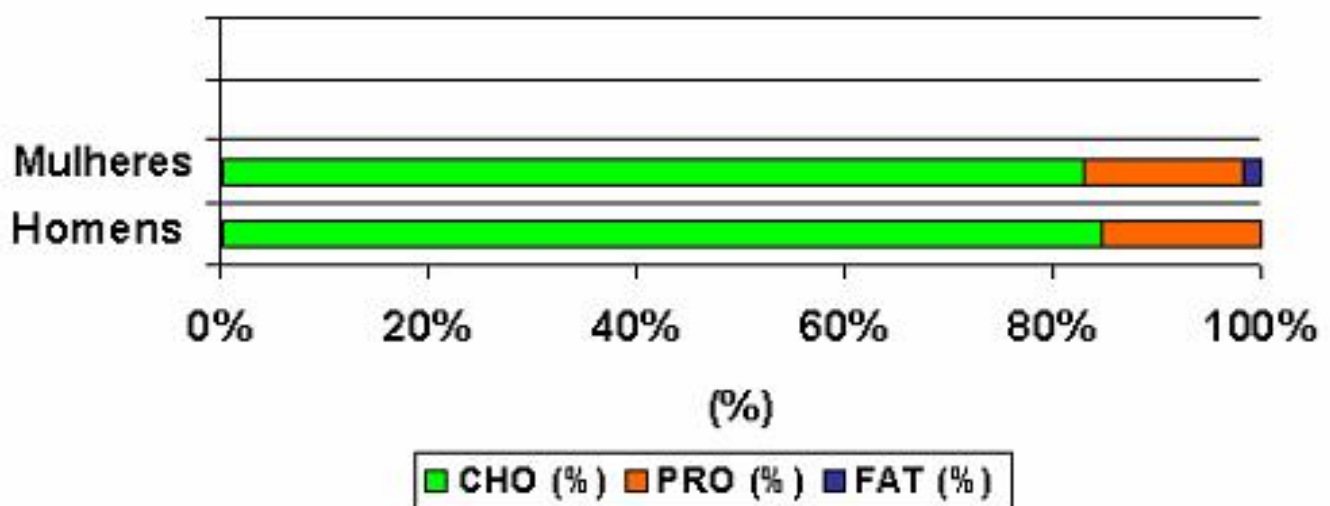


Gráfico 3: Predomínio metabólico dos substratos energéticos na frequência cardíaca máxima. Carboidrato (CHO), Proteína (PRO), Gordura (FAT).