



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – SBF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

INSTITUTO DE FÍSICA – IF/UnB

**A TERMODINÂMICA E A OBESIDADE: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**Sequência didática**

Renato Weber Bastos Lourenço

Orientadora:

Prof<sup>a</sup>: Dra. Adriana Pereira Ibaldo

Brasília – DF

2022

## | SUMÁRIO

1- PREFÁCIO	4
2- Metodologia	6
3 - Planejamento das aulas	9
Referências Bibliográficas	18
Apêndice A – Questionário de avaliação diagnóstica	20
Apêndice B – Questionário de Aprendizagem	23
<i>Apêndice-C</i> – A TERMODINÂMICA E O MAROMBEIRO	26



## 1- PREFÁCIO

Caro(a) professor(a),

O presente produto educacional, parte do trabalho desenvolvido na dissertação de Renato Lourenço, foi elaborado como texto de apoio a você professor!

Cuida-se de uma sequência didática baseada na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e na teoria (pedagógica) de Paulo Freire, que dentre outras premissas asseveram que no processo de aprendizagem é requisito *si nem qua non* o “querer aprender”, ou seja a vontade unilateral do aluno em apreender um determinado conteúdo.

Nesse diapasão, a presente sequência didática é baseada no livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”, de autoria própria, que aplica conceitos de termodinâmica ao metabolismo humano, discutindo estratégias para o emagrecimento. O uso da referida obra paradidática pode abrir os horizontes dos discentes a um universo até então despercebido, e gerar os subsunçores ausubelianos necessários ao aprendizado.

O principal objetivo dessa sequência didática é facilitar o aprendizado de Termodinâmica por aplicá-la no processo de ganho/perda de massa corporal, usando a ideia de “temas geradores” de Paulo Freire como estratégia facilitadora da aprendizagem. Nesta esteira, o uso de palavras como “academia”; “déficit calórico”, “metabolismo basal”, “percentual de gordura”, podem ensejar os subsunçores para o aprendizado das Leis da Termodinâmica.

Além do mais, a presente proposta pode ser aliada no combate à obesidade juvenil, reconhecidamente um dos grandes desafios do século XXI. O livro traz uma série de discussões úteis no processo de emagrecimento, em uma linguagem de fácil acesso ao discente, trazendo ao universo do aluno fatos

simples que podem auxiliá-lo na tomada de decisão que efetivamente pode contribuir para uma mudança de hábitos, que conseqüentemente poderá contribuir para uma vida mais saudável.

Noutro giro, a presente sequência didática foi pensada também para melhorar a interação professor-aluno e tornar a aprendizagem da termodinâmica acessível e interessante, além de contribuir para o “querer aprender” do aluno, uma vez que possuiu um viés motivador, numa linguagem acessível a adolescentes.

O livro “A termodinâmica e o Marombeiro” descreve as aventuras de um jovem estudante que encontra na termodinâmica uma possibilidade de alcançar seu objetivo corpóreo, qual seja o emagrecimento.

O livro é dividido em treze capítulos que tratam da bioquímica do processamento da energia pelo corpo humano; do metabolismo basal; da composição corporal; do déficit/superávit calórico; aplicando a termodinâmica aos exercícios físicos mais comuns, tudo com o fulcro no desenvolvimento do déficit calórico e no desenvolvimento de uma estratégia nutricional personalizada.

A obra é resultado de pesquisa na literatura médica e contém informações científicas, que de fato, estão associadas ao emagrecimento, no entanto, é de bom alvitre reforçar que a obra “*A Termodinâmica e o Marombeiro*” não é um manual de emagrecimento, nem apresenta ideias precisas sobre o tema. O foco deste produto educacional é utilizar os conceitos de balanço energético e composição corporal aplicados ao corpo humano discutido à luz dos conceitos de termodinâmica. Cabe ressaltar que planos alimentares que visam a alteração da composição corporal são do escopo da nutrição/nutrologia. Por isso, é muito importante que o professor, ao usar a referida obra, deixe claro que se trata de uma ficção e que deve ser encarada como uma analogia às Leis da Termodinâmica.

## 2- METODOLOGIA

Um dos grandes desafios enfrentados por professores da educação básica, especialmente os das ciências “duras”, envolve a conversão de um conhecimento teórico palpável e calculável em uma ação reflexiva crítica que convirja na formação de um cidadão plenamente capaz de interagir com a natureza e com a sociedade, emitindo opiniões e avaliando informações.

Nesse diapasão, o que é ensinado e o que deve ser aprendido precisa fazer sentido para o estudante e fazer parte da sua realidade, do momento histórico no qual ele está inserido e dos problemas e angústias que ele enfrenta. O docente, neste contexto, realiza o árduo papel de unir esses dois universos: o conhecimento com o contexto social do aluno.

A perspectiva apresentada nessa sequência didática está abalizada no modelo de aprendizagem baseada no processamento da informação, encontrada nos trabalhos de Ausubel envolvendo os processos mentais e as estruturas cognitivas, bem assim nas ideias libertadoras de Paulo Freire.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. A formação e o desenvolvimento da estrutura cognitiva, ou seja, do conteúdo total e organizado de ideias de um indivíduo, depende do modo como o estudante percebe os aspectos do mundo físico e social. Nesta vereda, além dos fatores sociais, econômicos e culturais, as motivações do aluno dependem da estrutura cognitiva desenvolvida e a mudança de motivação implica uma mudança de estrutura cognitiva. Sendo assim, aprender envolve uma mudança nas estruturas cognitivas existentes ou a compreensão interna da situação e seu significado. No cenário atual, deseje-se que a aprendizagem envolva a gênese de um novo conceito interiorizado, envolva novas estruturas mentais e em resultado, novas atitudes com os quais

o estudante possa analisar e solucionar problemas.

Com efeito, a teoria freireana se baseia em dois pilares: A autonomia e a liberdade. A autonomia para dar consciência ao educando de si e do mundo; e liberdade para libertar o aluno, oprimido, daquilo que o oprime. Freire condena uma prática educacional brasileira, difundida até os dias atuais: a educação bancária, que consiste na prática pelos docentes de “depósitos” de conhecimentos, sem possibilidade de retórica pelos alunos, mitigando-se, com isso, a criticidade. A educação bancária traz em si o não exercício do pensamento crítico, uma vez que tem como fundamento o acúmulo de conteúdo, mas sem, necessariamente, ter compromisso com a análise crítica dos conceitos e do mundo a nossa volta.

É nesse sentido que Paulo Freire considera a educação como uma ferramenta social de libertação, associado à construção de uma visão política e social, que consiste em respeitar os saberes das classes populares.

Nesta senda, Paulo Freire defende a educação problematizadora, enfatizando o uso de **temas geradores**, construído horizontalmente com os alunos. A escolha dos temas geradores deve estar intrinsecamente ligada à realidade social e regional do aluno, para que faça sentido para este e se torne, de fato, uma prática transformadora.

Noutro giro, dentro de uma óptica educacional libertadora, é importante que a aprendizagem significativa seja também crítica. Quer dizer, na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente.

Ao mesmo tempo em que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo e saber filtrar os discursos, inclusive de autoridades, que propagam informações falsas e fora de contexto nas mídias sociais. Para alcançar objetivos aqui pretendidos, essa sequência didática de ensino observa os seguintes princípios, MOREIRA (2000;2006, 2011):

- 1- Perguntas ao invés de respostas prontas.
- 2- Diversidade de materiais de ensino; (abandono do manual único);
- 3- Aprendizagem pelo erro; (desmitificação do erro, o qual pode ser uma oportunidade de aprendizado);
- 4- Aluno como perceptor representador; (o aluno representa tudo o que percebe);
- 5- Consciência semântica; (o significado está nas pessoas, não nas palavras);
- 6- Evolução do conhecimento; (conhecimento humano é incerto, evolutivo);
- 7- Conhecimento como linguagem (tudo que chamamos de conhecimento é linguagem);
- 8- Diversidade como estratégia (abandono do quadro-de-giz).

Nesse condão, a presente sequência foi estruturada em nove aulas que relacionam conceitos vistos em termodinâmica como o balanço energético para o corpo humano e o processo de emagrecimento. Foram propostas situações-problema para cada aula, com nível de complexidade crescente. Com o intuito de introduzir, a cada aula, conhecimentos e conceitos novos, a primeira parte desta sequência didática atua como organizador prévio. Posteriormente, a segunda parte atua como degrau para a próxima situação-problema a ser apresentada, promovendo assim uma reconciliação integradora entre o que se sabia com o novo conhecimento.

## 3 - PLANEJAMENTO DAS AULAS

### 3.1- Primeiro e Segundo encontros

#### 3.1.1- Identificação

Modalidade:	Ensino Presencial
Nível de ensino:	Médio
Docente:	Renato Weber Bastos Lourenço
Disciplina:	Física
Conteúdo:	As Leis da Termodinâmica
Ano/Semestre:	1º/2022
Carga horária:	1 aula (50 min)

#### 3.1.2- Situação-Problema 1

Considerando que a obesidade é um dos mais graves problemas de saúde no mundo e que as estimativas mais conservadoras da ONU dão conta de que mais de 2,3 bilhões de adultos estarão acima do peso em 2025, como o estudo da termodinâmica pode contribuir para a solução desse problema?

#### 3.1.3 – Objetivo Principal

Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva que permita aos estudantes interpretar fatos, fenômenos e processos naturais e propor mudanças como sujeitos ativos.

#### 3.1.4- Competências e habilidades a serem desenvolvidas

- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas;
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física,

utilizar modelos físicos, generalizar de uma situação, prever, avaliar, analisar previsões.

- Ser capaz de analisar e discutir situações sociais que envolvam aspectos científicos e / ou tecnológicos relevantes.

### **3.1.5 - Momentos da aula:**

Inicialmente, o professor deve aplicar o questionário diagnóstico (Apêndice –A), com o escopo de se identificar os principais subsunçores relacionados aos tópicos a serem apresentados. Em seguida, sugere-se uma breve explicação sobre a aplicação do presente produto educacional, apresentando-se o cronograma de atividades e avaliações e o livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*” (Apêndice C). Uma cópia em pdf do livro deve ser encaminhada aos alunos.

No segundo momento da aula, forme um semicírculo com a turma e apresente o tema da situação-problema 1: como o estudo da termodinâmica pode contribuir para a solução do problema do sobrepeso e obesidade juvenil? A partir desse momento, inicie uma conversa mediada sobre o tema, levantando-se as possíveis causas para a obesidade.

No terceiro momento da aula, o professor deve projetar no quadro o mapa da obesidade no Brasil, utilizando a ferramenta disponível no link: [abeso.org](http://abeso.org). Em seguida, discuta os percentuais de sobrepeso e obesidade nas diferentes regiões do País. O objetivo é relacionar o sobrepeso e a obesidade com fatores culturais, econômicos e sociais.

### **3.1.6 – Recursos utilizados**

- Computadores e smartphones;
- Livro paradidático: “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”;
- Artigo de Jornal digital e sites em geral sobre a obesidade juvenil.

## **3.2 – Terceiro encontro**

### **3.2.1 – Situação-problema 2**

Como nosso corpo consegue energia?

### 3.2.2 – Objetivo Principal

Reapresentar a primeira lei da Termodinâmica e mostrar como o corpo humano transforma a energia dos alimentos em energia útil. Investigar como a escolha dos grupos alimentares pode favorecer o emagrecimento.

### 3.2.3- Competências e habilidades a serem desenvolvidas

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico;
- Construir e investigar situações – problema;
- Elaborar estratégias de enfrentamento das questões;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes;
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade;

### 3.2.4 – Momentos da aula

No primeiro momento, o professor deve formar um semicírculo e iniciar a conversa mediada sobre a situação-problema 2. Deixe os alunos bem à vontade para expressarem suas opiniões. Direcione os alunos ao capítulo RESPIRAÇÃO do livro *A Termodinâmica e o Marombeiro* (APÊNDICE C).

No segundo momento, exiba o vídeo **experimento do calorímetro**, que retrata o cálculo experimental da energia armazenada nos alimentos (link: 1-<https://www.youtube.com/watch?v=w1MHARNDt40>.). Se for possível, execute o experimento em sala de aula, para que o aluno tenha a oportunidade de observar e ter um papel mais ativo na produção do conhecimento, podendo questionar os fatos que estão sendo observados e aprender com o erro.

No terceiro momento da aula, o professor deve propor o cálculo do metabolismo basal de cada aluno, baseando-se no capítulo METABOLISMO BASAL do livro *A Termodinâmica e o Marombeiro*. O referido capítulo apresenta uma técnica simples para a obtenção do metabolismo basal. Reforce para o aluno que se trata de uma mera estimativa de gasto energético e que existem

outras técnicas mais precisas para se obter o metabolismo basal.

### **3.2.5 – Recursos utilizados**

- Plataforma – Youtube
- Computadores e smartphones
- Projetor de imagens
- Livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”

## **3.3- Quarto e Quinto encontros**

### **3.3.1- Situação-Problema 3**

Como encontrar a minha composição corporal e desenvolver o meu déficit calórico?

### **3.3.2 – Objetivos principais**

- Aplicar a segunda lei da termodinâmica ao corpo humano.
- Apresentar as equações Antropométricas e de gasto calórico (GET);
- Estimar o rendimento do corpo humano, modelando como uma máquina térmica
- Calcular a energia demanda por algumas atividades físicas.

### **3.3.3 – Competências e habilidades a serem desenvolvidas**

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico;
- Construir e investigar situações – problema;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação – problema;
- Identificar, representar e aplicar conhecimentos científicos;
- Expressar-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta;
- Compreender as ciências como construções humanas,

entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

#### **3.3.4 – Momentos da aula**

O professor deve iniciar o primeiro momento da aula no esquema “mesa redonda”, com uma conversa mediada sobre a situação-problema 3. O professor deve estimular os alunos a sugerirem experimentos que possibilitem a obtenção da composição corporal, especialmente do percentual de gordura do corpo humano. Após, o professor deve direcionar a atenção dos alunos para o capítulo A COMPOSIÇÃO CORPORAL, do livro *A termodinâmica e o Marombeiro*, momento em que deve demonstrar como os alunos podem medir a própria composição corporal, usando uma fita métrica e a fórmula de Siri, descrita nas páginas 42 do livro *A termodinâmica e o Marombeiro*. Deve ficar claro ao aluno que a composição corporal leva em consideração a densidade do corpo humano e que o resultado encontrado não reflete com exatidão a composição corporal, tratando-se apenas de uma estimativa. Caso seja possível, o professor poderá comparar os resultados obtidos com os resultados de uma balança de bioimpedância.

No segundo momento da aula, o professor pode direcionar a conversa mediada para as implicações da entropia para o corpo humano. Nesse respeito, o professor pode exibir a equação do rendimento de uma máquina térmica e fazer ponderações sobre como essa equação poderia ser usada, por analogia, ao corpo humano.

No terceiro momento da aula, o professor deve apresentar a equação do gasto energético total (GET), de Harrys-Benedict (capítulo O DÉFICIT CALÓRICO, do livro *A termodinâmica e o Marombeiro*), e sugerir que os alunos calculem o seu próprio gasto calórico total. Após, o professor deve explicar o que é déficit calórico e estimular os alunos a estabelecerem um déficit calórico com atividades físicas e alimentação.

#### **3.3.5 – Recursos utilizados**

- Quadro e pincel
- Computadores e smartphones
- Livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”
- Fita métrica
- Balança de Bioimpedâncias (se possível)

### **3.4- Sexto encontro**

#### **3.4.1 – Situação-Problema 4**

Afinal, a gente emagrece no frio? Como potencializar o emagrecimento com o controle térmico do ambiente?

#### **3.4.2 – Objetivos principais**

- Aplicar a lei zero da termodinâmica ao corpo humano.
- Aplicar a lei de Stefan-Boltzaman ao copo humano, estimando a potência irradiada pelo corpo humano em vários cenários.

#### **3.4.3 – Competências e habilidades a serem desenvolvidas**

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico;
- Construir e investigar situações – problema;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação – problema;
- Identificar, representar e aplicar conhecimentos científicos;
- Exprimir-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta;
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

#### **3.4.4 – Momentos da aula**

No primeiro momento da aula, o professor deve iniciar a conversa mediada apresentando a situação-problema 4. Deixe os alunos se expressarem livremente. Para estimular a participação, o professor pode sugerir o problema

da hipotermia e o risco de morte associado.

No segundo momento da aula, o professor deve relembrar a lei Zero da Termodinâmica e os conceitos de radiação térmica. O objetivo é aplicar a lei de Stefan Boltzman ao corpo humano.

No terceiro momento, o professor deve estimular os alunos a se manifestar sobre os possíveis benefícios de manter um controle térmico em ambientes de academia, ginástica e piscinas. O professor deve direcionar a atenção dos alunos ao capítulo A TRANSPIRAÇÃO do livro *A termodinâmica e o Marombeiro*.

### **3.4.5 – Recursos utilizados**

- Quadro e pincel
- Computadores e smartphones
- Livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”

## **3.5- Sétimo e oitavo encontro**

### **3.5.1 – Situação-Problema 5**

Se todas as áreas do conhecimento obedecem às leis da termodinâmica, pergunta-se: É possível analisar as emoções do ponto de vista da termodinâmica?

### **3.5.2 – Objetivo principal:**

- Analisar criticamente o filme: “*Las Laves de la Termodinámica*” e reconhecer o limite entre o conhecimento científico e o misticismo comercial.

### **3.5.3 – Competências e habilidades a serem desenvolvidas**

- Ler e interpretar obras de interesse científico e tecnológico;

- Construir e investigar situações – problema;
- Entender os métodos e procedimentos próprios das ciências naturais;
- Sistematizar informações relevantes para a compreensão da situação – problema;
- Identificar, representar e aplicar conhecimentos científicos;
- Expressar-se oralmente com correção e clareza, usando a terminologia correta;
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

#### **3.5.4 – Momentos da aula**

No primeiro momento da aula, o professor deve iniciar a conversa mediada apresentando o tema da situação-problema 5.

No segundo momento, exiba o filme “*Las Layes de la Termodinámica*”.

No terceiro momento da aula, inicie uma mesa redonda sobre os limites do conhecimento científico e o charlatanismo científico. Reformule a pergunta da situação-problema 5 e verifique se os alunos foram influenciados pelo conteúdo exibido. Procure demonstrar como se desenvolve o charlatanismo científico e quais são os perigos associados à propaganda pseudocientífica.

#### **3.5.5 – Recursos utilizados**

- Computadores e smartphones
- Livro “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”
- Filme “*Las Layes de la Termodinámica*”

### **3.6. – Nono encontro**

#### **3.6.1 – Atividade avaliativa**

Com o objetivo de aferir a aprendizagem e a eficácia da aplicação do presente produto educacional, o professor deve solicitar que o aluno responda

ao questionário avaliativo (APÊNDICE B). Sugere-se que a avaliação de aprendizagem seja realmente um elemento oficial de avaliação, para que o aluno se comprometa durante todo o processo.

Ademais, o professor também pode avaliar a participação individual dos alunos durante as sessões de conversa mediada, atribuindo-se uma pontuação a cada participação individual. É importante ressaltar que nem todos os alunos se sentem à vontade para se expressar, por isso o professor deve avaliar qualitativamente a participação individual dos discentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESO. Mapa da obesidade, 2019. Disponível em: <<https://abeso.org.br/obesidade-e-sindrome-metabolica/mapa-da-obesidade/>>. Acesso em 20/01/2023.

AUSUBEL, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton.

AUSUBEL, D. P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. New York, Holt, Rinehart, and Winston. 685 p.

AUSUBEL, D.P. (2000). The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 210 p.

AUSUBEL, D.P. ; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. (1980). Psicologia educacional. Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução ao português, de Eva Nick et al., da segunda edição de Educational psychology: a cognitive view. 623p.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, London, v.1, n.8476, p.307-10.

FREIRE, Paulo (2011). Educação como prática da liberdade. São Paulo: Paz e Terra.

FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários para a prática educativa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

HARRIS, J.A., BENEDICT, F.G.A. Biometric Study of Human Basal Metabolism. PNAS Physiology 1918; 4: 370-373.

HARRIS., J.A., BENEDICT, F.G. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Boston: Carnegie Institution of Washington, 1919.

HEYWARD, Vivian H.; STOLARCZYK, Lisa M. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL APLICADA. Ed. Manole, São Paulo – 2000

MOREIRA, M.A. (2000). Aprendizagem significativa crítica. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche).

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011

MOREIRA, M. A. e MASSINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2.ed. São Paulo: Centauro, 2006.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Investigações em ensino de ciências*, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co, 1969. 219p.

SILVA, Marcelo Mariano da, CARVALHO, Raquel Santos Marques de, Freitas, Marcelo Baptista de (2019). Bioimpedância para avaliação da composição corporal: uma proposta didático-experimental para estudantes da área da saúde. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 2.

SIRI, WILLIAM E. *Body Composition From Fluid Spaces and Density: Analysis of Methods*. Berkeley, California. UCRL-3349. 1956.

# APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

## COLÉGIO SANTA LUZIA

PROF.: RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

Aluno:

Série:

## AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

- 1- A nossa capacidade de se locomover, levantar e carregar objetos, correr, pular, etc., está diretamente associada com a:
  - a) Primeira Lei de Newton;
  - b) Segunda Lei de Kepler;
  - c) Primeira Lei da Termodinâmica;
  - d) Segunda Lei da Termodinâmica;
  - e) Primeira Lei de Ohm.
  
- 2- De acordo com os seus conhecimentos científicos, o fato de envelhecermos e morrermos está relacionada com:
  - a) O Efeito fotoelétrico;
  - b) O efeito *Compton*;
  - c) A entropia;
  - d) O efeito *mortheus*
  - e) A entalpia.

- 3- (Enem 2016) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (um quente e outra fria), obter 100% de rendimento.

Tal limitação ocorre porque essas máquinas:

- a) Realizam trabalho mecânico.
  - b) Produzem aumento de entropia.
  - c) Utilizam transformações adiabáticas
  - d) Contrariam a lei da conservação da energia.
  - e) Funcionam com temperatura igual à da fonte quente.
- 4- Considerando o rendimento máximo do corpo humano igual a 22%, calcule a quantidade máxima de energia disponibilizada ao corpo humano, exclusivamente para produzir movimento (realizar trabalho), a partir de 100 g de carboidrato. (Considere 1g de carboidrato possua 5 kcal).
- 5- “Os **termogênicos** são suplementos ou alimentos que causam um aumento da temperatura dentro do nosso organismo, acelerando a queima de calorias no nosso organismo.” (<https://www.espartanos.com.br/termogenico>, acesso em 3/10/22)

Usando argumentos termodinâmicos, explique a função dos complementos alimentares conhecidos como “termogênicos”.

6- Com base nos seus conhecimentos, por que é impossível para uma máquina térmica, operando em ciclos, o que inclui o nosso corpo, obter rendimento de 100%?

7- Considere um homem de 80 kg, que apresenta a seguinte composição corporal:

Massa livre de gordura = 59,2 kg

Massa gorda = 20,8 kg

Calcule:

- a) O percentual de gordura desse homem. Qual o nível de saúde dele, de acordo com a Abeso? (saudável, acima do peso ou obeso);
- b) Considerando que o metabolismo basal do mencionado homem seja de 2.000,00 kcal/dia, calcule o déficit calórico que o homem precisa desenvolver, caso esteja acima do peso, para ficar saudável (Considere que o referido déficit seja obtido apenas com a eliminação de gorduras e que 1g de gordura possui 9 kcal);
- c) Proponha ações que o homem poderia adotar para acelerar o processo.

