



ALUNA: RAÍSSA OHANA SALES

ANÁLISE DO DESEMPENHO TERMODINÂMICO DE UM ESPORTISTA PELO BALANÇO DE ENERGIA E EXERGIA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Keutenedjian Mady

Campinas

2020

1. Introdução:

Se considerarmos o ser humano como um volume de controle, o mesmo usado nas idealizações das máquinas térmicas, temos uma fronteira, que no caso seria o ambiente externo, em constantes mudanças de propriedades. Para manter o indivíduo em um (quase) estado de regime permanente e garantir o conforto térmico, ocorre o processo de homeostase. De acordo com Carvalho (1981), esse termo representa a tentativa de se manter as condições internas constantes, tais como a temperatura, a salinidade, o pH, as concentrações de glicose, de oxigênio, de gás carbônico e de resíduos corporais.

Seguindo a Primeira Lei da Termodinâmica, energia não pode ser criada ou destruída, sendo apenas transformada ou transferida. Aplicando a primeira lei no volume de controle abalizado, para se obter o balanço de energia interna, tem-se a entrada de energia química por meio dos alimentos, que em seguida é transformada para ser usada no metabolismo celular. De forma a garantir a homeostase, dependendo das condições externas e da atividade física que o indivíduo realiza, tem-se a saída de energia dissipada por meio do trabalho, da evaporação da pele, da radiação, da condução e da respiração.

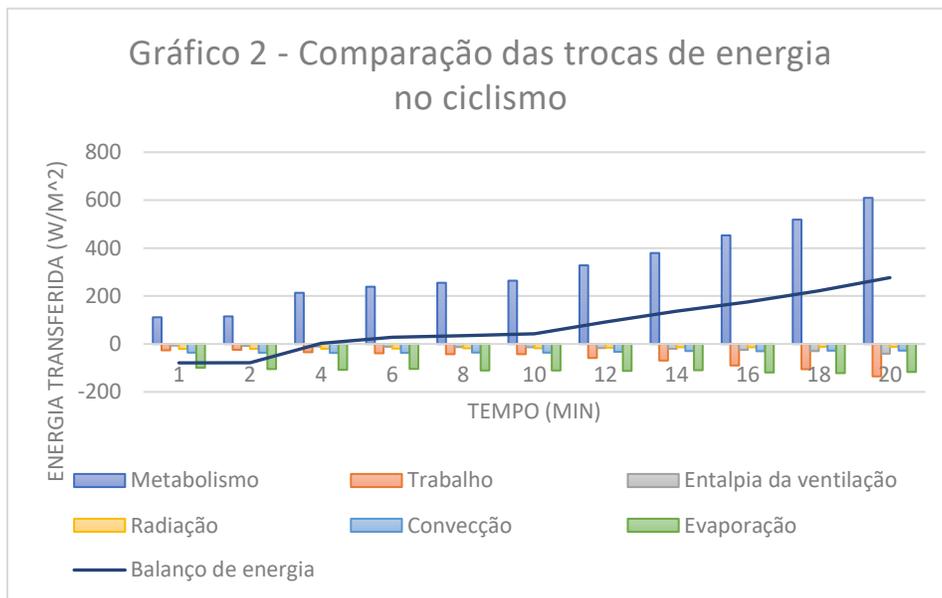
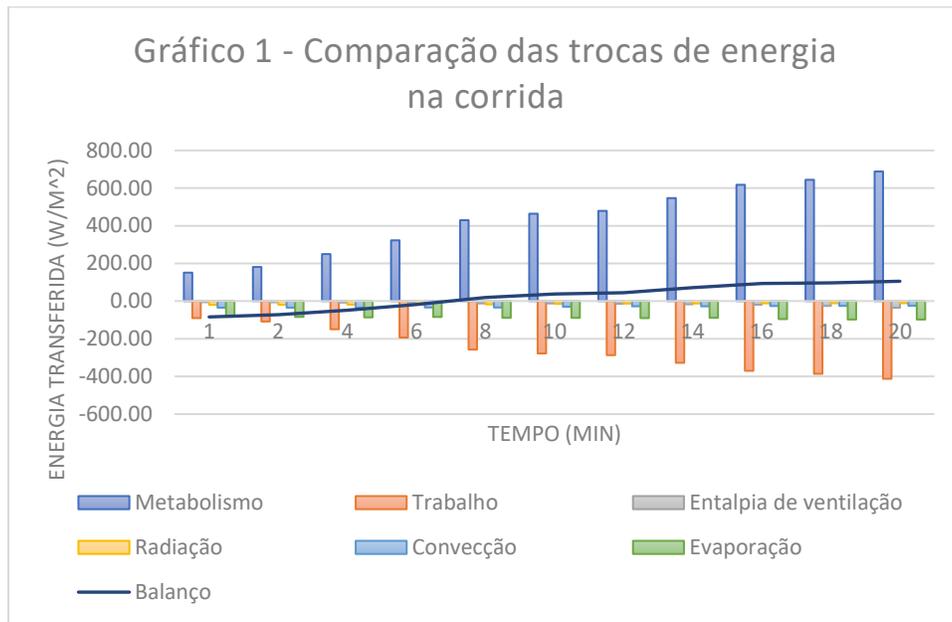
A Segunda Lei da termodinâmica é utilizada para realizar a diferenciação das trocas energéticas a partir do conceito de exergia definido por Szargut (2005), que mede a qualidade do processo de transferência. De forma prática, o cálculo da exergia permite indicar em quais pontos ocorrem as maiores irreversibilidades e como o sistema responde às variações das condições externas. A partir desse conceito, será possível a compreensão do funcionamento do organismo e dos indicadores de desempenho de cada indivíduo.