8- Na sua opinião, como o aprendizado da termodinâmica pode ajudar alguém que deseja emagrecer? Você consegue enxergar alguma solução?

9- Qual a importância de se conhecer o metabolismo basal e a composição corporal para a elaboração de um plano para o emagrecimento ou o ganho de massa muscular?

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE APRENDIZAGEM

### COLÉGIO SANTA LUZIA

PROF.: RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

Aluno:

Série:

- 1- Maria é uma jovem de 75 kg, que está em sobrepeso ( $IMC = 29 \text{ kg/m}^2$ ) e deseja emagrecer até atingir o  $IMC$  de  $25 \text{ kg/m}^2$ . Considerando a fórmula de Harrys-Benedict ( $MB=24M$ ), o déficit calórico mínimo que Maria precisa desenvolver para perder apenas gordura é de: (Considere que  $1\text{g}$  de gordura =  $9 \text{ kcal}$ ;  $IMC = \text{massa/altura}$  (em metros) ao quadrado):
  - a) 500 kcal
  - b) 1.500 kcal
  - c) 9.900 kcal
  - d) 99.000 kcal
  - e) 100.000 kcal
  
- 2- Num treino de supino reto, um atleta se deita num banco horizontal, erguendo uma barra de peso variável, numa sequência definida de repetições. O exercício é ideal para a construção e manutenção dos músculos peitoral, tríceps e deltoide. Com essas considerações e supondo que o rendimento metabólico de Joana seja de 25%, a energia necessária para que Joana realize um treino de supino reto composto de 4 séries de 10 repetições, com uma carga máxima de

60 kg é de: (considere que a elevação da barra seja de 50 cm e que o corpo só gaste energia na subida da barra; 1 kcal = 4 kJ;  $g = 10\text{m/s}^2$ )

- a) 48 kJ
- b) 122 kJ
- c) 120 kcal
- d) 48 kcal
- e) 60 kcal

3- O gasto energético de João, de massa igual a 80 kg, que diariamente pratica caminhadas rápidas (N=6), por um intervalo de tempo de 1h30min, além de fazer ciclismo *indoor* “pesado” (N=8), por 45 min, também diariamente, é aproximadamente igual a: (considere “N” o índice de atividade física de Harriss-Benedict)

- a) 10.500 kcal
- b) 6.870 kcal
- c) 3.120 kcal
- d) 2.540 kcal
- e) 1.640 kcal

4- Considere que João, citado no problema anterior, tenha uma dieta diária de aproximadamente 2.200 kcal, calcule o tempo mínimo para que João perca 10 kg, exclusivamente de gordura, e atinja seu objetivo: 70 kg. (Adote: 1g de gordura igual a 9 kcal)

5- Usando argumentos físicos, explique como uma pessoa pode emagrecer. Explique por que não basta apenas fazer mais exercícios ou ingerir menos calorias.

6- (UFRGS) A cada ciclo, uma máquina térmica extrai 45 kJ de calor da sua fonte quente e descarrega 36 kJ de calor na sua fonte fria. O rendimento máximo que essa máquina pode ter é de:

- a) 20 %
- b) 25%
- c) 75%
- d) 80%
- e) 100%

7- A termodinâmica pode ser definida como uma ciência experimental baseada em um pequeno número de princípios (leis da termodinâmica), que são generalizações feitas a partir da experiência. Sobre as leis da termodinâmica, JULGUE OS ITENS:

- a) Nenhuma máquina térmica pode apresentar um rendimento superior ao de uma máquina de Carnot operando entre as mesmas temperaturas.
- b) A 1a lei da termodinâmica é uma afirmação do princípio geral da conservação da energia.
- c) A 2a lei da termodinâmica afirma que é indiferente transformar integralmente calor em trabalho ou trabalho em calor.
- d) Parcela da energia envolvida em um processo irreversível torna-se indisponível para a realização de trabalho.
- e) Em um processo cíclico a energia interna do sistema apresenta variação nula.

8- De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, a entropia do Universo:

- a) não pode ser criada nem destruída.
- b) acabará transformada em energia.
- c) tende a aumentar com o tempo.
- d) tende a diminuir com o tempo.
- e) permanece sempre constante.

**QUESTÃO BÔNUS:** O que você achou da leitura do livro: “*A Termodinâmica e o Marombeiro*”? Você acha que o livro pode ser útil no enfrentamento da obesidade juvenil? Explique por quê.

*Apêndice-C* – A TERMODINÂMICA E O  
MAROMBEIRO

RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

**A TERMODINÂMICA E O MAROMBEIRO**

VENCENDO

A

ENTROPIA

RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

A TERMODINÂMICA E O MAROMBEIRO  
(Vencendo a Entropia)

# Sumário

APRESENTAÇÃO .....	5
INTRODUÇÃO:.....	10
A ACADEMIA .....	15
A RESPIRAÇÃO .....	26
METABOLISMO BASAL .....	33
COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	36
A NUTRICIONISTA.....	47
O DÉFICIT CALÓRICO.....	57
AS MÁQUINAS NÃO-TÉRMICAS.....	63
O CORAÇÃO.....	67
O CÉREBRO.....	77
O RENDIMENTO DO CORPO HUMANO .....	83
A TRANSPIRAÇÃO.....	96
O MEU NOVO EU .....	102
REFERÊNCIAS .....	106
<b>APÊNDICE</b> .....	110
Metabolismo Do Corpo Humano .....	110
<b><i>PODER CALÓRICO DOS ALIMENTOS</i></b> .....	119



“A mente que se abre a uma nova  
ideia, jamais voltará ao tamanho  
original”

Albert Einstein (1879-1955)

## APRESENTAÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) classifica a obesidade como um dos maiores e mais graves problemas de saúde do mundo. Segundo o Atlas da Obesidade, no Mundo, em 2025, mais de 2,3 bilhões de pessoas adultas estarão em sobrepeso, ou seja, com o índice de massa corporal (IMC) igual ou maior que 25, e mais de 700 milhões de pessoas alcançarão a obesidade (IMC>30).

No Brasil, estima-se que nos últimos 13 anos a obesidade aumentou 72%, saindo de 11,8% dos adultos, em 2006, para 20,3% em 2019. O mais grave, nesse cenário pandêmico, é que

a obesidade, pela primeira vez, tem crescido entre crianças e adolescentes.

No Brasil, o índice de obesidade entre crianças de 5 a 9 anos passou de 12,9% (em 2019) e de 7% em adolescentes, entre 12 e 17 anos. A OMS prevê que se nada for feito, 15,7% dos adolescentes e 22,8% das crianças, de 5 a 9 anos, estarão obesas em 2030.

Com efeito, os dados acima são preocupantes, especialmente porque a obesidade na infância e adolescência estão intrinsecamente relacionadas à persistência da obesidade na fase adulta (COLE, FLEGA E DIETZ, 2002). O que, segundo VILLAR (2021), imbrica em uma série de consequências metabólicas que ensejarão resultados negativos como hipertensão, apneia do sono, síndrome do ovário policístico, diabetes, esteatose, dislipidemia, etc.

Nesse diapasão, atacar o problema da obesidade desde a tenra infância é primordial para a efetiva

erradicação dessa pandemia, e o ambiente escolar pode ser um verdadeiro aliado para o êxito das futuras políticas públicas para o enfrentamento da obesidade.

Nesta esteira, a inserção no currículo escolar de informações relacionadas ao metabolismo humano e ao emagrecimento podem ser muito eficazes, especialmente porque, segundo Monteiro et al. (1995), a informação é a principal ferramenta de combate à obesidade. Apesar de a obesidade estar distribuída em todas as regiões do país e nos diferentes extratos socioeconômicos da população, é proporcionalmente mais elevada entre as famílias de baixa renda, o que repisa o fato de a informação ser um fator decisivo no combate à obesidade juvenil.

Neste escorço, a termodinâmica se amolda como uma luva, uma vez que trata da energia e suas transformações, além de

apresentar alternativas interessantes para o aumento do gasto energético humano, ora através da realização de trabalho mecânico, ora através de mecanismos de transferência de calor.

Nesta perspectiva, a presente obra pretende aplicar as leis da termodinâmica no processo de emagrecimento humano, de forma que a aprendizagem da termodinâmica se torne significativa e *libertadora*, usando uma metáfora de Paulo Freire (1921-1997). Neste diapasão, o emagrecimento é um tema gerador formidável para o aprendizado das leis da termodinâmica. Lado outro, as ideias científicas acerca das transformações da energia e do aumento da entropia podem ser úteis ferramentas para se lidar com a obesidade.

As ideias apresentadas no presente livro, embora com embasamento científico, são apenas uma peça de ficção, devendo o leitor submetê-las ao seu médico,

nutricionista ou preparador físico, que são os profissionais habilitados a fornecer pareceres e orientações precisas sobre o processo de emagrecimento/ganho de massa muscular.

## INTRODUÇÃO:

Meu nome é Juninho, tenho 16 anos e sempre fui considerado “meio lento”, ou como minha mãe dizia: “desatento”.

De certa forma, eu também me considerava assim, pois tudo o que eu fazia realmente parecia ser mais lento do que a maioria dos meninos da minha idade.

Na escola, por exemplo, eu nunca copiava o quadro dentro do tempo estabelecido. Eu demorava a entender o que a tia me dizia, e nunca conseguia comer meu lanche todo na hora do recreio. Parece que o tempo passava diferente para mim.

O mais estranho é que eu adorava esportes, mas como eu não era “esperto”, sempre me excluía das atividades

desportivas. Quando me deixavam participar, eu era o “café com leite”. Os meninos riam de mim, aliás, esse também era um dos meus apelidos “café com leite”.

### ILUSTRAÇÃO: (TURMA DO JUNINHO JOGANDO BOLA E JUNIHO DO LADO DE FORA OBSERVADO (TRISTE))

Mas eu não estou aqui para falar das minhas frustrações, nem de quanto eu me sentia mal por ser excluído. Estou aqui para falar de como eu consegui dar a volta por cima, achar o meu lugar e ficar de bem comigo mesmo. Enfim, trata-se de como eu consegui vencer a entropia na minha vida.

O ano era 2019, eu estava no segundo ano do Ensino Médio e nessa época eu ainda era o “café com leite” da escola.

Eu não era considerado um bom aluno e até aquele ano não tinha me interessado por ciências exatas, pelo menos até o dia em que Aline, a menina mais linda

da escola, perguntou se eu poderia ajudá-la na prova de física. Instantaneamente, fiquei apaixonado! Eu queria muito ser notado por ela. Então, resolvi aprender o conteúdo da prova, pelo menos o suficiente para impressioná-la.

O que eu não sabia era que eu iria gostar de física. Eu passei a prestar atenção nas aulas do “Físico-turista”, apelido carinhoso dado ao nosso professor “bombado” de física. Ele era uma mistura de Físico com fisiculturista. Na verdade, ele parecia mais fisiculturista do que um físico: o cara era muito musculoso!

Mas daquele dia em diante, eu passei a enxergá-lo de forma diferente: pela primeira vez as aulas de física estavam fazendo sentido para mim.

**ILUSTRAÇÃO: (JUNINHO ADMIRANDO O PROFESSOR DE FÍSICA BOMBADO)**

A partir daquele dia, eu passei a estudar física todos dos dias e tinha um novo objetivo: me tornar exatamente igual àquele professor: na verdade, eu não queria ser um professor de física, eu só queria ser musculoso igual a ele: pensei que assim Aline poderia me dar uma chance.

Foi aí que eu perguntei: - Professor, onde o senhor malha?

Ele respondeu com um sorriso sem graça:

“Eu tenho minha própria academia. Além de físico eu também sou graduado em Educação Física. Aparece lá algum dia. Você vai gostar!”

Nesse momento, algum engraçadinho disse:

“Juninho, se você sair agora, ano que vem ele chega lá.”

E a gozação foi generalizada. Quando eu olhei para o lado, observei que até mesmo Aline estava rindo, descontroladamente...

Mas, como dizia meu pai: “o que não te destrói te faz mais forte. ” Decidi, então, me matricular na Academia do Físico.

ILUSTRAÇÃO: (JUNINHO, DO LADO DE FORA DA ACADEMIA DO FÍSICO)

## A ACADEMIA

A academia do físico era muito diferente de uma academia normal. Na fachada da frente tinha estampado a foto do Einstein e um monte de equações esquisitas. Em frente à recepção, uma espécie de “sala de aula”, com quadro branco e carteiras chamavam a atenção.

Ao invés de ver pessoas nas esteiras, ou nos aparelhos de musculação, estavam todos sentados, prestando atenção à palestra que estava sendo ministrada.

Nesse momento, o professor olhou para mim e disse:

“Juninho, tome o seu lugar.”

Embora assustado, eu prontamente me acomodei.

## ILUSTRAÇÃO: (O FÍSICO CONVIDA JUNINHO A SE SENTAR)

A aula já tinha começado. Isso mesmo, a aula! Não tinha ninguém treinando - não ainda.

Parece que o físico estava falando da termodinâmica. Ele falava sobre máquinas térmicas, acho que ciclos termodinâmicos.

Mas uma coisa me chamou a atenção: ele disse que o nosso corpo também era uma máquina térmica, e começou a fazer analogias entre os motores térmicos e o corpo humano.

Lembro-me de como ele aplicou as leis da termodinâmica ao consumo de energia do nosso corpo. Ele disse que enquanto a primeira lei da termodinâmica trata das transformações da energia, como, por exemplo, a transformação da energia

química dos alimentos em energia mecânica; a segunda lei limita a disponibilidade da energia e os modos de sua conversão e uso. Em outras palavras, a segunda lei garante que a qualidade dos sistemas energéticos sempre diminui, tornando o aproveitamento de energia cada vez mais difícil. E isso inclui o nosso corpo.

Desta forma, nunca conseguiremos aproveitar toda a energia disponível e sempre precisaremos de mais energia para compensar o acúmulo de energia inútil e descartável. Chamamos esse fenômeno de **entropia (S)**.

A entropia se refere à tendência que o universo apresenta para uma desordem crescente. De modo geral, em todos os processos naturais, a entropia (desordem) do universo aumenta, e quanto mais desorganizado o sistema estiver, mais difícil a conversão de energia em trabalho. Para exemplificar. Imagine um cilindro contendo um gás altamente comprimido. É relativamente fácil converter energia em

trabalho num sistema assim. Mas se depositássemos todo o gás desse cilindro num cilindro dez vezes maior, as moléculas do gás ficariam mais desorganizadas (a desordem aumentaria) e a capacidade de realização de trabalho se reduziria drasticamente. Nesse exemplo, verificamos um expressivo aumento de entropia. De modo geral, é a entropia que determina o sentido dos processos termodinâmicos, e é a entropia que determina que o calor deve fluir do corpo quente para o corpo frio.

Quando analisamos a complexidade das moléculas dos seres vivos, aparentemente vemos uma clara violação do princípio da entropia, uma vez que há mais organização das moléculas das células do que do meio ambiente. Entretanto, não se trata de uma violação da segunda lei da termodinâmica e sim de uma exceção que apenas comprova a regra.

Ocorre que as células e os organismos vivos constituem-se sistemas abertos, trocando matéria e energia com o meio ambiente, com o qual jamais atingem

o equilíbrio. Assim, a constante interação entre o sistema e o meio ambiente explica como os organismos conseguem criar ordem interna, ao mesmo tempo que obedecem à segunda lei da termodinâmica.

Em termos quantitativos, podemos descrever a variação da entropia pela equação abaixo:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Onde:  $\Delta S$  se refere à variação de entropia de um sistema;  $\Delta Q$  é o calor que entra ou sai do sistema; e  $T$  é a temperatura absoluta do sistema.

A equação acima mostra que a variação de entropia pode ser definida em termos da temperatura do sistema e da energia que o sistema ganha ou perde, e revela que uma variação positiva de entropia representa uma diminuição da energia disponível para conversão em trabalho.

Ou seja, quando um sistema recebe calor ( $\Delta Q > 0$ ), sua entropia aumenta, logo, o sistema vai necessitar de mais energia para realizar o mesmo trabalho.

Isso também acontece com o nosso corpo, num processo conhecido como “termogênese”.

A termogênese consiste na elevação da temperatura corporal, que pode ser induzida tanto pela atividade física intensa quanto pela suplementação, com substâncias que ativam a termogênese – os chamados termogênicos ou energéticos.

Em ambos os casos, o aumento da temperatura corporal exige mais energia do corpo, resultando num aumento da entropia e do metabolismo basal, que explicarei mais adiante.

É verdade que a entropia até pode permanecer constante, quando um sistema não realiza trocas de calor ( $\Delta Q = 0$ ). O desafio, nesse caso, seria criar máquinas adiabáticas, ou seja, máquinas que não

trocam calor com o meio exterior, até então inexistentes.

O que não podemos conceber é a diminuição da entropia, que, em tese, ocorreria quando o sistema perde calor ( $\Delta Q < 0$ ). No entanto, isso só seria possível se o sistema se mantivesse isotérmico ao longo de todo o ciclo. O problema é que ao longo de um ciclo termodinâmico as transformações isotérmicas são apenas etapas, seguidas por outras etapas com entrada ou saída de calor, ou seja, não existe ciclos termodinâmicos baseados exclusivamente em transformações isotérmicas.

Isto nos leva a uma conclusão fatal: a entropia global de um sistema sempre vai aumentar. Ou seja, sempre haverá desperdício de energia!

$$\Delta S > 0$$

O que nos leva a outra conclusão: não existe possibilidade de se obter rendimento de 100%. E mais, a tendência global é sempre a diminuição do rendimento ao longo tempo, ou seja, ao longo do tempo, a capacidade de realizar trabalho de um sistema sempre vai diminuir.

A equação da entropia também nos permite calcular a quantidade de energia transformada em calor em processos reversíveis que ocorram no equilíbrio térmico.

A determinação dessa quantidade de energia é fundamental para entendermos o rendimento das máquinas térmicas, inclusive a máquina corpo humano, pois quanto maior for a quantidade de calor dissipado, menor será o rendimento da máquina térmica!

Mesmo no funcionamento de motores muito eficientes, que operam segundo processos termodinâmicos cíclicos, a variação de entropia será positiva, pois parte da energia que é fornecida ao

motor é dissipada em forma de calor, e é exatamente isso que acontece com o nosso corpo.

À medida que aproveitamos a energia obtida da respiração celular, uma parte fatalmente será dissipada em forma de calor, por radiação térmica, que é uma modalidade de energia muito aleatória pouco aproveitável, ensejando numa diminuição de energia útil.

A entropia também é responsável pela formação dos estoques de gorduras do corpo, uma vez que o corpo não consegue aproveitar de maneira tão eficiente a energia obtida diretamente dos alimentos, necessitando de grandes reservatórios de tecido adiposo para compensar o baixo rendimento das transformações químicas e essa necessidade aumenta com a idade.

Por fim, a entropia também é a responsável pelas falhas nos processos de replicação celular, que tendem a causar a morte das células e a perda da capacidade regenerativa. É por esse motivo que,

lamentavelmente, envelhecemos e morremos.

### ILUSTRAÇÃO: JUNINHO CANSADO, SUADO E ALEGRE, SENTADO NA CARTEIRA DA ACADEMIA

Ao final daquela aula inaugural, eu precisei de um bom tempo para refletir. A verdade é que eu já estava cansado, como se tivesse malhado duro naquele dia. E o mais incrível é que eu não tinha nem me levantado da carteira!

Depois eu descobri o motivo: o cérebro humano consome cerca de um quinto de toda energia disponibilizada pelo corpo. São cerca de 73 mg de glicose por minuto! Pensar gasta tanta energia quanto se exercitar

Embora eu precisasse de tempo para processar tudo, toda essa informação, naquele ambiente, fazia muito sentido.

Eu realmente estava sentindo que poderia alcançar meus objetivos corpóreos (pois eu estava um pouco acima do peso ideal), e de quebra aprender física: havia muita ciência por trás de tudo.

## A RESPIRAÇÃO

Uma das aulas mais importantes na academia mudaram a maneira que de eu enxergar a respiração.

Num certo instante da aula, o professor começou a falar da respiração celular. Ele colocou uma equação no quadro e falou sobre as etapas do processo de respiração celular, que englobam a quebra da molécula da glicose para a liberação de moléculas menores de ATP (adenosina trifosfato), que é uma espécie de “moeda de energia” para o nosso corpo.

A formação de ATP é importante porque a quebra total da molécula da glicose liberaria muito mais energia do que as nossas células seriam capazes de absorver, daí, por pura praticidade, o nosso

corpo utiliza unidades menores de fontes energéticas, as famosas moléculas de ATP.

Daí, quando as células precisam de energia, o ATP é convertido em ADP (adenosina trifosfato), liberando cerca de cerca de 7,3 Kcal, ou 14,39 cal/g. Considerando que cada grama de glicose pode gerar até 277 gramas de ATP, após as sucessivas reações químicas, obtemos a quantidade 4 kcal/g de carboidrato.

O professor ainda explicou que a glicose é a principal fonte energética do nosso corpo, mas não é a única!

A verdade é que nosso corpo dá preferência aos carboidratos para a obtenção de energia, mas também é possível a conversão de energia através dos lipídios, e em último plano, através das proteínas, bastando-se apenas, para esses dois últimos, um arranjo bioquímico para a obtenção das “moedas” de “ATP”.

É por isso que alimentos altamente proteicos são indicados numa dieta para a perda de peso, porque seus aminoácidos,

mais complexos, além de servirem como fonte de energia, também funcionam como matéria-prima para a síntese de proteínas do organismo. Além do mais, estes alimentos costumam ter digestão mais lenta, levando-se mais tempo e energia para a conversão dos ATP.

É importante salientar que os músculos têm sistemas distintos para gerar ATP.

Saber disso é importante para a escolha ideal de atividades físicas, uma vez que diferentes tipos de exercício utilizam diferentes sistemas.

O professor explicou que os ATP dos músculos podem ser obtidos pelo: 1- sistema fosfagênio (ATP-PC); 2- sistema anaeróbio láctico (Glicólise anaeróbia) e sistema aeróbio (Respiração aeróbica).

No sistema ATP-CP, uma célula muscular possui determinada quantidade de ATP que pode ser usada imediatamente, mas isto é suficiente para durar apenas cerca de **três segundos**.

Para reconstituir rapidamente os níveis de ATP, as células musculares contêm um composto de fosfato altamente energético, chamado de fosfocreatina, ou CREATINA. O sistema do fosfato pode suprir as necessidades energéticas dos músculos em atividade, mas apenas **por 8 ou 11 segundos**. É por isso que a Creatina é tão utilizada nas academias, elas “turbinam” a capacidade regenerativa dos músculos, fornecendo energia extra o treino.

No sistema anaeróbico láctico (Glicólise anaeróbia), os músculos usam suas reservas de um tipo de carboidrato complexo, formado de moléculas de glicose, chamado de glicogênio.

A célula quebra o glicogênio em glicose que é usada para produção das “moedas” de ATP na ausência de oxigênio, gerando como subproduto o ácido láctico ou lactato. Daí, o lactato pode servir de substrato na síntese de glicose através de um processo denominado gliconeogênese (síntese de glicose a partir de substâncias

novas), que pode fornecer energia por até **3 minutos de atividade física**.

No sistema aeróbico, o ATP é formado na mitocôndria na presença de oxigênio a partir da oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas provenientes do próprio músculo ou da corrente sanguínea e os produtos gerados são ATP, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, radicais livres e calor.

O sistema oxidativo produz ATP em ritmo mais lento, mas pode continuar o fornecimento por **muitas horas**, contanto que o suprimento de combustível esteja presente.

Embora a molécula de oxigênio participe apenas no final do processo de respiração celular e para processos calóricos de maior duração, é justamente nessa etapa que são formados mais ATP, ou seja, a falta de oxigênio comprometeria todo o processo.

Esse fato faz do oxigênio um bom medidor de gasto energético, que permite

uma avaliação precisa do gasto calórico de uma pessoa.

Em termos muito simples, cada litro de oxigênio ( $O_2$ ) inspirado e processado pelo corpo é capaz de liberar cerca de 5 kcal (quilocalorias). Isso quer dizer que numa atividade física que demande muitas inspirações por minuto, tipo 1 litro de oxigênio em um minuto, liberará/consumirá cerca de 300 kcal (5x60minutos)! É pura matemática. É por isso que ficamos ofegantes com atividades físicas intensas. Demanda-se mais oxigênio para a disponibilização de energia.

Assim, para emagrecer, a ideia é consumir muito oxigênio. Mas não basta tentar respirar mais rápido - isso não vai adiantar, porque o oxigênio não vai ser processado em nível celular. É necessário consumir a nível celular, gastando-se energia continuamente, na forma de trabalho mecânico de longa duração, tipo num treino de corrida ou ciclismo, atividades tipicamente aeróbicas.

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO PEDALANDO  
NUMA PRAÇA PÚBLICA)

## METABOLISMO BASAL

Outra coisa que me ajudou muito a entender o que eu precisava fazer para atingir meu objetivo foi a descoberta do meu **metabolismo basal**, que nada mais é do que o consumo energético de uma pessoa em absoluto repouso, ou seja a energia necessária para manter em funcionamento os seus órgãos vitais, tipo o coração e o cérebro.

Pois bem, eu descobri que o meu consumo calórico basal é de cerca de 2.000 kcal/dia. Mas o legal foi aprender a fazer essa conta.

Logo após a aula sobre a termodinâmica do corpo humano, o professor me levou para fazer algumas medidas antropométrica (mediu minha cintura, minha composição corporal, etc).

Depois, ele disse que calcularia meu consumo de oxigênio. Bem, ele tinha um aparelho que media o consumo de oxigênio por minuto. Eu relaxei um pouco e depois de uns 5 minutos ele mediu o meu consumo médio de oxigênio: cerca de 0,28 litros/min.

Agora ficou fácil medir o meu metabolismo basal. Como cada litro de oxigênio inspirado consumia cerca de 5 kcal, e eu consumia 0,28 l/min, então, em 24 horas, o meu consumo de oxigênio era de 403,2 litros ( $0,28 \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h}$ )! E mais, se cada litro de oxigênio inspirado é 5 Kcal, então o meu metabolismo basal só podia ser 2016 kcal.

Outra maneira simples de se obter o consumo calórico basal (metabolismo basal) é dado pela fórmula de bolso, da nutriologia, que basicamente consiste em multiplicar a sua massa corporal por 24 horas. Ou seja, se a minha massa é de 80kg, o metabolismo basal será:  $80 \times 24 = 1920$  kcal/dia. O resultado não é preciso, mas é um bom ponto de partida.

Agora eu já conseguia entender o que era necessário para atingir meu objetivo. Eu precisava desenvolver um **déficit calórico**, ou seja, gastar mais energia com o funcionamento do corpo do que receber através da alimentação, e o número mágico era 2000 kcal por dia.

E você, consegue agora calcular o seu metabolismo basal?

Mas se o seu objetivo é ganhar massa corporal, aí você vai precisar desenvolver um superávit calórico.

## COMPOSIÇÃO CORPORAL

Durante muito tempo, os médicos e especialistas classificavam a obesidade exclusivamente através de uma medida chamada de IMC (índice de massa corporal), que é a razão entre a massa (kg) e o quadrado da altura, em metros.

Ocorre que se basear somente no número da balança e no IMC é muito precário, afinal, como o professor dizia: “o nosso corpo é muito mais complexo do que somente peso e altura.”

Para reforçar, quando analisamos apenas a relação entre massa e a altura (IMC) de um fisiculturista, logo concluiríamos que ele está obeso, o que evidentemente não é verdade.

Desta forma, reconhecer qual é a real relação entre músculo e gordura é fundamental para a adoção de estratégias eficientes, a fim de se atingir o objetivo.

De forma bem geral, Nahas (2010) define a composição corporal como as quantidades relativas de diferentes compostos corporais, como água, proteínas, minerais, ossos, músculos e gorduras, bem como a estimativa de massa magra (livre de gordura) e de massa gorda.

Esses últimos compostos: massa magra e massa gorda merecem destaque. Isto porque a relação entre esses dois componentes pode indicar o nível de saúde do indivíduo. Quanto mais massa magra melhor, e o inverso é verdade.

Hoje em dia, o excesso de gordura corporal tornou-se uma das maiores preocupações por parte das autoridades, pois é fator de risco para outras doenças como câncer, problemas cardiorrespiratórios e depressão.

A Organização Mundial da Saúde afirma que a obesidade é um dos problemas mais graves no mundo e estima que, em 2025, 2,3 bilhões de pessoas estarão em sobrepeso (IMC > 25).

E no Brasil, em 2019, 20,3% da população brasileira estava obesa, com IMC maior 30 kg/m<sup>2</sup>.

Fato curioso é que, segundo a OMS, a obesidade decresce com o grau de escolaridade, o que quer dizer que quanto mais informação melhor.

Por isso, o professor disse que era fundamental encontrar a relação correta entre músculos e gorduras no corpo humano.

Ele sugeriu usarmos conceitos físicos para estimar o percentual de gordura corporal. **Consegue imaginar como?**

Desde a década de 60, a composição corporal foi objeto de incansáveis estudos, destacando-se os estudos de William E Siri, que procurou resolver a questão através da densidade corporal.

Siri (1956) propôs que o percentual de gordura poderia ser obtido através da seguinte equação:

$$\%gordura = \left( \frac{4,95}{d} - 4,5 \right) \times 100\%$$

Onde a única variável,  $d$ , é a densidade corporal. Você deve se lembrar, das aulas de física, que a densidade volumétrica é a razão entre a massa e o volume.

$$d = \frac{m}{V}$$

Sabemos que os músculos e os ossos são ligeiramente mais densos que a água, enquanto a gordura corporal tem densidade menor que a água, cerca de  $0,8 \text{ kg/cm}^3$ , o que leva a densidade média do corpo humano para algo próximo de  $1,04 \text{ kg/cm}^3$ .

É por isso que pessoas com percentual de gordura elevado flutuam mais facilmente em água, enquanto pessoas com percentual maior de massa magra têm mais dificuldade em flutuar.

A propósito, uma forma bem fácil de encontrar a densidade do nosso corpo é por medir o volume de água deslocado quando o nosso corpo é completamente submerso em água. Essa é a essência da lei do Empuxo.

Com a massa e volume, a densidade pode ser obtida pela fórmula:

$$d = \frac{m}{V}$$

Por exemplo, suponha que você tenha 60 kg e resolve mergulhar numa piscina completamente cheia. Imagine, ainda, que a piscina esteja equipada com um “ladrão”, de forma que foi possível perceber um extravasamento de 61,8 litros de água. Qual seria a sua densidade corporal? E o percentual de gordura?

Nesse exemplo, a densidade corporal seria de  $1,03 \text{ kg/cm}^3$  e o percentual de gordura seria de 30,6%.

O grande desafio é medir, com precisão, o volume de água deslocado pelo corpo humano submerso. Afinal, nem todo mundo tem uma piscina equipada com “ladrão”!

Um método alternativo muito simples consiste na estimativa da densidade corporal, através da colheita de algumas medidas do corpo, como: a altura [H], a circunferência abdominal [CA] (na altura do umbigo), a circunferência do pescoço [CP] (na região abaixo do “pomo de adão”) e, apenas para mulheres, a circunferência do quadril [CQ] (na parte mais larga). Todas as medidas acima devem ser em centímetros.

Após colher as medidas com uma fita métrica, uma adaptação da fórmula de Siri permite o cálculo do percentual de gordura corporal:

1- Para homens:

$$\% \text{ gordura} = \frac{495}{1,0324 - 0,19077 \cdot \log(CA - CP) + 0,15436 \cdot \log H} - 450$$

2- Para mulheres:

$$\% \text{ gordura} = \frac{495}{1,29579 - 0,35004 \cdot \log(CA + CQ) + 0,22100 \cdot \log H} - 450$$

Os logaritmos acima estão todos na base 10! Repare que o denominador das frações acima se referem a uma estimativa da densidade corporal.

A diferença nas equações para homens e mulheres se deve em razão do percentual de gordura corporal na mulher, que é naturalmente maior, na ordem de 5%.

Agora, que tal você calcular o seu percentual de gordura?

Depois de encontrar o seu percentual de gordura, analise a sua situação pessoal.

A análise do percentual de gordura permite definir a melhor estratégia para atingir o seu objetivo. A tabela abaixo, poderá dar um norte:

% gordura corporal	Homens	Mulheres
Nível de competição	3%-6%	9%-12%
Bastante em forma	$\leq 9\%$	$\leq 15\%$
Em forma	10%-14%	16%-20%
Média	15%-19%	21%-25%
Abaixo da média	20%-25%	26%-30%

Precisa de atenção	26%-30%+	31%-40%+
--------------------	----------	----------

**TABELA 1- ANÁLISE DO PERCENTUAL DE GORDURA**

Por fim, o professor mostrou um jeito relativamente preciso de se estabelecer a composição corporal.

O processo consiste na montagem de um circuito elétrico simples RC, com o objetivo de analisar a composição corporal pela análise da resistência elétrica à passagem da corrente elétrica pelos tecidos corpóreos.

Quando uma corrente elétrica alternada passa pelo corpo humano, a condução elétrica se dá exclusivamente pelos fluidos intra/extracelulares, sendo que esses fluidos correspondem a cerca de 73% da massa livre de gordura do corpo. Os outros 27% é o que chamamos de massa magra (proteínas e compostos viscerais.)

O tecido adiposo e os ossos se comportam como isolante elétrico.

Dessa forma, com o auxílio de um osciloscópio, é possível conhecer a composição corporal, pela impedância gerada pelo corpo analisado (circuito).

Chamamos de impedância a oposição que um circuito elétrico (corpo humano) impõe à passagem de corrente elétrica quando é submetido a uma certa tensão. Em outras palavras, o nível de resistência elétrica (impedância) imposto pelo corpo humano é diretamente proporcional ao percentual de gordura.

Logo, a análise das frequências obtidas pelo osciloscópio permitirá a descrição qualitativa da composição corporal, permitindo o levantamento do percentual de massa livre de gordura e massa gorda. Quanto maior a massa gorda de um indivíduo, maior será a impedância do corpo à passagem da corrente elétrica.

No meu caso, os resultados foram os seguintes: 30% de massa gorda e 27% de massa magra. Claramente, eu precisava diminuir meu percentual de gordura!

## A NUTRICIONISTA

O próximo passo foi uma visita à nutricionista! Eu tinha trauma daquelas sessões. Afinal, desde pequeno minha mãe me levava à nutricionistas e a simples palavra nutrição me fazia lembrar do estresse e das dietas que eu tive que experimentar.

Mas o pior era o tal do pão integral:

- Eu odeio pão integral...

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO sentado olhando para a mesa “tentando” comer pão integral)

Mas eu estava realmente determinado. A Nutricionista da academia

também era excepcional. Nada tinha a ver com aquelas senhoras chatas que me consultaram no passado. Ela era alta, cabelos encaracolados, porte atlético, descolada, enfim, era linda...

Mas o melhor era que ela falava a minha língua e elaborou um plano alimentar que realmente tinha a ver com a minha rotina alimentar, o que facilitou a minha readaptação alimentar.

Uma coisa interessante que a nutricionista falou foi que como a nossa energia vem dos alimentos, é fundamental aprender a contar as calorias que ingerimos, pois se consumirmos mais energia do que precisamos para realizar as tarefas do dia-a-dia, o excedente será armazenado em forma de gordura.

Podemos fazer isso quando analisamos as informações nutricionais contidas nas embalagens dos alimentos.

Quando no rótulo de um alimento aparecer a informação de que “uma porção de 30g contém 100 kcal”, quer dizer

que ao digerirmos a referida porção, nosso organismo será capaz de disponibilizar 100 kcal de energia em nosso corpo, que poderá ser utilizado ou armazenado em forma de gordura.

Assim, se você souber do que um alimento é composto, poderá calcular a energia que ele é capaz de fornecer.

Os grupos alimentares podem ser divididos em carboidratos (contido no açúcar, arroz, batata, trigo, etc), proteínas (carnes, legumes, etc) e lipídios (gorduras).

Cada grama de carboidrato ou proteína pode se converter em até 4kcal; agora um grama de gordura fornece quase 9 kcal.

Isto quer dizer que para eu atingir o meu gasto calórico de 2000 kcal, eu poderia ingerir, por dia, 500 g de carboidratos ou combinar 250 g de carboidrato e 250g de proteína. Ou, ainda, fazer uma combinação dos três grupos alimentares.

Mas atenção: se você ingerir no almoço 1 kg de comida, não importando qual, você poderá ingerir mais de 4.000 kcal numa única refeição!!!! Então, muito cuidado com a quantidade total.

A verdade é que quando combinamos os alimentos, potencializamos os resultados. Isto acontece porque o nosso corpo não precisa apenas de energia. Os alimentos também são fontes de vitaminas e minerais, que são os “tijolinhos” do nosso corpo.

Quando queremos aumentar o percentual de massa magra (músculos), precisamos dos “tijolinhos” necessários: proteínas e vitaminas.

Logo, se pensarmos apenas nas calorias, o nosso corpo poderá ficar deficiente de vitaminas e minerais, o que pode prejudicar a saúde, além de dificultar o processo de emagrecimento.

Além disso, alguns alimentos são de mais difícil digestão, o que pode ser um

fator positivo quando queremos emagrecer.

Por exemplo, o nosso corpo gasta mais energia para digerir a proteína do que o carboidrato. Isto quer dizer que é mais inteligente aumentar o consumo de proteínas do que o de carboidrato, já que ambos fornecem a mesma energia por grama, com a vantagem para as proteínas que demandam mais energia para serem processadas.

Além do mais, o corpo humano processa muito melhor os carboidratos do que as proteínas, e por isso, acabam armazenando a energia extra mais eficientemente, transformando-a em triglicerídeos, que serão devidamente armazenados nas células do tecido adiposo.

Que dizer da gordura? Pense no seguinte, é muito difícil queimar arroz ou feijão e usar a energia liberada para aquecer uma certa quantidade de água (na física chamamos essa energia liberada de equivalente em água -EA). Isso exigiria

uma atmosfera altamente enriquecida com oxigênio (Analogamente: uma respiração mais intensa).

No entanto, é relativamente fácil queimar gordura como óleos, castanhas, amendoim e usar a energia para aquecer uma certa quantidade de água. Isto quer dizer que gorduras armazenam mais energia do que carboidratos e proteínas.

Relativamente, as gorduras possuem mais que o dobro da energia do que os carboidratos ou as proteínas. Então pense um pouco: se você comer 30 g de carboidrato, você obterá 150 kcal; se comer 30 g de gordura obterá cerca de 270 kcal. O pior, é que é difícil comer pequenas porções de gordura: alimentos ricos em gorduras são irresistíveis!

A Nutricionista me alertou para o problema dos chamados “ultraprocessados”, como bolachas, sorvetes, salgadinhos, etc. Estes alimentos são riquíssimos em gordura *trans*, que atuam diretamente no aumento do colesterol ruim, associado às cardiopatias.

A nutri também disse que muitas pessoas que começam a fazer alguma atividade física reclamam de obterem o efeito reverso, ou seja, ao invés de emagrecer e perder gordura, ganham “peso” e aumentam a massa gorda.

Ela explicou que isso acontece porque o aumento de atividades físicas na rotina diária gera mais fome e o nosso corpo não entende direito o quanto de comida nós realmente precisamos para lidar com o déficit calórico.

É exatamente por isso que precisamos escolher com cuidado a quantidade e a qualidade dos alimentos, caso contrário, o balanço energético será positivo e o ganho de massa gorda também!

**ILUSTRAÇÃO** (Nutricionista de óculos, consultando JUNINHO)

Nesse sentido, eu aprendi que como os carboidratos são a principal fonte de

energia durante o exercício, devemos ingeri-los numa refeição cerca de 3 horas antes do treino, ou num pequeno lanche uma hora antes.

Eles também devem ser ingeridos logo após o término da atividade para repor os estoques de carboidrato (glicogênio), favorecendo a recuperação do músculo para as próximas atividades.

A nossa preferência deve ser a ingestão dos carboidratos complexos (amido) como pães, biscoitos, cereais, arroz, batata, etc. (fuja dos alimentos altamente processados!). Isto é importante porque o glicogênio, que é a principal fonte de energia utilizada pelos músculos durante os exercícios, tem seu estoque limitado e a reposição destes estoques deve ser constante. Mas muito cuidado com as quantidades.

As proteínas também são importantes para uma boa atividade física, pois, seus aminoácidos irão servir como fonte de energia e como matéria-prima para a síntese de proteínas do organismo,

inclusive aquelas que constituem o próprio músculo.

A Nutri afirmou que os proteicos devem ser consumidos distantes dos horários de treino e de forma fracionada, ou seja, em várias refeições para que haja melhor aproveitamento dos aminoácidos pelo tecido muscular.

Já os lipídios, embora fundamentais como fonte de energia, devem ser consumidos com muita moderação, por estarem diretamente relacionados com a formação dos triglicerídeos, que é a matéria-prima das células do tecido adiposo. A sugestão é o consumo moderado das chamadas gorduras “boas” como azeite, peixes, nozes, abacate, etc.

Desta forma, ela me apresentou o “prato-modelo”, constituído de 25% de proteínas (de preferência com baixo teor de gordura); 25 % de carboidratos (de preferência de cadeia complexa, como os integrais) e 50 % de vegetais crus ou cozidos (folhas e verduras).

É importante destacar que em alguns casos uma suplementação pode ser indicada, especialmente se a reposição de vitaminas e minerais não puder ser suprida pela alimentação convencional. Por isso, é fundamental o acompanhamento nutricional.

Ilustração “prato-modelo”

## O DÉFICIT CALÓRICO

A etapa seguinte do meu processo foi o planejamento estratégico do Déficit calórico. A nutricionista já tinha elaborado um plano alimentar muito bom, mas eu queria mais.

Basicamente, o que eu queria é o que todo mundo quer: perder gordura e ganhar músculos. Lembro-me de ela dizer que cada quilograma de gordura corporal equivalia a cerca de 7.500 kcal. Ou seja, para emagrecer 1kg de gordura pura, eu precisaria desenvolver um déficit de pelo menos 7.500 kcal. Daí já dá para ver que não é trabalho para se fazer em um único dia!

Se eu gastasse 100 kcal a mais do que eu ingerisse, ou seja, se meu déficit calórico

fosse de 100 kcal diários, eu levaria 75 dias (7500 kcal /100 kcal/dia) para emagrecer apenas 1 kg de gordura. É claro que não dá para emagrecer somente gordura.

Então, o professor propôs um plano de treino bem diferenciado. A ideia era usar a física para gastar mais energia.

As experiências que eu vivenciei me mostraram que o consumo de oxigênio cresce exponencialmente num treino (lembre-se que o consumo de oxigênio é um dos medidores de gasto calórico). Por exemplo, dependendo do exercício, o consumo de oxigênio pode ser até sextuplicado e aí, em vez de gastar 300 kcal em uma hora, e poderia gastar até 1200 kcal!

Vale sempre a pena dizer que antes de se submeter a treinos moderados e intensos, **uma avaliação médica é necessária**. Apenas o profissional médico especializado poderá dizer se é seguro iniciar atividades intensas. Algumas pessoas podem ter problemas cardiovasculares ocultos que poderiam ser mortais sob

atividades de alto impacto. No meu caso eu consegui a aprovação médica.

Voltando ao déficit calórico, para me ajudar nesse processo e me dar alguma vantagem intelectual, o professor elaborou uma equação de consumo calórico (G) personalizada, baseada na famosa equação de Harris-benedict:

$$G = N \times M \times \Delta t$$

Onde **M** é a minha massa corporal e  **$\Delta t$**  é o tempo da atividade física, em horas. O índice **N** se refere a intensidade da atividade física. No caso de repouso,  $N = 1$ ;  $N = 2$  para atividades bem leves;  $3 < N < 6$  caminhadas mais intensas; corridas podem ter  $N$  entre 7 e 9; e etc.

Com isso em mente, eu podia elaborar algumas atividades aeróbicas *outdoor* que potencializariam o meu déficit calórico. Por exemplo, passei a caminhar rapidamente duas vezes por dia, por uma hora. Cada sessão, em média, com  $N = 5$ , consumia cerca de 416 kcal ( $5 \times 83,33 \text{ kg} \times 1 \text{ h}$ ). Ou seja, apenas com essas duas

caminhadas eu consumiria 832 kcal das minhas reservas de energia. Nada mal!

Com apenas esse número em mente, 832 kcal das caminhadas, e considerando o meu metabolismo basal de 2.000 kcal, eu teria duas alternativas válidas: o meu plano alimentar poderia ofertar mais energia, ou seja eu poderia comer um pouco mais e mesmo assim emagrecer; ou poderia manter meu plano alimentar de cerca de 2.000 kcal, e emagrecer mais rápido, afinal, com um déficit calórico de 832 kcal, eu precisaria de menos de 10 dias para perder um quilograma de gordura corporal.

Depois de refletir sobre o gasto calórico das caminhadas, eu passei a valorizar ainda mais essa atividade gratuita e pensar em outras maneiras de aumentar o meu consumo energético diário.

Algumas pessoas costumam menosprezar as caminhadas, ou pior, rotulam-na como se fossem reservadas apenas a idosos. Mas não se deixe enganar. As caminhadas são super indicadas para a

formação do déficit calórico. Na verdade, todas as atividades físicas contribuem para o déficit calóricos e devem ser escolhidas de acordo com as nossas preferências e disponibilidades.

E o que já é bom pode melhorar: a física pode ajudar ainda mais! Pense um pouco: uma caminhada pode ser mais intensa não apenas quando se caminha mais rápido. Ela também fica mais intensa, talvez muito mais intensa, quando há desnível. Isto acontece porque além do atrito e de outras forças dissipativas que precisam ser superadas na caminhada em rampa, também é necessário variar a energia potencial gravitacional.

De forma que a energia total exigida no exercício será:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{gravitacional}} + E_{\text{dissipada total}}$$

Com isso em mente, passei a fazer caminhadas mais intensas, literalmente, cheia de altos e baixos.