Este trabalho está inserido nesse contexto ao considerar um indivíduo, durante a prática esportiva, como uma máquina térmica e suas respectivas trocas de energia. A partir de testes ergoespirométricos, testes de calorimetria indireta e a própria medição das condições externas, realizadas pelo grupo anteriormente, seria possível obter as incógnitas necessárias para os cálculos subsequentes. Em duas situações distintas, praticando corrida e praticando ciclismo, os dados foram utilizados para se obter o balanço de energia e o balanço de exergia de cada indivíduo.

2. Equações:

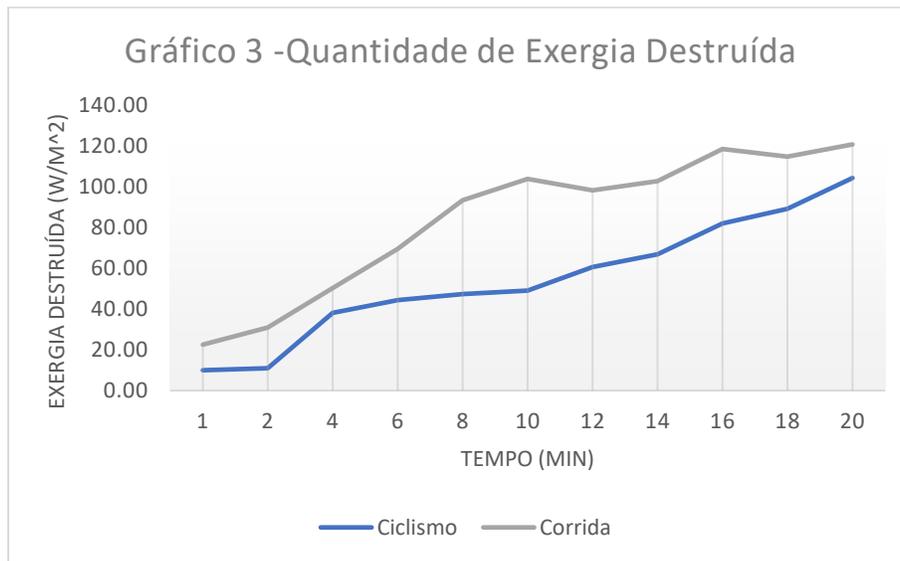
Para o início do projeto foi necessário a compreensão de todas as trocas de calor, incluindo o metabolismo, o trabalho, a convecção, a evaporação, a radiação e a entalpia da ventilação pulmonar. Tendo todos esses parâmetros quantificados, seria possível realizar o balanço de energia pela seguinte equação para os corredores e para os ciclistas e comparar os valores nos gráficos abaixo.

$$\frac{du_{\Delta t}}{dt} = M - W - (C_{sk} + R + E_{sk} + \Delta H_{res}) \quad (1)$$