Outra ação simples que pode potencializar o gasto calórico numa atividade aeróbica consiste num fenômeno conhecido, envolvendo a força de atrito.

Quando estudamos a força de atrito, aprendemos que há diferença entre o atrito estático (em repouso) e o atrito dinâmico (em movimento). O atrito estático é mais intenso que o atrito dinâmico.

Sabendo que a força de atrito é a principal força de resistência exigida, tanto na caminhada como na corrida, quando intercalamos sessões de movimento mais intenso, com repouso, ou movimento menos intenso, poderemos experimentar um gasto maior de energia, no mesmo intervalo de tempo. Ou seja, gastamos mais energia quando variamos a velocidade.

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO FAZENDO  
CAMINHADA NO PARQUE CHEIO DE  
MONTANHAS)

## AS MÁQUINAS NÃO- TÉRMICAS

O que é mais impressionante nas academias de musculação é que elas realmente são o parque de diversões das máquinas. E visivelmente o corpo humano não é a única máquina ali presente. Talvez seja a única máquina térmica. Mas a academia está cheia de máquinas não térmicas.

Se você gosta de polias, tem um monte! As polias foram criadas para facilitar uma atividade humana, melhorando a eficiência de uma força. Talvez você se lembre das polias de Arquimedes.

As polias também podem aumentar a quantidade de grupos musculares a serem trabalhados.

Também têm os elásticos – lembrou da Lei de hooke? Agora sim eu entendi o que significa

$$F = - kx.$$

Uma coisa interessante que aprendi com o professor foi a importância da real compreensão de uma grandeza que às vezes parece muito distante do nosso dia a dia – o torque.

Sendo bem simplório, o torque é a quantidade de força diretamente associada à rotação de uma estrutura (barra) em torno de um eixo. Essa força, capaz de rotacionar uma barra depende da distância da ação da força em relação ao eixo de rotação, e também do ângulo formado entre a força e a estrutura (mais precisamente do seno do ângulo), ou seja:

$$T = F.d.\text{sen}\alpha$$

Como dizia o professor, “é um equilíbrio bem delicado!” Uma leve mudança no ângulo exercido pela força pode mudar radicalmente a intensidade da força potente exigida num movimento – e consumir mais oxigênio!

Por exemplo, ao invés de fazer simplesmente um único tipo de exercício para o bíceps, tipo “rosca direta”, decidi fazer também o “rosca martelo” apenas com uma mudança angular. Esta simples mudança, mesmo que discreta, potencializou o meu déficit calórico, porque além de realizar um trabalho gravitacional, também é exigido um trabalho rotacional, acionando mais grupos musculares e, conseqüentemente, mais conversão de energia muscular.

Similarmente, quando fazemos a puxada, variar o ângulo da pegada pode aumentar o consumo de energia, por conta do acréscimo de força na execução do exercício. Até porque, às vezes, a evolução da carga num treino é tão discreta que não existem anilhas suficientes,

e a variação angular pode dar conta da elevação da carga. Sugestão: quando estiver treinado flexões de braço, experimente flexões com os braços gradativamente mais abertos; quando estiver fazendo barra, também experimente variações discretas na abertura dos braços, isto exigirá um aumento de força e gasto ainda maior de energia.

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO MAIS MAGRO  
COM O BÍCEPS BEM DEFINIDO FAZENDO  
ROSCA MARTELO)

## O CORAÇÃO

Como já asseverado, o coração é um bom indicador do consumo de energia pelo corpo.

O coração é uma bomba complexa, mas em termos energéticos pode ser comparada a uma bomba elétrica, que consome cerca de 10% da energia total disponibilizada pelo corpo.

Como uma bomba elétrica, é mais fácil pensar na energia consumida pelo coração quando pensamos na potência elétrica exigida para o seu funcionamento.

Recordando o conceito físico de potência, podemos dizer que é a rapidez com que se realiza trabalho (ou de forma mais simples, é a energia consumida em

função do tempo), ou seja a potência mede a quantidade de energia gasta num certo intervalo de tempo.

Podemos encontrar a potência consumida por um coração, obtendo 10% da energia produzida pelo corpo (metabolismo basal (em joules) e dividindo o resultado pelo tempo equivalente a 24 horas, em segundo (ou seja  $24h \times 3600s = 86400s$ ).

Assim a potência do nosso corpo será:

$$P_{\text{corpo}} = \frac{\text{Metabolismo basal (joules)}}{86.400s}$$

E a potência do coração será:

$$P_{\text{coração}} = 0,1 P_{\text{corpo}}$$

No meu caso, a potência entregue pelo meu corpo é de 96,7 W (quase 100

W!). Consequentemente, a potência média do meu coração é de 10 W.

Isto quer dizer que o coração, em média, gasta, sozinho, 10 Joules de energia por segundo, ou 2,39 calorias por segundo, para funcionar. Então, em uma hora, o coração vai gastar 36.000 Joules (3600 segundos X 10Joules)! O legal é que esse valor é médio. Se o coração bater mais forte, gastará mais energia. Se ele bater menos, o gasto será menor.

Obviamente, tanto a potência produzida pelo corpo quanto a potência consumida pelo coração variam de pessoa para pessoa, dependendo do metabolismo basal de cada um.

Para entender a importância desses números, pense numa lâmpada elétrica de 10W, o mesmo consumo do meu coração. Obviamente, eu conseguiria transformar a minha energia armazenada em energia elétrica através de um gerador elétrico movido a manivela.

Girando a manivela, eu conseguiria manter essa lâmpada ligada o tempo todo. Mas o que dizer de uma lâmpada de 100W, será que eu conseguiria mantê-la funcionando usando o mesmo gerador a manivela?

A resposta é sim, mas por curto tempo! Isto porque a potência do meu corpo é de cerca de 100W, a mesma potência da lâmpada, no entanto o meu corpo precisa acionar outros dispositivos: coração (10W), o cérebro (20W), os outros órgãos, etc., de forma que em pouco tempo eu ficaria sem energia para continuar acionando a referida lâmpada e mantendo vivo o meu corpo, afinal de contas, a energia gerada pelo corpo em um dia é limitada, podendo ser usada de forma fracionada, ou num intervalo menor de tempo, mas uma hora as reservas de energia acabam e o corpo precisará escolher entre a manutenção da vida e a realização de um trabalho mecânico “inútil”.

Apenas a título de ilustração, quanta energia há armazenada em nosso corpo? A resposta é complexa, pois exige muitas ponderações, mas do ponto de vista estritamente físico, apenas para ilustrar, podemos dizer que corresponde à massa gorda total vezes a energia equivalente dessa gordura.

Por exemplo, supondo que uma pessoa tenha 80 kg e um percentual de gordura equivalente a 35%. Nesse caso, ela teria 28 kg de gordura. Se 1 kg de gordura equivale a 7.900 kcal, então essa pessoa teria um total de 221.200 kcal, ou 924.616 kJ disponível.

No entanto, não seria razoável imaginar que o corpo dispusesse de toda essa energia. À medida que converte energia química em energia mecânica, fica cada vez mais difícil manter a taxa de conversão, justamente por conta da entropia. Logo, podemos imaginar que existe um limite de conversão energética.

Pensar nisso nos ajuda a confirmar que as atividades físicas podem atuar

positivamente no processo emagrecimento, pois potencializam o déficit calórico.

Por exemplo, uma das atividades físicas aeróbicas mais intensas é a escalada vertical (subir escadas). O trabalho exigido nesse esforço é:

$$W = \text{massa} \times \text{gravidade} (10\text{m/s}^2) \times \text{altura}$$

e a potência desenvolvida, que é a razão entre o trabalho e o intervalo de tempo, será:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Caso eu queira subir escadas, mantendo um gasto 100 W de energia, eu precisaria subir uma altura de 0,125 metros por segundo. Cerca de 13 centímetros em um piscar de olhos!

A princípio, a tarefa pode ser facilmente cumprida, mas em pouco tempo a pessoa estará esgotada e não conseguirá subir mais nenhum degrau, por falta de energia útil!

Com efeito, gastando 100 W de energia para subir escadas verticais, uma pessoa que tem um metabolismo basal de 100 W, vai gastar 200 W (100W do consumo basal + 100 W da atividade física) por segundo! Isso representa 17.280.kJ ou 4.133,97 kcal em um único dia! A questão é se ela conseguirá produzir energia nessa taxa.

É verdade que ninguém vai se exercitar por 24 horas. Então, a dica é dar preferências para exercícios que exijam uma potência maior, pois consumirão mais energia.

Em alguns casos, a potência de alguns exercícios pode ser calculada previamente, mas é verdade que não dá para ficar calculando o tempo todo a potência de todos os exercícios físicos.

Por isso, o Físico disse que o coração é sempre um bom indicador da intensidade do gasto energético.

Atualmente, existem dispositivos vestíveis, como pulseiras e relógios, que

medem e exibem a frequência cardíaca durante os treinos.

O Físico chamou de zonas de frequências o comportamento do coração diante das atividades do dia a dia.

A frequência cardíaca máxima (FCM) é o resultado da subtração do número de 220 bpm pela idade do indivíduo.

No meu caso, como eu tenho 16 anos, minha FCM é de 205 bpm. Isto quer dizer que o meu coração tem um pico de batimentos quando alcançar 205 bpm.

Um treino de altíssimo gasto calórico (alta potência) estará no intervalo de 90 a 100% da FCM. Um treino que leve o coração à frequência compreendida entre 80 e 90% da FCM é considerado difícil.

Entre 70 e 80% da FCM o treino é considerado moderado e é o melhor para a manutenção do condicionamento aeróbico.

Já o treino com FC abaixo de 70% da FCM é considerado leve e é recomendado para pessoas com restrições médicas.

Como se vê, quando o treino físico é mantido com a FC acima dos 70% os resultados costumam ser melhores e esse foi o meu objetivo.

Embora seria de se esperar que os treinos com a FC acima de 90% fossem os mais indicados para perda de peso, normalmente essa faixa de FC não é sustentável e logo o indivíduo abandona a atividade, por falta de resistência.

Ocorre que nas faixas acima de 90% os níveis de lactato na corrente sanguínea aumentam e se tornam tóxicos, prejudicando a respiração celular, exigindo que o indivíduo pare para poder respirar (literalmente falta oxigênio!).

É exatamente o que acontece quando tentamos manter uma lâmpada de 100W ligada o tempo todo, através de um gerador a manivela: com o tempo, simplesmente ficaremos esgotados, pois o nosso corpo tem limitada capacidade de gerar energia.



## O CÉREBRO

À medida que o tempo ia passando, eu ficava cada vez mais focado nos treinos e nos estudos – estava “crescendo” e ficando mais esperto. A mudança foi tão grande que até Aline percebeu!

**ILUSTRAÇÃO (ALINE DE FRENTE PARA JUNINHO NA ESCOLA – pergunta “você tá diferente. Está malhando?”)**

Aquilo me deixava ainda mais motivado. Eu estava muito feliz com as mudanças no meu estilo de vida. Mas não era só o físico, eu também estava

melhorando o meu raciocínio – estava pensando mais rápido.

Afinal, um dos lemas da academia era “*mens sana in corpore sano*” (uma mente sã num corpo são).

O trabalho mental exigido na academia era muito intenso. O Físico sabia que treinar o cérebro era tão importante quanto treinar o corpo. Durante os treinos sempre tínhamos que resolver algum problema. A maioria das vezes eram cruzadinhas que envolviam conhecimentos gerais e problemas de física. Confesso que no começo eu odiava aquelas palavras cruzadas, mas depois entendi os benefícios.

Com já dito, o nosso cérebro consome cerca de 20% da energia que o nosso corpo produz (consumo basal). Usando o mesmo raciocínio usado para o coração, para uma pessoa que consome uma potência de 100 W, o cérebro, sozinho, consome cerca de 20 W.

Obviamente, cada pessoa tem o seu cérebro, com o seu próprio gasto, mas uma coisa é certa: quanto mais usamos o cérebro mais gastamos energia! Então, a regra é simples – use e abuse dos processamentos cerebrais.

O cérebro gasta energia tanto para manter as funções vitais do nosso corpo, como a coordenação e manutenção dos órgãos e sistemas (matéria branca), bem como para o processamento da informação recebida pelo sistema nervoso central (matéria cinzenta).

Os cientistas calculam que a matéria cinza consome mais energia que a matéria branca. Isto se deve à grande quantidade de sinapses e mitocôndrias na matéria cinzenta, junto ao fato de que a matéria branca é mais eficiente e mais econômica.

O gasto energético cerebral é medido pela quantidade e velocidade de sangue que chega até ele. Assim como um computador ou smartphone consome mais energia quando mais exigidos, o cérebro também gasta mais energia para o

processamento de atividades complexas. E quais seriam essas atividades?

São atividades que envolvem o processamento de dados. Por exemplo, quando estamos caminhando calmamente, sem preocupações, o gasto energético cerebral é praticamente basal. Agora, se durante a caminhada começarmos a pensar na solução de um problema difícil, o fluxo sanguíneo aumenta exponencialmente e o gasto calórico cerebral aumenta proporcionalmente.

É fato notório que quando estudamos duramente para uma prova, às vezes por horas a fio, emagrecemos. Nesses casos, o fluxo sanguíneo para o cérebro é aumentado. Talvez, por isso, temos mais fome quando estamos estudando exaustivamente.

Jogos eletrônicos de estratégia ou de tabuleiro também exigem esforço exta do cérebro e podem ser aliados no processo de emagrecimento. Não importa a atividade, o que é realmente importante é

o grau de dificuldade: o quanto a atividade envolve a pessoa. Se a solução do problema for imperiosa e urgente, a tendência é um maior gasto calórico.

Então, a dica do professor é simples: não esqueça de intercalar treinos físicos com sessões de estudo, ou com atividades recreativas interessantes como um bom jogo de xadrez – não se esqueça de pensar.

Por exemplo, embora alguns achem que pedalar *indoor* é a mesma coisa do que *outdoor*, a realidade é bem diferente.

Enquanto num treino *indoor* a pessoa tenha apenas que pedalar, no treino na rua o cérebro da pessoa tem que se ocupar com o equilíbrio, a atenção, a reação, etc. Na prática, o gasto calórico do treino *outdoor* é muito maior do que do treino *indoor*.

Outra sugestão é mesclar o raciocínio lógico com atividades de musculação, nesse caso, durante a execução de uma série, nos intervalos entre uma sequência e outra, tente resolver palavras cruzadas ou

resolver problemas de física. Nessa última possibilidade, leia o problema com atenção no intervalo de uma sessão e outra e tente resolver mentalmente durante a execução do exercício.

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO FAZENDO SUPINO RETO, PENSANDO EM QUANTO É "A + B = ?")

## O RENDIMENTO DO CORPO HUMANO

Esse negócio de resolver exercícios de física durante os treinos na academia realmente me deixaram com o raciocínio mais rápido.

Lembro que até nas aulas de matemática eu era o primeiro a responder as perguntas do professor. Parecia que as respostas estavam todas prontas dentro de mim, doidas para sair - eu não conseguia controlar.

E a turma toda percebeu! Em dias de provas, os meus colegas disputavam os lugares para ficarem perto de mim - e olha que eu nunca dei cola para ninguém!

Uma vez, na aula de física, o Físico perguntou o que era o rendimento de uma máquina? Foi como se um filme tivesse passado na minha cabeça. A resposta estava mais uma vez pronta, doida para sair,

mas dessa vez eu me controlei: eu esperei um pouco.

O filme que passou na minha cabeça foi a explicação que o Físico deu na academia sobre o rendimento do corpo humano e sobre a entropia. Nunca me esquecerei daquele dia...

ILUSTRAÇÃO: (JUNINHO SENTADO NUMA CARTEIRA ESCOLAR, NA ACADEIMA, PRESTANDO ATENÇÃO NA EXPLICAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO ESCRITA NO QUADRO BRANCO :  $R = W/Q_H \times 100\%$ )

Naquele dia, eu tinha chegado um pouco atrasado e a aula já tinha começado. O Físico estava resolvendo a equação do rendimento para uma máquina ideal. Daí, ele perguntou como àquela equação se aplicaria ao corpo humano?

Todos os alunos ficaram parados, esperando uma resposta. Então ele disse:

“O nosso corpo é uma máquina térmica, que também obedece às mesmas leis da termodinâmica, o que quer dizer que o nosso rendimento nunca vai ser de 100%”.

Ou seja, nós nunca iremos conseguir aproveitar toda energia disponível, sempre vamos ter que jogar parte da energia disponível fora! Esta é a essência da 2ª Lei da Termodinâmica.

Então, quando dizemos que o rendimento de uma máquina é de 50%, estamos dizendo que aquela máquina aproveita apenas metade da energia disponível para a realização de trabalho. O restante se torna energia inútil ou entropia.

No caso do corpo humano, o rendimento é bem baixo. Os cientistas estimam que o rendimento do corpo

humano varia entre 20 e 30%, dependendo de fatores internos e externos.

Isto quer dizer que de toda energia ingerida durante um dia, nós só usaremos de 20 a 30% da energia para a realização de trabalho mecânico, ou seja, para nos locomover, levantar ou puxar coisas, etc.

Em termos práticos, se uma pessoa tem um metabolismo basal de 2.000 kcal, no máximo, 600 kcal ( $2000\text{kcal} \times 30\%$ ) serão efetivamente transformados em trabalho mecânico (manutenção da vida, andar, levantar objeto, movimentar músculos), o restante (1400 kcal) será “jogado fora”, ou pelo calor irradiado pelo corpo ou na forma metabólitos (cocô). Essa é a premissa básica da entropia. Embora haja muita energia nos metabólitos, ela é inútil para o nosso corpo, pois não conseguimos aproveitá-la. Mas alguns micróbios se banqueteam com a energia desses compostos. Que nojo!!!

Caso a mesma pessoa ingira mais de 2.000 kcal, mantendo o mínimo de atividade física, uma parcela de energia será

armazenada em forma de gordura nas células do tecido adiposo.

Na verdade, o processo de armazenamento de gordura pelo corpo é complexo, e tem a ver com o hormônio insulina.

A quantidade de insulina no corpo indicará se a glicose será transformada, estocada ou usada para a obtenção de moléculas de ATP.

Uma coisa é importante ressaltar: o rendimento do nosso corpo pode pender tanto para 20% quanto para 30%.

O Físico explicou que, em razão da entropia, quanto mais nos exercitamos, mais gastamos energia para realizar o mesmo trabalho, reduzindo-se assim o nosso rendimento.

O fato é que o “metabolismo acelerado”, que consiste na diminuição da eficiência, é uma condição química do corpo e pode ser obtido com a prática de atividades físicas e com a regulação do

sistema endócrino, por isso a importância do acompanhamento médico-nutricional.

Mas para compararmos a importância de ter um rendimento baixo, imagine um carro, que também é uma máquina térmica.

Inicialmente, percebemos que o rendimento também não é grande. Na verdade, o rendimento do carro é bem menor do que o do corpo humano – algo em torno de 20% (em modelos econômicos). Em tempos de combustíveis caros, é muito importante otimizar o consumo de combustível.

Nesse sentido, um bom motorista sabe que quanto mais ele “pisar” no acelerador, mais o carro vai consumir combustível, isto acontece porque mais energia vai ser convertida em calor, que é muito mais aleatória e de difícil aproveitamento (lembre-se da entropia).

O nosso corpo também obedece a esse padrão: quanto mais “pisarmos no acelerador”, ou seja, quanto mais nos

exercitarmos, mais iremos consumir energia e (mais energia será convertida em calor), e conseqüentemente, o rendimento irá diminuir. Isso é bom porque com o rendimento menor, menos energia vai sobrar para ser armazenada em forma de gordura.

Pense no seguinte: se com um rendimento de 30 %, a pessoa acima mencionada tem 600 kcal de energia para se locomover, se o rendimento cair para 20 % a mesma pessoa vai ter apenas 400 kcal para realizar as mesmas atividades locomotivas. Obviamente, ela não conseguirá fazer as mesmas coisas, pois faltará 200 kcal de energia.

A lógica é simples, quando reduzimos o nosso rendimento, gastamos mais energia para fazer atividades do dia a dia, logo, poderemos criar um déficit calórico com mais facilidade. Infelizmente, o oposto também é verdade, quanto mais próximos ficarmos de um rendimento de 30%, mais teremos dificuldade de criar o déficit calórico. Esse processo é conhecido

na medicina como “aceleração do metabolismo”. Como conseguimos esse milagre?

O segredo é aumentar a temperatura do corpo. Quanto mais calor for rejeitado para a fonte fria (meio ambiente), menor será o nosso rendimento. Considere o seguinte, o nosso corpo é constituído basicamente de água (60%), então, uma pessoa de 70 kg que tenha sua temperatura corporal aumentada de 1°C, por exemplo, de 35°C para 36°C, em uma hora, terá um aumento de gasto energético de 42 kcal. (considere que o calor sensível para elevar a temperatura do corpo seja:  $Q = mc\Delta t$  e que a massa relativa de água seja de 42 kg). Se a elevação de temperatura durar 24h, então o aumento do consumo de energia do corpo será de 1.008 kcal.

Embora já existam no mercado medicamentos conhecidos como “termogênicos”, que devem ser prescritos por profissionais autorizados, uma outra ação muito simples pode “acelerar” o nosso

metabolismo naturalmente: a prática diária de atividades físicas: quanto mais praticarmos exercícios, mais diminuiremos o nosso rendimento e mais acelerado ficará nosso metabolismo, ou seja: gastaremos mais energia em atividades do dia-a-dia.

Outro fator importante é a composição corporal. O tecido adiposo é mais eficiente na entrega de energia em comparação com a massa magra. Então, quanto menor for a nossa massa magra, menor será o nosso rendimento, e mais acelerado será o nosso metabolismo.

Mas se o seu objetivo é ganhar massa magra, será necessário aumentar a eficiência e talvez seja necessário diminuir as atividades físicas, especialmente as atividades aeróbicas.

É muito difícil saber exatamente qual é o nosso rendimento, mas se você é sedentário, o seu rendimento deve estar mais próximo de 30%, enquanto atletas de alto rendimento têm um rendimento próximo a 20%. Para efeitos puramente matemáticos, poderemos tomar um

rendimento médio de 25%. Deixa eu explicar melhor.

O professor nos ensinou a usar o rendimento de uma máquina térmica para calcular o gasto calórico de algumas atividades físicas. Afinal, ele disse que:

$$R = \frac{W}{Q_H} \times 100\%$$

Onde  $R$  é o rendimento,  $W$  é o trabalho e  $Q_H$  é a energia disponível.

Suponha que você queria fazer uma caminhada de 5 km, num plano horizontal.

Basicamente, o trabalho que você precisa desenvolver se resume ao trabalho para vencer a força de atrito, ou seja:

$$W = F d = 400 \text{ kJ}$$

onde  $F$  é a força de atrito ( $f = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 80 \cdot 10 = 80 \text{ N}$ ) e  $d$  (5km) é o deslocamento .

Repare que o coeficiente de atrito ( $\mu$ ) usado foi de 0,1; a massa =80 kg e a aceleração da gravidade = 10m/s<sup>2</sup>.

Nesse caso, supondo que seu rendimento médio seja de 25% ou seja,  $R = 0,25$ , então  $Q_h$  será igual a 1600 kJ (4 vezes mais energia do que a atividade física exige).

Em outras palavras, para um rendimento de 25%, cada caloria gasta em forma de trabalho requer 4 calorias de energia do nosso organismo.

Para ficar mais claro: se eu fizer uma caminhada que exija 500 kcal de energia mecânica, o meu corpo vai gastar quatro vezes mais energia química: 2000 kcal. E quanto menor o rendimento, mais o corpo vai gastar. Um atleta de alto rendimento pode gastar até 5 vezes mais energia do que a atividade em si requer.

A ordem do dia era: “mantenha-se com um rendimento baixo - o mais baixo possível.”

O professor dizia que o combustível era importante para o rendimento. Assim como um combustível de qualidade duvidosa diminui o rendimento de um

carro, tornando-o menos eficiente, a nossa fonte de energia também pode contribuir para uma diminuição do rendimento.

Assim, para perda de peso, dê preferência aos **exercícios aeróbicos**, pois exigem a queima de gorduras através do oxigênio. Como vimos, embora a disponibilidade de energia nesse processo seja maior (já que há grande estoque), o rendimento do processo é bem menor e menos eficiente, garantindo o maior consumo de energia durante a atividade.

Já os **exercícios anaeróbicos** não utilizam oxigênio para a obtenção da energia e geralmente ocorrem nas atividades de curta duração e de baixa necessidade de energia.

A “queima” anaeróbica produz uma rápida quantidade de energia, muito útil quando queremos exercícios de explosão como musculação e corrida de curta distância.

Como se vê, nesse caso, o rendimento é maior e o gasto energético

nas atividades é relativamente menor. Seria mais ou menos como utilizar álcool ou gasolina no nosso carro. No álcool, o carro fica mais potente, mas o rendimento é menor (cerca de 30% menor). Na gasolina, embora haja perda de potência, o rendimento é muito maior.

## A TRANSPIRAÇÃO

Voltando à escola, depois de ter experimentado as mais incríveis mudanças na minha vida, tanto físicas como emocionais, eu já não me sentia mais o mesmo garoto desajeitado de antes. O apelido continuava o mesmo, mas só para não perder o costume.

Os intervalos das aulas se tornaram especiais. Por um lado, eu não parava de olhar para a minha querida Aline - e ela correspondia. Por outro lado, eu estava me tornando popular, e os meus colegas queriam ficar perto de mim.

Lembro da primeira vez em que eles me chamaram para jogar bola no intervalo

(antes, eu é que implorava para jogar – mas nunca era escolhido por time nenhum).

### ILUSTRAÇÃO (JUNINHO JOGANDO BOLA SEM CAMISA todo musculoso)

Se antes eu tinha vergonha de tirar a camisa, agora eu ficava muito à vontade. Agora eu queria ser do time sem camisa.

Certa vez, eu estava jogando no time com camisa. O jogo foi tão intenso que eu fiquei todo suado.

### ILUSTRAÇÃO (JUNINHO COM CAMISA TODA SUADA, MOSCAS AO REDOR, E NO FUNDO A QUADRA DE FUTEBOL)

Esses momentos de extremo suor me faziam lembrar das lições de termodinâmica.

No fundo eu sabia que ou a energia interna virava trabalho ou virava calor.

Se por um lado, o trabalho é útil para a mobilidade, por outro lado o calor se traduz, quase sempre, no aquecimento. E no meu caso, põe aquecimento nisso!

Como não conseguimos gastar toda energia produzida internamente durante as atividades físicas, a tendência seria o aquecimento do corpo. No entanto, o nosso corpo não foi projetado para ficar mais quente do que cerca de 37°C. Caso contrário, os processos metabólicos sofreriam danos irreparáveis, que provavelmente nos levaria a óbito.

Para sanar esse problema termodinâmico, nós transpiramos! Falando nisso, lembro das minhas aulas de calorimetria, mais especificamente do calor latente de ebulição.

Eu aprendi que cada grama de água, para evaporar, consome cerca de 540 calorias. Isso quer dizer que se nós transpirarmos, o suor sob nossa pele retirará 540 cal/g para evaporar, contribuindo para a redução de nossa temperatura corporal.

Eu já tive a curiosidade de me pesar antes e depois dos jogos de futebol. Em uma dessas ocasiões, após o jogo, eu estava quase 2 kg mais leve após uma sessão de futebol. Em outras palavras, se esses 2 kg fossem apenas de água evaporada, eu teria tido uma perda calórica de 1040 kcal!

Além disso, o Físico também dizia que o contrário também era verdade: o nosso corpo também não pode ficar muito frio.

Na verdade, a temperatura dele deve variar entre 33 e 37 graus, o que implica numa produção extra de energia para aquecimento e para a irradiação, quando necessário. É também por isso que usamos roupas de frio.

A título de exemplo, apenas por irradiação por infravermelho (IR), sem nenhuma roupa, o nosso corpo perde cerca de 10 W de energia para cada grau celsius de diferença de temperatura entre a nossa pele e o meio ambiente.

Ao nadar, a perda de energia pelo nosso corpo pode chegar a 50 W para cada grau celsius de diferença entre a nossa pele e a água (para temperaturas da água abaixo de 30°C).

Como ilustração, pense num atleta nadando numa piscina a 10°C. Esse atleta precisará de cerca de 1000W para se manter aquecido (10 vezes mais do que ele é capaz de produzir). Em pouquíssimo tempo ele irá sucumbir! Isso me fez lembrar do Jack e da Rose no filme *Titanic*.

Afora a questão da hipotermia, que pode matar, um atleta que faz atividades numa piscina mais fria (com temperatura entre 22 e 28°C), tenderá a gastar mais energia do que se estivesse em solo. Pense nisso ao escolher uma atividade física, pois se exercitar em ambientes mais frios potencializará o déficit calórico, facilitando-se a perda de massa corporal.

ILUSTRAÇÃO (JUNINHO NUMA  
BANHEIRA CHEIA DE PEDRAS DE GELO,  
TREMENDO DE FRIO)

## O MEU NOVO EU

Einstein dizia que “loucura é querer resultados diferentes fazendo tudo exatamente igual”. E eu concordo com isso. Antes de conhecer o físico, eu não sabia como alcançar o meu objetivo, não sabia nem por onde começar. Na verdade, eu estava acostumado com os rótulos que recebia e achava melhor não fazer nada a respeito.

Mas a grande lição que eu aprendi com tudo isso foi que se uma coisa não está dando certo, tente algo diferente. Não estava dando certo ser o “café com leite” da escola, afinal eu não gostava desse rótulo! Mas ficar de braços cruzados e cabeça baixa não me ajudava em nada.

Hoje eu vejo garotos e garotas andando por aí tristes, rotulados. Eles simplesmente não sabem a força que têm dentro de si.

Se algo não está bom para você, experimente mudar. Não espere que os outros mudem, deixem de fazer ou façam algo por você. Se você quer emagrecer, não espere um remédio mágico que faça todo o trabalho para você. Se você quer ganhar massa, também não espere alguma ação externa. Lembre-se, a vida é sua e você é o agente principal da sua mudança.

O esforço pessoal geralmente traz bons resultados! Mas se mesmo com esforço o resultado não aparecer, não desista, procure ajuda de um profissional de saúde especializado, porque pode ser que alguma correção hormonal seja necessária.

Portanto, amigo, não fique de braços cruzados. Eu não fiquei de braços cruzados. Eu vi uma possibilidade de mudança e fui atrás dos meus objetivos.

Após receber o convite do físico a experimentar algo novo, eu aceitei. Quando ele me mostrou um jeito novo de me exercitar, eu topei. Mesmo achando que eu não tinha capacidade de aprender física, eu estudei e aprendi (pelo menos o suficiente). E qual foi o resultado?

Bem, o resultado costuma ser a cereja do bolo. No meu caso, eu venci a entropia nessa etapa da minha vida. Seguindo a entropia natural, minha vida estava cada vez mais desorganizada e aleatória, no entanto, com a ajuda do Físico eu voltei a ser o Juninho, me tornei popular e alcancei o meu objetivo: bíceps gigantes, barriga tanquinho e peitoral avantajado.

É verdade que eu ainda quero mais, mas o que eu consegui até agora me animam bastante.

Os meus objetivos podem não ser iguais aos seus. Eu queria um corpo musculoso, mas isso não quer dizer que você também o queira. O importante é traçar objetivos pessoais e lutar para alcançá-los.

No meu caso, o esforço me ajudou a conquistar a garota dos meus sonhos e a me tornar um garoto popular. E agora?

Agora é traçar novos planos e alcançar novos objetivos! Quem sabe eu possa viajar pelo espaço como astronauta, ou me tornar médico e ajudar outras pessoas? Sonhar é necessário! Espero que você também consiga sonhar e lutar para alcançar os seus objetivos.

## REFERÊNCIAS

Bioimpedância para avaliação da composição corporal: uma proposta didático-experimental para estudantes da área da saúde, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 2

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, London, v.1, n.8476, p.307-10, 1986.

BOILEAU, R.A.; LOHMAN, T.G.; SLAUGHTER, M.H. Exercise and body composition in children and youth. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, Copenhagen, v.7, p.17-27, 1985.

GOBBO, L.A.; CYRINO, E.L.; PETROSKI, E.L.; CARDOS, J.R.; CARVALHO, F.O.; ROMANZINI, M.; AVELAR, A. Validação de equações antropométricas para a estimativa da massa muscular por meio de absormetria radiológica de dupla energia

em universitários do sexo masculino. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, São Paulo, v.14, p. 376-80, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termologia. v. 2, 8ª ed. Rio de Janeiro: TLC. 2007.

HARRIS, J.A., BENEDICT, F.G.A. Biometric Study of Human Basal Metabolism. PNAS Physiology 1918; 4: 370-373.

HARRIS., J.A., BENEDICT, F.G. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Boston: Carnegie Institution of Washington, 1919.

HEYWARD, Vivian H.; STOLARCZYK, Lisa M. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL APLICADA. Ed. Manole, São Paulo – 2000.

Ministério da Saúde. Atlas da obesidade infantil no Brasil. 2019. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/bvsmms/resource/pt/biblio-1342839>>. Acesso em 13/12/2022.

NAHAS, M. V. Atividade Física, Saúde e Qualidade de vida: Conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. - 5° Ed. Ver. E atual - Londrina: Midiograf, 2010.

National Research Council (NCR). Recommended Dietary Allowences. 10 ed. Washington, D.C., National Academy Press, 1989, 284p.

Nelson, David L.; Cox, Michael M. (2002). **Lehninger Princípios de Bioquímica**; traduzido por Arnaldo Antonio Simões e Wilson Roberto Navega. 3ª Ed. São Paulo.

SIRI, WILLIAM E. *Body Composition From Fluid Spaces and Density: Analysis of Methods*. Berkeley, California. UCRL-3349. 1956.

VASCONCELOS, F.A.G. Avaliação Nutricional de Coletividades. Santa Catarina: UFSC, 2000. p.123

VIDEIRA, A.A.P & EL-HANI, C.N. O que é vida? Para entender a biologia do século XXI. Faperj - Editora Relume Dumará. Rio de Janeiro, 2000.

World Obesity Federation. Atlas of Childhood Obesity. Outubro/2019. Disponível em: <https://www.worldobesity.org/membersarea/global-atlas-on-childhood-obesity>. Acesso em 13/12/2022

## APÊNDICE

### Metabolismo Do Corpo Humano

Os processos de transformação energética realizadas pelo corpo humano são extremamente complexos e demandam a descrição de múltiplos subsistemas que operam juntos e articulados, e que resultam na obtenção de energia útil necessária para a manutenção da vida e a realização de atividades físicas.

A esses processos que objetivam a disponibilização de energia para o corpo humano denomina-se metabolismo. Em linhas gerais, o metabolismo celular é o conjunto de reações que ocorrem no ambiente celular com o objetivo de sintetizar biomoléculas com o escopo de gerar energia. Segundo Nelson e Cox (2002), *litteris*:

*“O metabolismo é uma atividade celular altamente coordenada na qual diversos sistemas multienzimáticos (via metabólica) atuam conjuntamente visando a quatro funções: 1) obter energia*

*química, seja por captação de energia solar, seja por degradação de nutrientes ricos em energia obtidos do meio ambiente; 2) converter as moléculas dos nutrientes em moléculas com características próprias de cada célula, inclusive os precursores das macromoléculas; 3) formar macromoléculas (...) e 4 sintetizar e degradar biomoléculas necessárias a funções celulares especializadas (...)* [Lehninger Princípios de Bioquímica (2002), pág. 379]

O metabolismo de síntese, ou reconstrução, de biomoléculas é conhecido como anabolismo, enquanto o processo de degradação de moléculas para a obtenção de energia denomina-se catabolismo.

O anabolismo ocorre quando a célula dispõe de energia e, para retê-la, sintetiza moléculas menores, que servirão de estoque de energia. No catabolismo, o processo é

inverso, o organismo degradará moléculas, com o escopo de liberar parte da energia potencial armazenada. Independente do processo, necessário a presença dos substratos essenciais ao metabolismo.

O grupo de substratos que possui função primordial para o metabolismo são os compostos energéticos (carboidratos, lipídios e proteínas) que são degradados convertendo a energia das ligações químicas em energia térmica.

Entretanto, a liberação térmica não acontece de forma indiscriminada, pois poderia haver uma verdadeira incineração do meio celular caso cada molécula energética liberasse toda sua energia potencial, oriunda das ligações químicas, para o meio. Neste momento entra em ação moléculas especializadas em captar esta energia térmica liberada e liberá-la mais facilmente em etapas posteriores, fazendo com que as moléculas energéticas transfiram a energia armazenada na intimidade de suas ligações químicas, para uma única molécula, que passa a funcionar como uma moeda energética: a adenosina-tri-fosfato, o ATP.

O ATP é formado a partir da adição de uma molécula de fosfato inorgânico ( $P_i = HPO_4^-$ ) a uma molécula de ADP (adenosina difosfato) em um processo endergônico, ou seja,

com a formação de uma molécula que retirou calor do sistema reacional para poder ser sintetizada.(Vieira, 2003).

Este processo armazena uma energia potencial de aproximadamente 7,3 kcal/mol e é facilmente revertido (a ligação química é quebrada) na presença de enzimas especializadas (ATPases), liberando a energia armazenada para o sistema reacional, num processo exergônico.

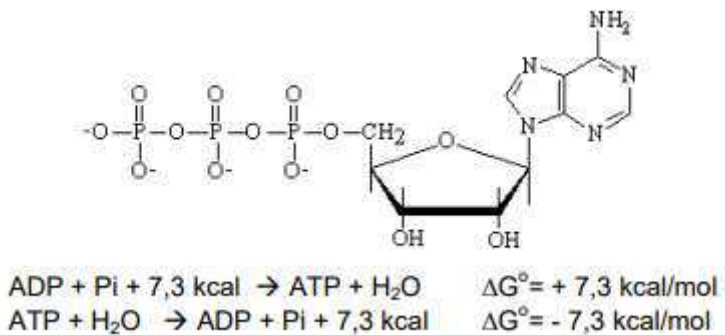


FIGURA 1- A MOEDA DE ENERGIA ATP. FONTE VIEIRA (2003)

Em que pese não ser o ATP o único a fornecer calor para reações endotérmicas, há uma preferência do organismo humano em usar essa moeda única energética para os processos energéticos celulares.

Não se pode olvidar que o ATP não é considerado uma molécula eficiente como reserva energética, isto porque as moléculas de fosfato podem ser facilmente arrancadas, sendo, portanto, utilizadas predominantemente em reações que necessitem de liberações rápidas de energia.

Como assevera MOTTA (2005), as melhores moléculas de armazenamento real de energia são o amido, glicogênio e triglicerídeos que podem liberar a principal molécula precursora da síntese do ATP, a acetil-CoA (Figura 13). Esta molécula é responsável por iniciar o principal grupo de reações bioquímicas que desencadearão a síntese de ATP: o Ciclo de Krebs, com a cadeia respiratória acoplada

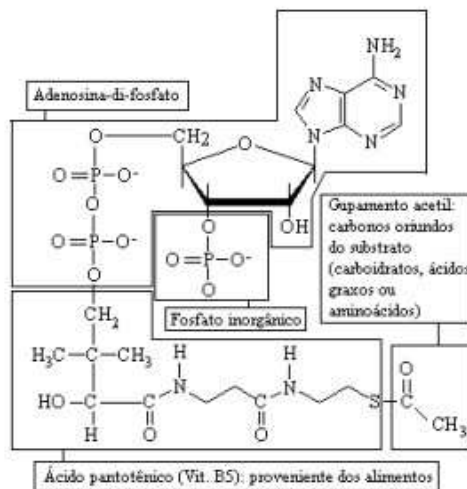


FIGURA 2-A MOLÉCULA DE ACETIL-CoA É INICIADORA DO CICLO DE KREBS.

FONTE: VIEIRA (2003)

O acetil-CoA pode ser obtido de variadas maneiras, mas o metabolismo dos carboidratos constitui a principal via, sendo a glicose o principal representante. A degradação da glicose acontece em três etapas.

Primeiro, a glicose passa por um processo anaeróbico de dez etapas, chamado de glicólise, onde a glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato, gerando um pequeno saldo de duas “moedas” de ATP.

Em seguida, com a  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos, o piruvato é convertido em Acetil-CoA, iniciando o ciclo de Krebs (figura 14), que opera em oito etapas distintas, cada uma catalisada por um enzima diferente, que, ao final produz mais duas “moedas” energéticas de ATP, além de liberarem gás carbônico, e os compostos NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo) e FADH<sub>2</sub> (flavina-adenina dinucleotídeo).

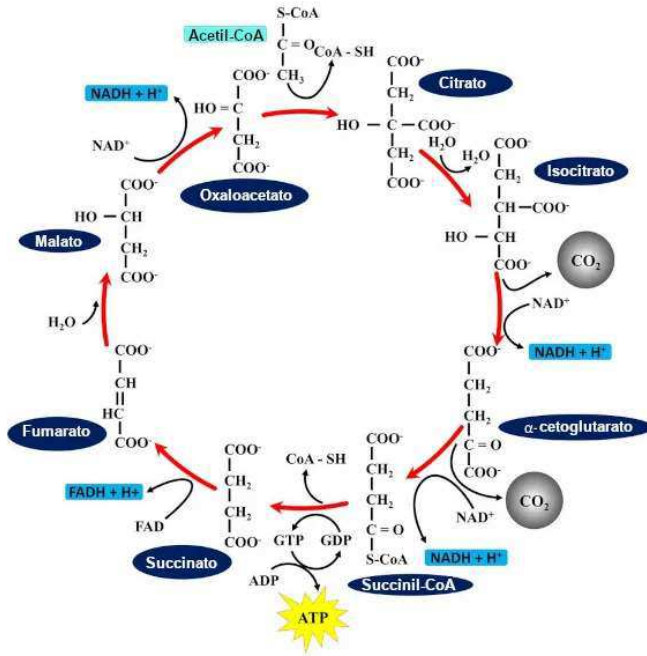


FIGURA 3- CICLO DE KREBS. FONTE: VIERIA (2003)

Na terceira e última etapa do processo, a chamada Fosforilação oxidativa, elétrons presentes no  $\text{NADH}$  e no  $\text{FADH}_2$  são transportados até o oxigênio por uma proteína chamada de Citocromos. Durante esse processo, os elétrons convertem energia cinética em calor, e ao final se combinam com a molécula de oxigênio, gerando a molécula da água. Assim, o produto dessa terceira etapa é a formação de água e

a liberação de mais uns 28 ATP. Ou seja, ao longo de todo processo de respiração celular, cada molécula de glicose pode gerar até 32 “moedas” de ATP.

Uma vez obtidas as moléculas de ATP, a partir do metabolismo celular, a extração de parte da energia armazenada na molécula poderá ocorrer com a liberação de um fosfato, num processo de hidrólise da molécula de ATP em ADP (difosfato de Adenosina). Como cediço, cada mol de ATP convertido em ADP (cerca de 507 gramas) pode liberar cerca de 7,3 Kcal, ou 14,39 cal/g. Desta forma, considerando que cada grama de glicose pode gerar até 277 gramas de ATP, após as sucessivas reações químicas, obtemos a quantidade 4 kcal/g de carboidrato.

O ATP não é a única molécula capaz de receber e liberar energia térmica para as reações bioquímicas. A condição primordial para uma molécula ser considerada "altamente" energética é ter a capacidade de transferir grupamentos químicos durante reações bioquímicas, liberando a energia para o meio (reação exergônica) possibilitando que os substratos da reação absorvam esta energia para serem produzidos os produtos (reação endergônica), com acoplamento entre esses dois tipos de reação. A tabela 1 relaciona as principais moléculas

energéticas e os grupos químicos transferidos durante o processo exergônico ou catabólico.

**TABELA 2 MOLÉCULAS ENERGÉTICAS QUE PARTICIPAM DE PROCESSO BIOQUÍMICOS**

MOLÉCULA ENERGÉTICA	GRUPO DE TRANSFERÊNCIA	EXEMPLO DE REAÇÕES QUE PARTICIPAM
ATP (adenosina tri--fosfato) UTP (uridina-tri-fosfato) GTP (guanosina-tri-fosfato) Creatinina-fosfato	fosforil (Pi = fosfato inorgânico)	glicólise, cadeia respiratória, ciclo de Krebs, síntese da creatina
NADH (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo) NADPH (NAD-fosfato) FADH <sub>2</sub> (flavina-adenina-dinucleotídeo)	elétrons, hidrogênio	síntese do ácido láctico, cadeia respiratória, ciclo de Krebs
Acetil-Coenzima A (acetil-CoA)	grupo acil (cadeia carbonada)	ciclo de Krebs, β-oxidação, síntese de aminoácidos e lipídios
Biotina	CO <sub>2</sub>	ciclo de Krebs
Tetra-hidro-folato (THC)	carbono simples	síntese de aminoácidos
Tiamina-piriofosfato (TPP)	aldeído	ciclo de Krebs, síntese de acetil-CoA
S-adenosilmetionina (adoMET)	metil	síntese e degradação de aminoácidos
Uridina-bi-fosfato-glicose	glicose	síntese do amido e glicogênio

## PODER CALÓRICO DOS ALIMENTOS

Em condições normais, a energia absorvida por via alimentar deve ser igual a energia gasta, diariamente, por um indivíduo, o que confere um equilíbrio energético relacionado a um balanço calórico alimentar, ou seja, uma quantidade tal de alimentos das três classes (energéticos, plásticos e reguladores) que proporcionem quantidades suficientes para as atividades metabólicas básicas do organismo sem deficiências ou excessos de energia significativos.

Segundo Vieira (2003), o gasto energético de um indivíduo pode ser medido colocando-se o indivíduo em uma câmara isolada onde sejam medidos perdas de calor e produtos excretados (metabólitos) em relação à alimentação e o consumo de oxigênio, onde um litro de  $O_2$  consumido equivale a 4,83 kcal de energia gasta.

Como cediço, os carboidratos são a principal fonte energética do nosso corpo, fornecendo cerca de 4,2 kcal/g ao final do processo metabólico. Não se sabe, ao certo, porque o nosso corpo dá preferência à utilização dos carboidratos como principal fonte energética. De acordo com Vieira (2003), uma possível explicação tem ligação com a evolução dos seres vivos: o fato dos carboidratos terem sido os compostos

fotossintetizados por plantas, que formam a base da cadeia alimentar. Ao realizarem a fotossíntese há conversão da energia eletromagnética proveniente da luz solar em energia química concentrada.