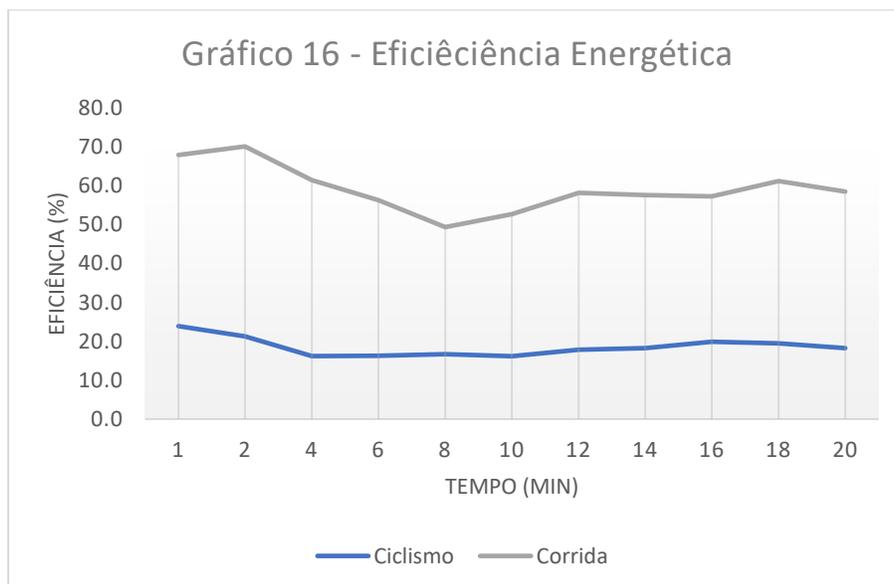


O balanço de exergia, de forma similar ao que foi feito no balanço de energia, foi dividida em vários tipos de trocas, considerando entre elas a exergia do metabolismo celular, da radiação, da convecção, da evaporação e por fim da respiração. Com todas as parcelas quantificadas, seria possível descobrir a quantidade de exergia destruída para cada exercício físico realizado a partir da seguinte equação:

$$B'_{dest} = B'_{QM} - (B'_R + B'_c + B'_E + \Delta B'_{res}) \quad (2)$$



Por fim foi também obtido a eficiência das atividades, como mostrado no seguinte gráfico, fazendo a divisão entre o trabalho e o metabolismo energético.



3. Conclusões:

É possível observar pelo último gráfico apresentado, que a eficiência energética é superior na corrida que no ciclismo durante todo o período, assim como é possível perceber a diminuição dessa eficiência durante o tempo. Sobre essa variação da eficiência e o tempo, a explicação gira em torno das irreversibilidades nos processos de oxidação devido ao aumento do metabolismo anaeróbio, que possui características bem menos eficientes.

Quando comparamos os valores do metabolismo entre as atividades físicas, pode-se perceber que são valores muito próximos, podendo até ser considerados os mesmos. Quando se trata do trabalho realizado, o ciclismo apresenta um valor inferior, o que justifica sua menor eficiência ao se comparar com a corrida. Para explicar essa diferença, surge diversas hipóteses, incluindo o armazenamento de energia elástica no joelho que ocorre na corrida.

Pensando na diferença de eficiência entre as atividades e a respectiva sensação de cansaço e exaustão, pode-se associar esse fenômeno às diferenças de ventilação pulmonar, que é prejudicada durante o ciclismo e pode levar uma fadiga respiratória. Essa diferença por sua vez, pode ser justificada pela posição que o exercício é realizado já que assim tem-se a redução do volume do tórax e diminuição da eficiência do diafragma (Boussana, Matecki e Galy, 2001; Hue, Boussana e Gallais, 2003).

Os resultados obtidos por esse trabalho, foram baseados em uma pessoa comum. Realizando o mesmo processo e teste em um atleta de alto rendimento, é possível concluir que a eficiência seria superior e a exergia destruída seria também menor. Esse raciocínio parte do conhecimento de que um atleta produz menos irreversibilidades, e com isso, a partir da análise exérgica de um indivíduo, seria possível determinar o seu nível de treinamento. O conforto térmico está diretamente relacionado com as variações de exergia e as respectivas irreversibilidades do corpo humano. Quanto menor for a quantidade de exergia destruída, menor será a sensação de desconforto, A partir dos resultados obtido por este trabalho, seria possível estimar o nível de conforto térmico e quais seriam os momentos mais desfavoráveis durante a atividade física.