No entanto, os lipídios, embora mais energéticos (cerca de 9 kcal/g), são as fontes secundárias de energia do corpo humano. Os lipídios são compostos primários de reserva energética e seu acúmulo indica excesso de calorias na alimentação de um indivíduo. Enquanto os carboidratos fornecem energia imediata e suas consequentes reservas de glicogênio duram, no máximo, 24 horas, a partir do jejum absoluto, as reservas de lipídio podem fornecer energia ao corpo por vários dias.

Fornecendo cerca de 4,2 Kcal/g, as proteínas são utilizadas somente de forma terciária para a produção de energia, porém possuem inúmeras funções biológicas que as fazem essenciais na alimentação, apesar de serem “desmontadas” em aminoácidos na digestão e sintetizadas, no fígado, em todas as proteínas plasmáticas. Portanto, a utilização de proteínas no metabolismo energético indica um certo desperdício de um substrato tão diferenciado em uma função básica como a produção de energia. Isto só se observa quando há extrema carência energética na ausência de glicose

ou lipídios disponíveis para o metabolismo energético ou quando há intensa atividade física.

É por isso que alimentos altamente proteicos são mais indicados (mas não são os únicos) numa dieta para a perda de peso, porque seus aminoácidos além de servirem como fonte de energia, também funcionam como matéria-prima para a síntese de proteínas do organismo. Além do mais, estes alimentos costumam ter digestão mais lenta, levando-se mais tempo e energia para a obtenção de ATP.

É importante também salientar que os músculos têm sistemas diferentes para gerar ATP. Estes sistemas trabalham juntos e em etapas. Logo, diferentes tipos de exercício físicos utilizam diferentes sistemas.

A obtenção de ATP pelos músculos ocorre através de três sistemas bioquímicos distintos: 1- sistema fosfagênio (ATP-PC); 2- sistema anaeróbio láctico (Glicólise anaeróbia) e sistema aeróbio (Respiração aeróbica).

No sistema ATP-CP, uma célula muscular possui determinada quantidade de ATP que pode ser usada imediatamente, mas isto é suficiente para durar apenas cerca de três segundos. Para reconstituir rapidamente os níveis de ATP, as células musculares contêm um composto de fosfato altamente energético, chamado de fosfocreatina. O fosfato é

extraído da fosfocreatina através da atuação da enzima creatina fosfoquinase, e é transferido para o ADP para produzir novamente a nossa “moeda” de ATP. A célula transforma ATP em ADP e, rapidamente, o fosfato transforma o ADP de novo em ATP. Esse sistema do fosfato pode suprir as necessidades energéticas dos músculos em atividade, mas apenas por 8 ou 11 segundos.

No sistema anaeróbico láctico, os músculos usam suas reservas de um tipo de carboidrato complexo, formado de moléculas de glicose, chamado de glicogênio. A célula quebra o glicogênio em glicose que é usada para produção de “moedas” de ATP na ausência de oxigênio, gerando como subproduto o ácido láctico ou lactato. Daí, o lactato pode servir de substrato na síntese de glicose através de um processo denominado gliconeogênese (síntese de glicose a partir de substâncias novas), que pode fornecer energia por até 3 minutos de atividade física.

Além disso, entrará em ação o sistema aeróbico, que já mencionado anteriormente, pela via oxidativa, o ATP é formado na mitocôndria na presença de oxigênio a partir da oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas provenientes do próprio músculo ou da corrente sanguínea e os produtos gerados são ATP, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, radicais livres e calor.

O sistema oxidativo produz ATP em ritmo mais lento, mas pode continuar o fornecimento por muitas horas, contanto que o suprimento de combustível esteja presente.

RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

**A TERMODINÂMICA E O MAROMBEIRO**

VENCENDO

A

ENTROPIA

RENATO WEBER BASTOS LOURENÇO

A TERMODINÂMICA E O MAROMBEIRO  
(Vencendo a Entropia)

## Sumário

APRESENTAÇÃO .....	5
CAPÍTULO 1:.....	10
“Café com leite” .....	10
CAPÍTULO 2:.....	14
“A ACADEMIA’ .....	14
CAPÍTULO 3:.....	25
“A RESPIRAÇÃO” .....	25
CAPÍTULO 4:.....	32
“METABOLISMO BASAL” .....	32
CAPÍTULO 5:.....	36
“A COMPOSIÇÃO CORPORAL” .....	36
CAPÍTULO 6:.....	47
“A NUTRICIONISTA” .....	47
CAPÍTULO 7:.....	58
“O DÉFICIT CALÓRICO” .....	58
CAPÍTULO 8 .....	66
“AS MÁQUINAS NÃO-TÉRMICAS” .....	66
CAPÍTULO 9:.....	70
“O CORAÇÃO” .....	70
CAPÍTULO 10: .....	80
“O CÉREBRO” .....	80
CAPÍTULO 11: .....	86

“O RENDIMENTO DO CORPO HUMANO” .....	86
CAPÍTULO 12: .....	99
“A TRANSPIRAÇÃO” .....	99
CAPÍTULO 13: .....	104
“O MEU NOVO EU” .....	104
REFERÊNCIAS .....	108
APÊNDICE .....	112
1- Metabolismo Do Corpo Humano.....	112
2- Poder Calórico Dos Alimentos .....	125
<b>Referências do Apêndice .....</b>	<b>134</b>

A mente que se abre a uma nova ideia,  
jamais voltará ao tamanho original”

Albert Einstein (1879-1955)

## APRESENTAÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) classifica a obesidade como um dos maiores e mais graves problemas de saúde do mundo. Segundo o Atlas da Obesidade, no Mundo, em 2025, mais de 2,3 bilhões de pessoas adultas estarão em sobrepeso, ou seja, com o índice de massa corporal (IMC) igual ou maior que 25, e mais de 700 milhões de pessoas alcançarão a obesidade (IMC>30).

No Brasil, estima-se que nos últimos 13 anos a obesidade aumentou 72%, saindo de 11,8% dos adultos, em 2006, para 20,3% em 2019. O mais grave, nesse cenário pandêmico, é que a obesidade, pela primeira vez, tem crescido entre crianças e adolescentes.

No Brasil, o índice de obesidade entre crianças de 5 a 9 anos passou de 12,9% (em 2019) e de 7% em adolescentes, entre 12 e 17 anos. A OMS prevê que se nada for feito, 15,7% dos adolescentes e 22,8% das crianças, de 5 a 9 anos, estarão obesas em 2030.

Com efeito, os dados acima são preocupantes, especialmente porque a obesidade na infância e adolescência estão intrinsecamente relacionadas à persistência da obesidade na fase adulta (COLE, FLEGA E DIETZ, 2002). O que, segundo VILLAR (2021), imbrica em uma série de consequências metabólicas que ensejarão resultados negativos como hipertensão, apneia do sono, síndrome do ovário policístico, diabetes, esteatose, dislipidemia, etc.

Nesse diapasão, atacar o problema da obesidade desde a tenra infância é primordial para a efetiva erradicação dessa pandemia, e o ambiente escolar pode ser um

verdadeiro aliado para o êxito das futuras políticas públicas para o enfrentamento da obesidade.

Nesta esteira, a inserção no currículo escolar de informações relacionadas ao metabolismo humano e ao emagrecimento podem ser muito eficazes, especialmente porque, segundo Monteiro et al. (1995), a informação é a principal ferramenta de combate à obesidade. Apesar de a obesidade estar distribuída em todas as regiões do país e nos diferentes extratos socioeconômicos da população, é proporcionalmente mais elevada entre as famílias de baixa renda, o que repisa o fato de a informação ser um fator decisivo no combate à obesidade juvenil.

Neste escorço, a termodinâmica se amolda como uma luva, uma vez que trata da energia e suas transformações, além de apresentar alternativas interessantes para o aumento do gasto energético

humano, ora através da realização de trabalho mecânico, ora através de mecanismos de transferência de calor.

Nesta perspectiva, a presente obra pretende aplicar as leis da termodinâmica no processo de emagrecimento humano, de forma que a aprendizagem da termodinâmica se torne significativa e *libertadora*, usando uma metáfora de Paulo Freire (1921-1997). Neste diapasão, o emagrecimento é um tema gerador formidável para o aprendizado das leis da termodinâmica. Lado outro, as ideias científicas acerca das transformações da energia e do aumento da entropia podem ser úteis ferramentas para se lidar com a obesidade.

As ideias apresentadas no presente livro, embora com embasamento científico, são apenas uma peça de ficção, devendo o leitor submetê-las ao seu médico, nutricionista ou preparador físico, que são os profissionais habilitados a

fornecer pareceres e orientações precisas sobre o processo de emagrecimento/ganho de massa muscular.

## CAPÍTULO 1: “Café com leite”

**M**eu nome é Juninho, tenho 16 anos e sempre fui considerado “meio lento”, ou como minha mãe dizia: “lerdo”.

De certa forma, eu também me considerava assim, pois tudo o que eu fazia realmente parecia ser mais lento do que a maioria dos meninos da minha idade.

Na escola, por exemplo, eu nunca copiava o quadro dentro do tempo estabelecido. Eu demorava a entender o que a tia me dizia, e nunca conseguia comer meu lanche todo na hora do

recreio. Parece que o tempo passava diferente para mim.

O mais estranho é que eu adorava esportes, mas como eu não era “esperto”, sempre me excluía das atividades desportivas. Quando me deixavam participar, eu era o “café com leite”. Os meninos riam de mim, aliás, esse também era um dos meus apelidos “café com leite”.

Mas eu não estou aqui para falar das minhas frustrações, nem de quanto eu me sentia mal por ser excluído. Estou aqui para falar de como eu consegui dar a volta por cima, achar o meu lugar e ficar de bem comigo mesmo. Enfim, trata-se de como eu consegui vencer a entropia na minha vida.

O ano era 2019, eu estava no segundo ano do Ensino Médio e nessa época eu ainda era o “café com leite” da escola.

Eu não era considerado um bom aluno e até aquele ano não tinha me interessado por ciências exatas, pelo menos até o dia em que Aline, a menina mais linda

da escola, perguntou se eu poderia ajudá-la na prova de física. Instantaneamente, fiquei apaixonado, foi amor à primeira vista! Eu queria muito ser notado por ela. Então, resolvi aprender o conteúdo da prova, pelo menos o suficiente para impressioná-la.

O que eu não sabia era que eu iria gostar de física. Eu passei a prestar atenção nas aulas do “Físico-turista”, apelido carinhoso dado ao nosso professor “bombado” de física. Ele era uma mistura de Físico com fisiculturista. Na verdade, ele parecia mais fisiculturista do que um físico: o cara era muito musculoso!

Mas daquele dia em diante, eu passei a enxergá-lo de forma diferente: pela primeira vez as aulas de física estavam fazendo sentido para mim.

A partir daquele dia, eu passei a estudar física todos os dias e tinha um novo objetivo: me tornar exatamente igual àquele professor: na verdade, eu não queria ser um professor de física, eu só queria ser musculoso igual a ele: pensei que assim Aline poderia me dar uma chance.

Foi aí que eu perguntei:

- Professor, onde o senhor malha?

Ele respondeu com um sorriso sem graça:

“Eu tenho minha própria academia. Além de físico eu também sou graduado em Educação Física. Aparece lá algum dia. Você vai gostar!”

Nesse momento, algum engraçadinho disse:

“Juninho, se você sair agora, ano que vem ele chega lá.”

A gozação foi generalizada! Quando eu olhei para o lado, observei que até mesmo Aline estava rindo, descontroladamente...

Mas, como dizia meu pai: “o que não te destrói te faz mais forte.” Decidi, então, me matricular na Academia do Físico.

## CAPÍTULO 2: “A ACADEMIA”

A academia do físico era muito diferente de uma academia normal. Na fachada da frente tinha estampado a foto do Einstein e um monte de equações esquisitas. Em frente à recepção, uma espécie de “sala de aula”, com quadro branco e carteiras chamavam a atenção.

Ao invés de ver pessoas nas esteiras, ou nos aparelhos de musculação, estavam todos sentados, prestando atenção à palestra que estava sendo ministrada.

Nesse momento, o professor olhou para mim e disse:

“Juninho, tome o seu lugar.”

Embora assombrado, eu prontamente me acomodei.

A aula já tinha começado. Isso mesmo, a aula! Não tinha ninguém treinando - não ainda.

Parece que o físico estava falando da termodinâmica. Ele falava sobre máquinas térmicas, acho que falava sobre os ciclos termodinâmicos.

Mas uma coisa me chamou a atenção: ele disse que o nosso corpo também era uma máquina térmica, e começou a fazer analogias entre os motores térmicos e o corpo humano. Eu nunca tinha pensado por esta perspectiva.

Lembro-me de como ele aplicou as leis da termodinâmica ao consumo de energia do nosso corpo. Ele disse que enquanto a primeira lei da termodinâmica trata das transformações da energia, como, por exemplo, a transformação da energia potencial química dos alimentos em

energia mecânica; a segunda lei limita a disponibilidade da energia e os modos de sua conversão e uso. Em outras palavras, a segunda lei garante que a qualidade dos sistemas energéticos sempre diminui, tornando o aproveitamento de energia cada vez mais difícil. E isso inclui o modo como nosso corpo aproveita a energia disponível.

Desta forma, nunca conseguiremos aproveitar toda a energia disponibilizada e sempre precisaremos de mais energia para compensar o acúmulo de energia inútil e descartável. Chamamos esse fenômeno de **entropia (S)**.

A entropia pode ser definida macroscopicamente como uma medida da dispersão de energia em um sistema. Em outras palavras, quanto mais energia estiver dispersa e menos organizada, maior será a entropia. Assim, podemos dizer que a entropia se refere à tendência que o universo apresenta para uma desordem crescente.

De modo geral, em todos os processos naturais, a entropia (desordem) do universo aumenta, e quanto mais desorganizado o sistema estiver, mais difícil a conversão de energia em trabalho. Para exemplificar. Imagine um cilindro contendo um gás altamente comprimido. É relativamente fácil converter energia em trabalho num sistema assim. Mas se depositássemos todo o gás desse cilindro num cilindro dez vezes maior, as moléculas do gás ficariam mais desorganizadas (a desordem aumentaria) e a capacidade de realização de trabalho se reduziria drasticamente. Nesse exemplo, verificamos um expressivo aumento de entropia. De modo geral, é a entropia que determina o sentido dos processos termodinâmicos, e é a entropia que determina que o calor deve fluir do corpo quente para o corpo frio.

Quando analisamos a complexidade das moléculas dos seres vivos, aparentemente vemos uma clara violação do princípio da entropia, uma vez que há mais organização das moléculas das células

do que do resto do meio ambiente. Entretanto, não se trata de uma violação da segunda lei da termodinâmica e sim de uma exceção que apenas comprova a regra.

Ocorre que as células e os organismos vivos constituem-se sistemas abertos, trocando matéria e energia com o meio ambiente, com o qual jamais atingem o equilíbrio. Assim, a constante interação entre o sistema e o meio ambiente explica como os organismos conseguem criar ordem interna, ao mesmo tempo que obedecem à segunda lei da termodinâmica.

Em termos quantitativos, podemos descrever a variação da entropia pela equação abaixo:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Onde:  $\Delta S$  se refere à variação de entropia de um sistema;  $\Delta Q$  é o calor que entra ou sai do sistema; e  $T$  é a temperatura absoluta do sistema.

A equação acima mostra que a variação de entropia pode ser definida em termos da temperatura do sistema e da energia que o sistema ganha ou perde. Repare que uma variação positiva de entropia representa uma diminuição da energia disponível (saída de calor) para conversão em trabalho, e que uma variação negativa representa um aumento da energia disponível (entrada de calor).

Ou seja, quando um sistema recebe calor ( $\Delta Q > 0$ ), sua entropia aumenta, logo, o sistema vai necessitar de mais energia para realizar o mesmo trabalho.

Isso também acontece com o nosso corpo, num processo conhecido como “termogênese”.

A termogênese consiste na elevação da temperatura corporal, que pode ser induzida tanto pela atividade física intensa quanto pela suplementação, com substâncias que ativam a termogênese – os chamados termogênicos ou energéticos.

Em ambos os casos, o aumento da temperatura corporal exige mais energia do corpo, resultando num aumento da entropia e do metabolismo basal, que explicarei mais adiante. Trocando em miúdo, o aumento da entropia implica numa maior necessidade de energia para a realização de uma determinada tarefa, mais o menos o que acontece quando trocamos o motor de um carro por um mais potente: o trabalho realizado é o mesmo, mais o gasto de energia é maior com o motor mais potente.

A entropia até pode permanecer constante, quando um sistema não realizar trocas de calor com a vizinhança ( $\Delta Q=0$ ). O desafio, nesse caso, seria criar máquinas adiabáticas, ou seja, máquinas que não trocam calor com o meio exterior.

O que não podemos conceber, naturalmente, é a diminuição da entropia, que, em tese, ocorreria quando o sistema perde calor ( $\Delta Q<0$ ). No entanto, isso só seria possível se o sistema se mantivesse isotérmico ao longo de todo o ciclo. O

problema é que ao longo de um ciclo termodinâmico as transformações isotérmicas são apenas etapas, seguidas por outras etapas com entrada ou saída de calor, ou seja, não existe ciclos termodinâmicos baseados exclusivamente em transformações isotérmicas.

Isto nos leva a uma conclusão: a entropia global de um sistema sempre vai aumentar. Ou seja, sempre haverá desperdício de energia!

$$\Delta S > 0$$

O que nos leva a outra conclusão: não existe possibilidade de se obter rendimento de 100%. E mais, a tendência global é sempre a diminuição do rendimento ao longo tempo, ou seja, ao longo do tempo, a capacidade de realizar trabalho de um sistema sempre vai diminuir.

A equação da entropia também nos permite calcular a quantidade de energia transformada em calor em processos reversíveis que ocorram no equilíbrio térmico.

A determinação dessa quantidade de energia é fundamental para entendermos o rendimento das máquinas térmicas, inclusive a máquina corpo humano, pois quanto maior for a quantidade de calor dissipado, menor será o rendimento da máquina térmica!

Mesmo no funcionamento de motores muito eficientes, que operam segundo processos termodinâmicos cíclicos, a variação de entropia será positiva, pois parte da energia que é fornecida ao motor é dissipada em forma de calor, e é exatamente isso que acontece com o nosso corpo.

À medida que aproveitamos a energia obtida da respiração celular, uma parte considerável será dissipada em forma de calor, por radiação térmica, que é uma modalidade de energia muito aleatória

pouco aproveitável, ensejando numa diminuição de energia útil.

A entropia também é responsável pela formação dos estoques de gorduras do corpo. Uma vez que o corpo não consegue aproveitar de maneira tão eficiente a energia obtida diretamente dos alimentos, faz-se necessário a criação de grandes reservatórios de tecido adiposo para compensar o baixo rendimento das transformações químicas e essa necessidade tende a aumentar com a idade.

Lamentavelmente, a entropia também é a responsável pelas falhas nos processos de replicação celular, que tendem a causar a morte das células e a perda da capacidade regenerativa. É por esse motivo que envelhecemos e morremos.

Ufa! Ao final daquela aula inaugural eu precisei de um bom tempo para refletir – e descansar! A verdade é que eu já estava “morto”, como se tivesse malhado duro

naquele dia. E o mais incrível é que eu não tinha nem me levantado da carteira!

Depois o físico me explicou o motivo: o cérebro humano consome cerca de um quinto de toda energia disponibilizada pelo corpo. São cerca de 73 mg de glicose por minuto! Pensar gasta tanta energia quanto se exercitar

Embora eu precisasse de tempo para processar tudo, toda essa informação, naquele ambiente, fazia muito sentido.

Eu realmente estava sentindo que poderia alcançar meus objetivos corpóreos (pois eu estava um pouco acima do peso ideal), e de quebra aprender física: havia muita ciência por trás de tudo.

## CAPÍTULO 3: “A RESPIRAÇÃO”

Uma das aulas mais importantes na academia mudaram a maneira que de eu enxergar a respiração.

Num certo instante da aula, o professor começou a falar da respiração celular. Ele colocou uma equação no quadro e falou sobre as etapas do processo de respiração celular, que englobam a quebra da molécula da glicose para a liberação de moléculas menores de ATP (adenosina trifosfato), que é uma espécie de “moeda de energia” para o nosso corpo.

A formação de ATP é importante porque a quebra total da molécula da glicose liberaria muito mais energia do que as nossas células seriam capazes de absorver, daí, por pura praticidade, o nosso corpo utiliza unidades menores de fontes energéticas, as famosas moléculas de ATP.

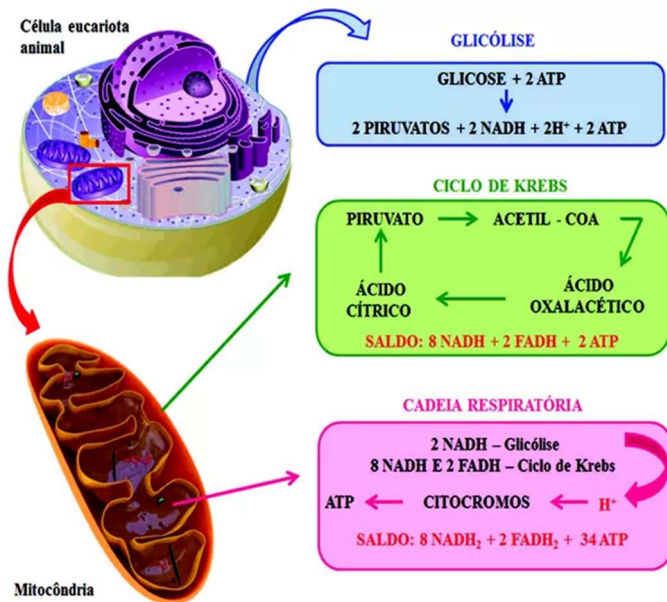


FIGURA 1 RESPIRAÇÃO CELULAR: FONTE: OBJETOS EDUCACIONAIS/MEC

Daí, quando as células precisam de energia, o ATP é convertido em ADP (adenosina trifosfato), liberando cerca de cerca de 7,3 kcal/mol, ou 14,39 cal/g. Considerando que cada grama de glicose pode gerar até 277 gramas de ATP, após as sucessivas reações químicas, obtemos a quantidade 4 kcal/g de carboidrato.

O professor ainda explicou que a glicose é a principal fonte energética do nosso corpo, mas não é a única!

A verdade é que nosso corpo dá preferência aos carboidratos para a obtenção de energia, mas também é possível a conversão de energia através dos lipídios, e em último plano, através das proteínas, bastando-se apenas, para esses dois últimos, um arranjo bioquímico para a obtenção das “moedas” de “ATP”.

É por isso que os alimentos altamente proteicos são indicados numa dieta para a perda de peso, porque seus aminoácidos, mais complexos, além de servirem como fonte de energia, também funcionam como matéria-prima para a síntese de

proteínas do organismo. Além do mais, estes alimentos costumam ter digestão mais lenta, levando-se mais tempo e energia para a conversão dos ATP.

É importante salientar que os músculos têm sistemas distintos para gerar ATP.

Saber disso é importante para a escolha ideal de atividades físicas, uma vez que diferentes tipos de exercício utilizam diferentes sistemas.

O professor explicou que os ATP dos músculos podem ser obtidos pelo: 1- sistema fosfagênio (ATP-PC); 2- sistema anaeróbio láctico (Glicólise anaeróbia) e sistema aeróbio (Respiração aeróbica).

No sistema ATP-PC, uma célula muscular possui determinada quantidade de ATP que pode ser usada imediatamente, mas isto é suficiente para durar apenas cerca de **três segundos**.

Para reconstituir rapidamente os níveis de ATP, as células musculares contêm um composto de fosfato altamente

energético, chamado de fosfocreatina, ou CREATINA. O sistema do fosfato pode suprir as necessidades energéticas dos músculos em atividade, mas apenas **por 8 ou 11 segundos**. É por isso que a Creatina é tão utilizada nas academias, elas “turbinam” a capacidade regenerativa dos músculos, fornecendo energia extra o treino.

No sistema anaeróbico láctico (glicólise anaeróbia), os músculos usam suas reservas de um tipo de carboidrato complexo, formado de moléculas de glicose, chamado de glicogênio.

A célula quebra o glicogênio em glicose que é usada para produção das “moedas” de ATP na ausência de oxigênio, gerando como subproduto o ácido láctico ou lactato. Daí o lactato pode servir de substrato na síntese de glicose através de um processo denominado gliconeogênese (síntese de glicose a partir de substâncias novas), que pode fornecer energia por até **3 minutos de atividade física**.

No sistema aeróbico, o ATP é formado na mitocôndria na presença de oxigênio a partir da oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas provenientes do próprio músculo ou da corrente sanguínea, e os produtos gerados são ATP,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , radicais livres e calor.

O sistema oxidativo produz ATP em ritmo mais lento, mas pode continuar o fornecimento por **muitas horas**, contanto que o suprimento de combustível esteja presente.

Embora a molécula de oxigênio participe apenas no final do processo de respiração celular e para processos calóricos de maior duração, é justamente nessa etapa que são formados mais ATP, ou seja, a falta de oxigênio comprometeria todo o processo.

Esse fato faz do oxigênio um bom medidor de gasto energético, que permite uma avaliação precisa do gasto calórico de uma pessoa.

Em termos muito simples, cada litro de oxigênio ( $O_2$ ) inspirado e processado pelo corpo é capaz de liberar cerca de 5 kcal (quilocalorias). Isso quer dizer que numa atividade física que demande muitas inspirações por minuto, tipo 1 litro de oxigênio em um minuto, liberará/consumirá cerca de 300 kcal (5x60minutos)! É pura matemática. É por isso que ficamos ofegantes com atividades físicas intensas. Demanda-se mais oxigênio para a disponibilização de energia.

Assim, para emagrecer, a ideia é consumir muito oxigênio. Mas não basta tentar respirar mais rápido - isso não vai adiantar, porque o oxigênio não vai ser processado em nível celular. É necessário consumir a nível celular, gastando-se energia continuamente, na forma de trabalho mecânico de longa duração, tipo num treino de corrida ou ciclismo, atividades tipicamente aeróbicas.

## CAPÍTULO 4: “METABOLISMO BASAL”

**O**tra coisa que me ajudou muito a entender o que eu precisava fazer para atingir meu objetivo foi a descoberta do meu **metabolismo basal**, que nada mais é do que o consumo energético de uma pessoa em absoluto repouso, ou seja a energia necessária para manter em funcionamento os seus órgãos vitais, tipo o coração e o cérebro.

Pois bem, eu descobri que o meu consumo calórico basal é de cerca de 2.000 kcal/dia. Mas o legal foi aprender a fazer essa conta.

Logo após a aula sobre a termodinâmica do corpo humano, o professor me levou para fazer algumas medidas antropométrica (mediu minha cintura, minha composição corporal, etc).

Depois, ele disse que calcularia meu consumo de oxigênio. Bem, ele tinha um aparelho que media o consumo de oxigênio por minuto. Eu relaxei um pouco e depois de uns 5 minutos ele mediu o meu consumo médio de oxigênio: cerca de 0,28 litros/min.

Agora ficou fácil medir o meu metabolismo basal. Como cada litro de oxigênio inspirado consumia cerca de 5 kcal, e eu consumia 0,28 l/min, então, em 24 horas, o meu consumo de oxigênio era de 403,2 litros ( $0,28 \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h}$ )! E mais, se cada litro de oxigênio inspirado é 5 Kcal, então o meu metabolismo basal só podia ser 2016 kcal.

Outra maneira simples de se obter o consumo calórico basal (metabolismo basal) é dada pela fórmula de bolso, da nutrologia, que basicamente consiste em

multiplicar a sua massa corporal por 24 horas. Ou seja, se a minha massa é de 80kg, o metabolismo basal será:  $80 \times 24 = 1920$  kcal/dia. O resultado não é preciso, mas é um bom ponto de partida.

Agora eu já conseguia entender o que era necessário para atingir meu objetivo. O professor explicou que é uma questão de matemática: se você quer engordar, você precisa criar um superávit calórico, ou seja precisa ingerir mais calorias do que o seu corpo é capaz de gastar num período de 24h (gasto energético total - GET). Mas se você quer emagrecer, o procedimento é o contrário – você precisa ingerir menos calorias do que o seu gasto energético total. O GET é a soma do metabolismo basal com as atividades físicas realizadas no período de 24h.

No meu caso, eu precisava desenvolver um **déficit calórico**, logo, a minha ingestão calórica diária deveria ser menor que 2.000 kcal.

E você, consegue agora calcular o seu metabolismo basal?

Mas se o seu objetivo é ganhar massa corporal, aí você vai precisar desenvolver um superávit calórico.

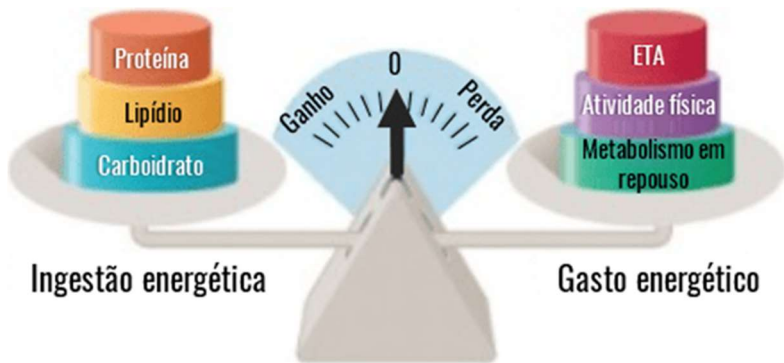


FIGURA 2: BALANÇO ENERGÉTICO. FONT: MUNDOBOAFORMA

## CAPÍTULO 5: “A COMPOSIÇÃO CORPORAL”

**D**urante muito tempo, os médicos e especialistas classificavam a obesidade exclusivamente através de uma medida chamada de IMC (índice de massa corporal), que é a razão entre a massa (kg) e o quadrado da altura, em metros.

Ocorre que se basear somente no número da balança e no IMC é muito precário, afinal, como o professor dizia: “o nosso corpo é mais que massa e altura.”

Para reforçar, quando analisamos apenas a relação entre massa e a altura (IMC) de um fisiculturista, logo concluiríamos que ele está obeso, o que evidentemente não é verdade.

Desta forma, reconhecer qual é a real relação entre músculo e gordura é fundamental para a adoção de estratégias eficientes, a fim de se atingir o objetivo.

De forma bem geral, Nahas (2010) define a composição corporal como as quantidades relativas de diferentes compostos corporais, como água, proteínas, minerais, ossos, músculos e gorduras, bem como a estimativa de massa magra (livre de gordura) e de massa gorda.

Esses últimos compostos: massa magra e massa gorda merecem destaque. Isto porque a relação entre esses dois componentes pode indicar o nível de saúde do indivíduo. Quanto mais massa magra melhor, e o inverso é verdade.

Hoje em dia, o excesso de gordura corporal tornou-se uma das maiores

preocupações por parte das autoridades, pois é fator de risco para outras doenças como câncer, problemas cardiorrespiratórios e depressão.

A Organização Mundial da Saúde afirma que a obesidade é um dos problemas mais graves no mundo e estima que, em 2025, 2,3 bilhões de pessoas estarão em sobrepeso (IMC > 25).

E no Brasil, em 2019, 20,3% da população brasileira estava obesa, com IMC maior 30 kg/m<sup>2</sup>.

Fato curioso é que, segundo a OMS, a obesidade decresce com o grau de escolaridade, o que quer dizer que quanto mais informação melhor.

Por isso, o professor disse que era fundamental encontrar a relação correta entre músculos e gorduras no corpo humano.

Ele sugeriu usarmos conceitos físicos para estimar o percentual de gordura corporal. **Consegue imaginar como?**

Desde a década de 60, a composição corporal foi objeto de incansáveis estudos, destacando-se os estudos de William E Siri, que procurou resolver a questão através da densidade corporal.

Siri (1956) propôs que o percentual de gordura poderia ser obtido através da seguinte equação:

$$\%gordura = \left( \frac{4,95}{d} - 4,5 \right) \times 100\%$$

Onde a única variável,  $d$ , é a densidade corporal. Você deve se lembrar, das aulas de física, que a densidade volumétrica é a razão entre a massa e o volume.

$$d = \frac{m}{V}$$

Sabemos que os músculos e os ossos são ligeiramente mais densos que a água, enquanto a gordura corporal tem densidade menor que a água, cerca de 0,8 kg/cm<sup>3</sup>, o que leva a densidade média do corpo humano para algo próximo de 1,04 kg/cm<sup>3</sup>.

É por isso que pessoas com percentual de gordura elevado flutuam mais facilmente em água, enquanto pessoas com percentual maior de massa magra têm mais dificuldade em flutuar.

A propósito, uma forma bem fácil de encontrar a densidade do nosso corpo é por medir o volume de água deslocado quando o nosso corpo é completamente submerso em água. Essa é a essência da lei do Empuxo.

Com a massa e volume, a densidade pode ser obtida pela fórmula:

$$d = \frac{m}{V}$$

Por exemplo, suponha que você tenha 60 kg e resolve mergulhar numa piscina completamente cheia. Imagine, ainda, que a piscina esteja equipada com um "ladrão", de forma que foi possível perceber um extravasamento de 61,8 litros

de água. Qual seria a sua densidade corporal? E o percentual de gordura?

Nesse exemplo, a densidade corporal seria de  $1,03 \text{ kg/cm}^3$  e o percentual de gordura seria de 30,6%.

O grande desafio é medir, com precisão, o volume de água deslocado pelo corpo humano submerso. Afinal, nem todo mundo tem uma piscina equipada com “ladrão”!

Um método alternativo muito simples consiste na estimativa da densidade corporal, através da colheita de algumas medidas do corpo, como: a altura [H], a circunferência abdominal [CA] (na altura do umbigo), a circunferência do pescoço [CP] (na região abaixo do “pomo de adão”) e, apenas para mulheres, a circunferência do quadril [CO] (na parte mais larga). Todas as medidas acima devem ser em centímetros.

Após colher as medidas com uma fita métrica, uma adaptação da fórmula de Siri

permite o cálculo do percentual de gordura corporal:

1- Para homens:

$$\% \text{ gordura} = \frac{495}{1,0324 - 0,19077 \cdot \log(CA - CP) + 0,15436 \cdot \log H} - 450$$

2- Para mulheres:

$$\% \text{ gordura} = \frac{495}{1,29579 - 0,35004 \cdot \log(CA + CQ) + 0,22100 \cdot \log H} - 450$$

Os logaritmos acima estão todos na base 10! Repare que o denominador das frações acima se referem a uma estimativa da densidade corporal.

A diferença nas equações para homens e mulheres se deve em razão do percentual de gordura corporal na mulher,

que é naturalmente maior, na ordem de 5%.

Agora, que tal você calcular o seu percentual de gordura?

Depois de encontrar o seu percentual de gordura, analise a sua situação pessoal.

A análise do percentual de gordura permite definir a melhor estratégia para atingir o seu objetivo. A tabela abaixo, poderá dar um norte:

% gordura corporal	Homens	Mulheres
Nível de competição	3%-6%	9%-12%
Bastante em forma	$\leq 9\%$	$\leq 15\%$
Em forma	10%-14%	16%-20%

Média	15%-19%	21%-25%
Abaixo da média	20%-25%	26%-30%
Precisa de atenção	26%-30%+	31%-40%+

**TABELA 1- ANÁLISE DO PERCENTUAL DE GORDURA**

Por fim, o professor mostrou um jeito relativamente preciso de se estabelecer a composição corporal.

O processo consiste na montagem de um circuito elétrico simples RC, com o objetivo de analisar a composição corporal pela análise da resistência elétrica à passagem da corrente elétrica pelos tecidos corpóreos.

Quando uma corrente elétrica alternada passa pelo corpo humano, a condução elétrica se dá exclusivamente pelos fluidos intra/extracelulares, sendo que esses fluidos correspondem a cerca de 73% da massa livre de gordura do corpo. Os outros 27% é o que chamamos de massa magra (proteínas e compostos viscerais.)

O tecido adiposo e os ossos se comportam como isolante elétrico.

Dessa forma, com o auxílio de um osciloscópio, é possível conhecer a composição corporal, pela impedância gerada pelo corpo analisado (circuito).

Chamamos de impedância a oposição que um circuito elétrico (corpo humano) impõe à passagem de corrente elétrica quando é submetido a uma certa tensão. Em outras palavras, o nível de resistência elétrica (impedância) imposto pelo corpo humano é diretamente proporcional ao percentual de gordura.

Logo, a análise das frequências obtidas pelo osciloscópio permitirá a descrição qualitativa da composição corporal, permitindo o levantamento do percentual de massa livre de gordura e massa gorda. Quanto maior a massa gorda de um indivíduo, maior será a impedância do corpo à passagem da corrente elétrica.

No meu caso, os resultados foram os seguintes: 30% de massa gorda e 27% de massa magra. Claramente, eu precisava diminuir meu percentual de gordura!

## CAPÍTULO 6: “A NUTRICIONISTA”

O próximo passo foi uma visita à nutricionista! Eu tinha trauma daquelas sessões. Afinal, desde pequeno minha mãe me levava à nutricionistas e a simples palavra nutrição me fazia lembrar do estresse e das dietas que eu tive que experimentar.

Mas o pior era o tal do pão integral:

- Eu odeio pão integral...

Mas eu estava realmente determinado. A Nutricionista da academia também era excepcional. Nada tinha a ver com aquelas senhoras chatas que me consultaram no passado. Ela era alta, cabelos encaracolados, porte atlético, descolada, enfim, era linda...

Mas o melhor era que ela falava a minha língua e elaborou um plano alimentar que realmente tinha a ver com a minha rotina alimentar, o que facilitou a minha readaptação alimentar.

Uma coisa interessante que a nutricionista falou foi que como a nossa energia vem dos alimentos, é fundamental aprender a contar as calorias que ingerimos, pois se consumirmos mais energia do que precisamos para realizar as tarefas do dia-a-dia, o excedente será armazenado em forma de gordura.

Podemos fazer isso quando analisamos as informações nutricionais contidas nas embalagens dos alimentos.

Quando no rótulo de um alimento aparecer a informação de que “uma porção de 30g contém 100 kcal”, quer dizer que ao digerirmos a referida porção, nosso organismo será capaz de disponibilizar 100 kcal de energia em nosso corpo, que poderá ser utilizado ou armazenado em forma de gordura.

Assim, se você souber do que um alimento é composto, poderá calcular a energia que ele é capaz de fornecer.

Os grupos alimentares podem ser divididos em carboidratos (contido no açúcar, arroz, batata, trigo, etc.), proteínas (carnes, legumes, etc.) e lipídios (gorduras).

Cada grama de carboidrato ou proteína pode se converter em até 4kcal; agora um grama de gordura fornece quase 9 kcal.

Isto quer dizer que para eu atingir o meu gasto energético de 2000 kcal, eu poderia ingerir, por dia, 500 g de carboidratos ou combinar 250 g de carboidrato e 250g de proteína. Ou, ainda,

fazer uma combinação dos três grupos alimentares.

Mas atenção: se você ingerir no almoço 1 kg de comida, não importando qual, você poderá ingerir mais de 4.000 kcal numa única refeição!!!! Então, muito cuidado com a quantidade total.

A verdade é que quando combinamos os alimentos, potencializamos os resultados. Isto acontece porque o nosso corpo não precisa apenas de energia. Os alimentos também são fontes de vitaminas e minerais, que são os “tijolinhos” do nosso corpo.

Quando queremos aumentar o percentual de massa magra (músculos), precisamos dos “tijolinhos” necessários: proteínas e vitaminas.

Logo, se pensarmos apenas nas calorias, o nosso corpo poderá ficar deficiente de vitaminas e minerais, o que pode prejudicar a saúde, além de dificultar o processo de emagrecimento.

Além disso, alguns alimentos são de mais difícil digestão, o que pode ser um fator positivo quando queremos emagrecer.

Por exemplo, o nosso corpo gasta mais energia para digerir a proteína do que o carboidrato. Isto quer dizer que se o seu objetivo é emagrecer, é mais inteligente aumentar o consumo de proteínas do que de carboidrato, já que ambos fornecem a mesma energia por grama, com vantagem para as proteínas, pois demandam mais energia para serem processadas.

Além do mais, o corpo humano processa muito melhor os carboidratos do que as proteínas, e por isso, acabam armazenando a energia extra mais eficientemente, transformando-a em triglicerídeos, que serão posteriormente armazenados nas células do tecido adiposo.

Que dizer da gordura? Pense no seguinte, é muito difícil queimar arroz ou feijão e usar a energia liberada para aquecer uma certa quantidade de água

(na física chamamos essa energia liberada de equivalente em água - EA), uma vez que esse processo exigiria uma atmosfera altamente enriquecida com oxigênio (Analogamente: uma respiração mais intensa).

No entanto, é relativamente fácil queimar gordura como óleos, castanhas, amendoim e usar a energia para aquecer uma certa quantidade de água. Isto quer dizer que gorduras liberam mais energia do que carboidratos e proteínas.

De fato, as gorduras possuem mais que o dobro da energia do que os carboidratos ou as proteínas. Então pense um pouco: se você comer 30 g de carboidrato, você obterá 150 kcal; se comer 30 g de gordura obterá cerca de 270 kcal. O pior, é que é difícil comer pequenas porções de gordura: alimentos ricos em gorduras são irresistíveis!

A Nutricionista me alertou para o problema dos chamados “ultraprocessados”, como bolachas, sorvetes, salgadinhos, etc. Estes alimentos

são riquíssimos em gordura *trans*, que atuam diretamente no aumento do colesterol ruim, associado às cardiopatias.

A nutri também disse que muitas pessoas que começam a fazer alguma atividade física reclamam de obterem o efeito reverso, ou seja, ao invés de emagrecer e perder gordura, ganham “peso” e aumentam a massa gorda.

Ela explicou que isso acontece porque o aumento de atividades físicas na rotina diária gera mais apetite e o nosso corpo não entende direito o quanto de comida nós realmente precisamos para lidar com o déficit calórico. Daí, se sucumbirmos à fome, poderemos ingerir mais do que a atividade física realmente demandou e acabar engordando.

É exatamente por isso que precisamos escolher com cuidado a quantidade e a qualidade dos alimentos, caso contrário, o balanço energético será positivo e o ganho de massa gorda também!

Nesse sentido, eu aprendi que como os carboidratos são a principal fonte de energia durante o exercício, devemos ingeri-los numa refeição cerca de 3 horas antes do treino, ou num pequeno lanche uma hora antes.

Eles também devem ser ingeridos logo após o término da atividade para repor os estoques de carboidrato (glicogênio), favorecendo a recuperação do músculo para as próximas atividades.

A nossa preferência deve ser a ingestão dos carboidratos complexos (amido) como pães, biscoitos, cereais, arroz, batata, etc. (fuja dos alimentos altamente processados!). Isto é importante porque o glicogênio, que é a principal fonte de energia utilizada pelos músculos durante os exercícios, tem seu estoque limitado e a reposição destes estoques deve ser constante. **Mas muito cuidado com as quantidades.**

As proteínas também são importantes para uma boa atividade física, pois, seus aminoácidos irão servir como fonte de energia e como matéria-prima para a síntese de proteínas do organismo, inclusive aquelas que constituem o próprio músculo.

A Nutri afirmou que os proteicos devem ser consumidos distantes dos horários de treino e de forma fracionada, ou seja, em várias refeições para que haja melhor aproveitamento dos aminoácidos pelo tecido muscular.

Já os lipídios, embora fundamentais como fonte de energia, devem ser consumidos com muita moderação, por estarem diretamente relacionados com a formação dos triglicerídeos, que é a matéria-prima das células do tecido adiposo. A sugestão é o consumo moderado das chamadas gorduras “boas” como azeite, peixes, nozes, abacate, etc.

Desta forma, ela me apresentou o “prato-modelo”, constituído de 25% de proteínas (de preferência com baixo teor de

gordura); 25 % de carboidratos (de preferência de cadeia complexa, como os integrais) e 50 % de vegetais crus ou cozidos (folhas e verduras).

É importante destacar que em alguns casos uma suplementação pode ser indicada, especialmente se a reposição de vitaminas e minerais não puder ser suprida pela alimentação convencional. Por isso, é fundamental o acompanhamento nutricional.

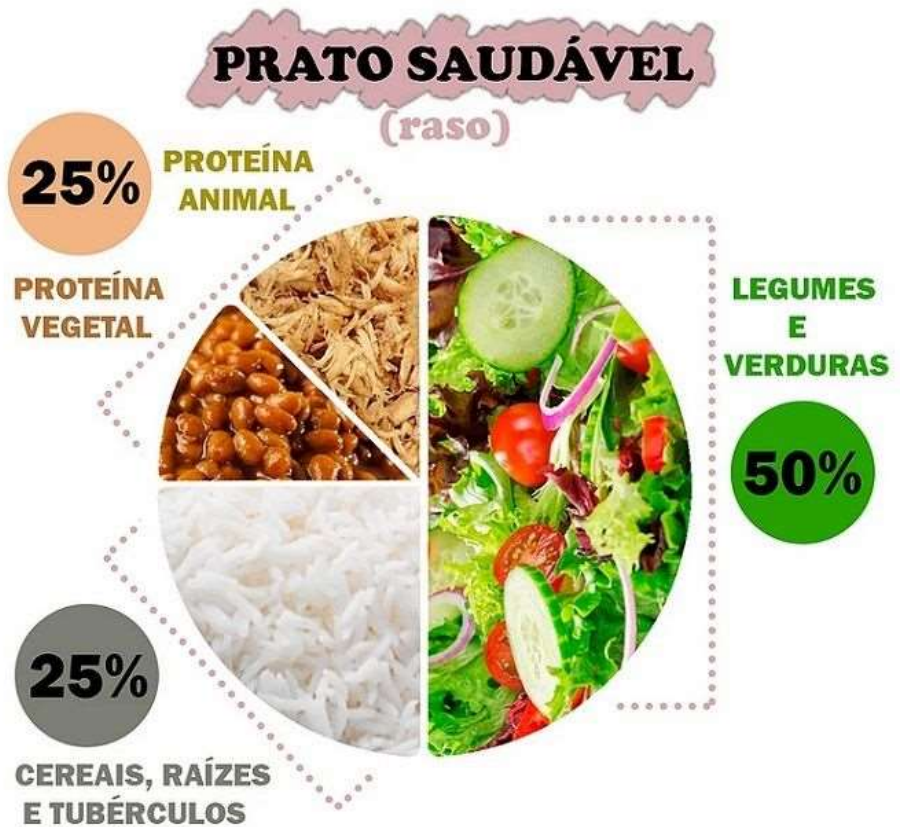


FIGURA 3: PRATO SAUDÁVEL. FONTE: ANGELAREISNUTRI.COM.BR

## CAPÍTULO 7: “O DÉFICIT CALÓRICO”

A etapa seguinte do meu processo foi o planejamento estratégico do Déficit calórico. A nutricionista já tinha elaborado um plano alimentar muito bom, mas eu queria mais.

Basicamente, o que eu queria é o que todo mundo quer: perder gordura e ganhar músculos. Lembro-me de ela dizer que cada quilograma de gordura corporal equivalia a cerca de 7.500 kcal. Ou seja, para emagrecer 1kg de gordura pura, eu precisaria desenvolver um déficit de pelo

menos 7.500 kcal. Daí já dá para ver que não é trabalho para se fazer em um único dia!

Se eu gastasse diariamente 100 kcal a mais de energia do que eu ingerisse, ou seja, se meu déficit calórico fosse de 100 kcal diários, eu levaria 75 dias (7500 kcal / 100 kcal/dia) para emagrecer apenas 1 kg de gordura pura. Obviamente, não dá para emagrecer somente gordura.

Então, o professor propôs um plano de treino bem diferenciado. A ideia era usar a física para gastar mais energia.

As experiências que eu vivenciei me mostraram que o consumo de oxigênio crescia exponencialmente num treino (lembre-se que o consumo de oxigênio é um dos medidores de gasto calórico). Por exemplo, dependendo do exercício, o consumo de oxigênio pode ser até sextuplicado e aí, em vez de se gastar 300 kcal em uma hora, e poderia gastar até 1200 kcal!

Vale sempre a pena dizer que antes de se submeter a treinos moderados e intensos, **uma avaliação médica é necessária**. Apenas o profissional médico especializado poderá dizer se é seguro iniciar atividades intensas. Algumas pessoas podem ter problemas cardiovasculares ocultos que poderiam ser mortais sob atividades de alto impacto. No meu caso eu consegui a aprovação médica.

Voltando ao déficit calórico, para me ajudar nesse processo e me dar alguma vantagem intelectual, o professor elaborou uma equação de consumo calórico (G) personalizada, baseada na famosa equação de Harris-Benedict:

$$G = N \times M \times \Delta t,$$

onde **M** é a minha massa corporal e  **$\Delta t$**  é o tempo da atividade física, em horas. O índice **N** se refere ao índice de intensidade da atividade física (Equivalente metabólico da tarefa – MET). No caso de repouso,  $N = 1$ ;  $N = 2$  para atividades bem leves;  $3 < N < 6$  caminhadas mais intensas; corridas podem ter  $N$  entre 7 e 9; e etc.

**MET DAS ATIVIDADE FÍSICAS**

<b>Atividade</b>	<b>Intensidade</b>	<b>MET</b>
Corrida Intensa	13,5km/h ou 4:30 min/km	13,5
Squash	Moderado	12,0
Ciclismo Intenso	25km/h	12,0
Corrida Moderada	10,5km/h ou 5:40 min/km	11,5
Corrida Leve	8km/h ou 7:30 min/km	9,0
Basquete	Moderado	8,0
handball	Moderado	8,0
Vôlei de Praia	Moderado	8,0
Tênis	Simple	8,0
Futebol	Recreação	7,0
Patins	Moderado	7,0
Ciclismo Moderado	18km/h	6,0
Natação no mar	Moderado	6,0
Tênis	Dupla	6,0
Skate	Moderado	5,0
Caiaque	Moderado	5,0
Surf	Moderado	3,0
Ioga	Moderado	2,5

Fonte: Dr. Turibio Barros e Dr<sup>o</sup>. Cristiane Perroni / \*Valores sujeitos a variabilidades individuais

**Figura 4 EQUIVALENTE METABÓLICO DA TAREFA**

Com isso em mente, eu podia elaborar algumas atividades aeróbicas *outdoor* que potencializariam o meu déficit calórico. Por exemplo, passei a caminhar rapidamente duas vezes por dia, por uma hora. Cada sessão, em média, com  $N=5$ , consumia cerca de 416 kcal ( $5 \times 83,33 \text{ kg} \times 1 \text{h}$ ). Ou seja, apenas com essas duas caminhadas eu consumiria 832 kcal das minhas reservas de energia. Nada mal!

Com apenas esse número em mente, 832 kcal das caminhadas, e considerando o meu metabolismo basal de 2.000 kcal, eu teria duas alternativas válidas: o meu plano alimentar poderia ofertar mais energia, ou seja, eu poderia comer um pouco mais e mesmo assim emagrecer; ou poderia manter meu plano alimentar de cerca de 2.000 kcal, e emagrecer mais rápido, afinal, com um déficit calórico de 832 kcal, eu precisaria de menos de 10 dias para perder um quilograma de gordura corporal.

Depois de refletir sobre o gasto calórico das caminhadas, eu passei a valorizar ainda mais essa atividade gratuita e pensar em outras maneiras de aumentar o meu consumo energético diário.

Algumas pessoas costumam menosprezar as caminhadas, ou pior, rotulam-na como se fossem reservadas apenas a idosos. Mas não se deixe enganar. As caminhadas são muito indicadas para a formação do déficit calórico. Na verdade, todas as atividades físicas contribuem para o déficit calóricos e devem ser escolhidas de acordo com as nossas preferências e disponibilidades.

E o que já é bom pode melhorar: a física pode ajudar ainda mais! Pense um pouco: uma caminhada pode ser mais intensa não apenas quando se caminha mais rápido. Ela também fica mais intensa, talvez muito mais intensa, quando há desnível. Isto acontece porque além do atrito e de outras forças dissipativas que precisam ser superadas na caminhada em

rampa, também é necessário variar a energia potencial gravitacional.

De forma que a energia total exigida no exercício será:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{gravitacional}} + E_{\text{dissipada total}}.$$

Com isso em mente, passei a fazer caminhadas mais intensas, literalmente, cheia de altos e baixos.



**FIGURA 5: CAMINHADA EM ACLIVE. FONTE: ISTOCK**

Outra ação simples que pode potencializar o gasto calórico numa atividade aeróbica consiste num fenômeno conhecido, envolvendo a força de atrito.

Quando estudamos a força de atrito, aprendemos que há diferença entre o atrito estático (em repouso) e o atrito dinâmico (em movimento). O atrito estático é mais intenso que o atrito dinâmico.

Sabendo que a força de atrito é a principal força de resistência exigida, tanto na caminhada como na corrida, quando intercalamos sessões de movimento mais intenso, com repouso, ou movimento menos intenso, poderemos experimentar um gasto maior de energia, no mesmo intervalo de tempo. Ou seja, gastamos mais energia quando variamos a velocidade.

## CAPÍTULO 8

### “AS MÁQUINAS NÃO-TÉRMICAS”

O que é mais impressionante nas academias de musculação é que elas realmente são o parque de diversões das máquinas. E visivelmente o corpo humano não é a única máquina ali presente. Talvez seja a única máquina térmica. Mas a academia está cheia de máquinas não-térmicas.

Se você gosta de polias, tem um montel! As polias foram criadas para potencializar as atividades humanas, melhorando a eficiência de uma força.

Talvez você se lembre das polias de Arquimedes.

As polias também podem aumentar a quantidade de grupos musculares a serem trabalhados.

Também têm os elásticos – lembrou da Lei de Hooke? Agora sim eu entendi o que significa

$$F = - kx.$$

Uma coisa interessante que eu aprendi com o professor foi a importância da real compreensão de uma grandeza que às vezes parece muito distante do nosso dia a dia – o torque.

Sendo bem simplório, o torque é a quantidade de força diretamente associada à rotação de uma estrutura (barra) em torno de um eixo. Essa força, capaz de rotacionar uma barra depende da distância da ação da força em relação ao eixo de rotação, e também do ângulo formado entre a força e a estrutura (mais precisamente do seno do ângulo), ou seja:

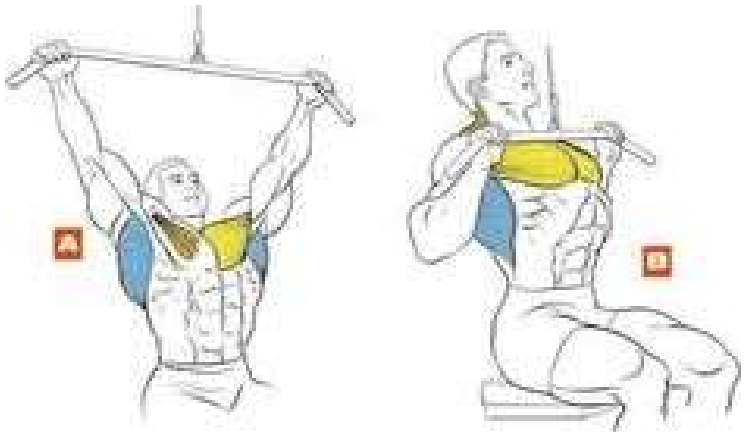
$$T = F \cdot d \cdot \sin \alpha.$$

Como dizia o professor, “é um equilíbrio bem delicado!” Uma leve mudança no ângulo exercido pela força pode mudar radicalmente a intensidade da força potente exigida num movimento – e consumir mais oxigênio!

Por exemplo, ao invés de fazer simplesmente um único tipo de exercício para o bíceps, tipo o “rosca direta”, decidi fazer também o “rosca martelo” apenas com uma mudança angular. Esta simples mudança, mesmo que discreta, potencializou o meu déficit calórico, porque além de realizar um trabalho gravitacional, também é exigido um trabalho rotacional, acionando mais grupos musculares e, conseqüentemente, mais conversão de energia muscular.

Similarmente, quando fazemos a puxada, variar o ângulo da pegada pode aumentar o consumo de energia, por conta do acréscimo de força na execução

do exercício. Até porque, às vezes, a evolução da carga num treino é tão discreta que não existem anilhas suficientes, e a variação angular pode dar conta da elevação da carga. Sugestão: quando estiver treinado flexões de braço, experimente flexões com os braços gradativamente mais abertos; quando estiver fazendo barra, também experimente variações discretas na abertura dos braços, isto exigirá um aumento de força e gasto ainda maior de energia.



**FIGURA 6: PUXADA ALTA: "B" UM POUCO MAIS ABERTA QUE "A"**

## CAPÍTULO 9: “O CORAÇÃO”

Como já asseverado, o coração é um bom indicador do consumo de energia pelo corpo.

O coração é uma bomba complexa, mas em termos energéticos pode ser comparada a uma bomba elétrica, que consome cerca de 10% da energia total disponibilizada pelo corpo.

Como uma bomba elétrica, é mais fácil pensar na energia consumida pelo

coração quando pensamos na potência elétrica exigida para o seu funcionamento.

Recordando o conceito físico de potência, podemos dizer que é a rapidez com que se realiza trabalho (ou de forma mais simples, é a energia consumida em função do tempo), ou seja a potência mede a quantidade de energia gasta num certo intervalo de tempo.

Podemos encontrar a potência consumida por um coração, obtendo 10% da energia produzida pelo corpo (metabolismo basal (em joules) e dividindo o resultado pelo tempo equivalente a 24 horas, em segundo (ou seja  $24h \times 3600s = 86400s$ ).

Assim a potência do nosso corpo será:

$$P_{\text{corpo}} = \frac{\text{Metabolismo basal (joules)}}{86.400},$$

E a potência do coração será:

$$P_{\text{coração}} = 0,1 P_{\text{corpo.}}$$

No meu caso, a potência entregue pelo meu corpo é de 96,7 W (quase 100 W!). Consequentemente, a potência média do meu coração é de 10 W.

Isto quer dizer que o coração, em média, gasta, sozinho, 10 Joules de energia por segundo, ou 2,39 calorias por segundo, para funcionar. Então, em uma hora, o coração vai gastar 36.000 Joules (3600 segundos X 10Joules)! O legal é que esse valor é médio. Se o coração bater mais forte, gastará mais energia. Se ele bater menos, o gasto será menor.

Obviamente, tanto a potência produzida pelo corpo quanto a potência consumida pelo coração variam de pessoa para pessoa, dependendo do metabolismo basal de cada um.

Para entender a importância desses números, pense numa lâmpada elétrica de 10W, o mesmo consumo do meu coração.

Obviamente, eu conseguiria transformar a minha energia armazenada em energia elétrica através de um gerador elétrico movido a manivela.

Girando a manivela, eu conseguiria manter essa lâmpada ligada o tempo todo. Mas o que dizer de uma lâmpada de 100W, será que eu conseguiria mantê-la funcionando usando o mesmo gerador a manivela?

A resposta é sim, mas por curto tempo! Isto porque a potência do meu corpo é de cerca de 100W, a mesma potência da lâmpada, no entanto o meu corpo precisa acionar outros dispositivos: coração (10W), o cérebro (20W), os outros órgãos, etc., de forma que em pouco tempo eu ficaria sem energia para continuar acionando a referida lâmpada e mantendo vivo o meu corpo, afinal de contas, a energia gerada pelo corpo em um dia é limitada, podendo ser usada de forma fracionada, ou num intervalo menor de tempo, mas uma hora as reservas de energia acabam e o corpo precisará

escolher entre a manutenção da vida e a realização de um trabalho mecânico “inútil”.

Apenas a título de ilustração, quanta energia há armazenada em nosso corpo? A resposta é complexa, pois exige muitas ponderações, mas do ponto de vista estritamente físico, apenas para ilustrar, podemos dizer que corresponde à massa gorda total vezes a energia equivalente dessa gordura.

Por exemplo, supondo que uma pessoa tenha 80 kg e um percentual de gordura equivalente a 35%. Nesse caso, ela teria 28 kg de gordura. Se 1 kg de gordura equivale a 7.900 kcal, então essa pessoa teria um total de 221.200 kcal, ou 924.616 kJ disponível.

No entanto, não seria razoável imaginar que o corpo dispusesse de toda essa energia. À medida que converte energia química em energia mecânica, fica cada vez mais difícil manter a taxa de conversão, justamente por conta da

entropia. Logo, podemos imaginar que existe um limite de conversão energética.

Pensar nisso nos ajuda a confirmar que as atividades físicas podem atuar positivamente no processo emagrecimento, pois potencializam o déficit calórico.

Por exemplo, uma das atividades físicas aeróbicas mais intensas é a escalada vertical (subir escadas). O trabalho exigido nesse esforço é:

$$W = \text{massa} \times \text{gravidade} (10\text{m/s}^2) \times \text{altura};$$

e a potência desenvolvida, que é a razão entre o trabalho e o intervalo de tempo, será:

$$P = \frac{W}{\Delta t}.$$

Caso eu queira subir escadas, mantendo um gasto 100 W de energia, eu precisaria subir uma altura de 0,125 metros por segundo. Cerca de 13 centímetros em um piscar de olhos!

A princípio, a tarefa pode ser facilmente cumprida, mas em pouco tempo

a pessoa estará esgotada e não conseguirá subir mais nenhum degrau, por falta de energia útil!

Com efeito, gastando 100 W de energia para subir escadas verticais, uma pessoa que tem um metabolismo basal de 100 W, vai gastar 200 W (100W do consumo basal + 100 W da atividade física) por segundo! Isso representa 17.280.kJ ou 4.133,97 kcal em um único dia! A questão é se ela conseguirá produzir energia nessa taxa.

É verdade que ninguém vai se exercitar por 24 horas. Então, a dica é dar preferências para exercícios que exijam uma potência maior, pois consumirão mais energia.

Em alguns casos, a potência de alguns exercícios pode ser calculada previamente, mas é verdade que não dá para ficar calculando o tempo todo a potência de todos os exercícios físicos.

Por isso, o Físico disse que o coração é sempre um bom indicador da intensidade do gasto energético.

Atualmente, existem dispositivos vestíveis, como pulseiras e relógios, que medem e exibem a frequência cardíaca durante os treinos.

O Físico chamou de zonas de frequências o comportamento do coração diante das atividades do dia a dia.

A frequência cardíaca máxima (FCM) é o resultado da subtração do número de 220 bpm pela idade do indivíduo.

No meu caso, como eu tenho 16 anos, minha FCM é de 205 bpm. Isto quer dizer que o meu coração tem um pico de batimentos quando alcançar 205 bpm.

Um treino de altíssimo gasto calórico (alta potência) estará no intervalo de 90 a 100% da FCM. Um treino que leve o coração à frequência compreendida entre 80 e 90% da FCM é considerado difícil.

Entre 70 e 80% da FCM o treino é considerado moderado e é o melhor para

a manutenção do condicionamento aeróbico.

Já o treino com FC abaixo de 70% da FCM é considerado leve e é recomendado para pessoas com restrições médicas.

Como se vê, quando o treino físico é mantido com a FC acima dos 70% os resultados costumam ser melhores e esse foi o meu objetivo.

Embora seria de se esperar que os treinos com a FC acima de 90% fossem os mais indicados para perda de peso, normalmente essa faixa de FC não é sustentável e logo o indivíduo abandona a atividade, por falta de resistência.

Ocorre que nas faixas acima de 90% os níveis de lactato na corrente sanguínea aumentam e se tornam tóxicos, prejudicando a respiração celular, exigindo que o indivíduo pare para poder respirar (literalmente falta oxigênio!).

É exatamente o que acontece quando tentamos manter uma lâmpada de 100W ligada o tempo todo, através de um

gerador a manivela: com o tempo, simplesmente ficaremos esgotados, pois o nosso corpo tem limitada capacidade de gerar energia.



FIGURA 7 FREQUÊNCÍMETRO. FONTE: ONME.COM

## CAPÍTULO 10: “O CÉREBRO”

A medida que o tempo ia passando, eu ficava cada vez mais focado nos treinos e nos estudos – estava “crescendo” e ficando mais esperto. A mudança foi tão grande que até Aline percebeu!

Aquilo me deixava ainda mais motivado. Eu estava muito feliz com as mudanças no meu estilo de vida. Mas não era só o físico, eu também estava melhorando o meu raciocínio – estava pensando mais rápido.

Afinal, um dos lemas da academia era “*mens sana in corpore sano*” (uma mente sã num corpo são).

O trabalho mental exigido na academia era muito intenso. O Físico sabia que treinar o cérebro era tão importante quanto treinar o corpo. Durante os treinos sempre tínhamos que resolver algum problema. A maioria das vezes eram cruzadinhas que envolviam conhecimentos gerais e problemas de física. Confesso que no começo eu odiava aquelas palavras cruzadas, mas depois entendi os benefícios.

Com já dito, o nosso cérebro consome cerca de 20% da energia que o nosso corpo produz (consumo basal). Usando o mesmo raciocínio usado para o coração, para uma pessoa que consome uma potência de 100 W, o cérebro, sozinho, consome cerca de 20 W.

Obviamente, cada pessoa tem o seu cérebro, com o seu próprio gasto, mas uma coisa é certa: quanto mais usamos o cérebro mais gastamos energia! Então, a

regra é simples – use e abuse dos processamentos cerebrais.

O cérebro gasta energia tanto para manter as funções vitais do nosso corpo, como a coordenação e manutenção dos órgãos e sistemas (matéria branca), bem como para o processamento da informação recebida pelo sistema nervoso central (matéria cinzenta).

Os cientistas calculam que a matéria cinza consome mais energia que a matéria branca. Isto se deve à grande quantidade de sinapses e mitocôndrias na matéria cinzenta, junto ao fato de que a matéria branca é mais eficiente e mais econômica.

O gasto energético cerebral é medido pela quantidade e velocidade de sangue que chega até ele. Assim como um computador ou smartphone consome mais energia quando mais exigidos, o cérebro também gasta mais energia para o processamento de atividades complexas. E quais seriam essas atividades?

São atividades que envolvem o processamento de dados. Por exemplo, quando estamos caminhando calmamente, sem preocupações, o gasto energético cerebral é praticamente basal. Agora, se durante a caminhada começarmos a pensar na solução de um problema difícil, o fluxo sanguíneo aumenta exponencialmente e o gasto calórico cerebral aumenta proporcionalmente.

É fato notório que quando estudamos duramente para uma prova, às vezes por horas a fio, emagrecemos. Nesses casos, o fluxo sanguíneo para o cérebro é aumentado. Talvez, por isso, temos mais fome quando estamos estudando exaustivamente.

Jogos eletrônicos de estratégia ou de tabuleiro também exigem esforço exta do cérebro e podem ser aliados no processo de emagrecimento. Não importa a atividade, o que é realmente importante é o grau de dificuldade: o quanto a atividade envolve a pessoa. Se a solução do

problema for imperiosa e urgente, a tendência é um maior gasto calórico.

Então, a dica do professor é simples: não esqueça de intercalar treinos físicos com sessões de estudo, ou com atividades recreativas interessantes como um bom jogo de xadrez – não se esqueça de pensar.

Por exemplo, embora alguns achem que pedalar *indoor* é a mesma coisa do que *outdoor*, a realidade é bem diferente.

Enquanto num treino *indoor* a pessoa tenha apenas que pedalar, no treino na rua o cérebro da pessoa tem que se ocupar com o equilíbrio, a atenção, a reação, etc. Na prática, o gasto calórico do treino *outdoor* é muito maior do que do treino *indoor*.

Outra sugestão é mesclar o raciocínio lógico com atividades de musculação, nesse caso, durante a execução de uma série, nos intervalos entre uma sequência e outra, tente resolver palavras cruzadas ou resolver problemas de física. Nessa última possibilidade, leia o problema com atenção

no intervalo de uma sessão e outra e tente resolver mentalmente durante a execução do exercício.



**FIGURA 8- EXERCITE SEU CÉREBRO. FONE: VECTEEZY.COM**

## CAPÍTULO 11: “O RENDIMENTO DO CORPO HUMANO”

**E**sse negócio de resolver exercícios de física durante os treinos na academia realmente me deixaram com o raciocínio mais rápido.

Lembro que até nas aulas de matemática eu era o primeiro a responder as perguntas do professor. Parecia que as respostas estavam todas prontas dentro de mim, doidas para sair - eu não conseguia controlar.

E a turma toda percebeu! Em dias de provas, os meus colegas disputavam os

lugares para ficarem perto de mim - e olha que eu nunca dei cola para ninguém!

Uma vez, na aula de física, o Físico perguntou o que era o rendimento de uma máquina? Foi como se um filme tivesse passado na minha cabeça. A resposta estava mais uma vez pronta, doida para sair, mas dessa vez eu me controlei: eu esperei um pouco.

O filme que passou na minha cabeça foi a explicação que o Físico deu na academia sobre o rendimento do corpo humano e sobre a entropia. Nunca me esquecerei daquele dia...

Naquele dia, eu tinha chegado um pouco atrasado e a aula já tinha começado. O Físico estava resolvendo a equação do rendimento para uma máquina ideal. Daí, ele perguntou como àquela equação se aplicaria ao corpo humano?

Todos os alunos ficaram parados, esperando uma resposta. Então ele disse:

“O nosso corpo é uma máquina térmica, que

também obedece às mesmas leis da termodinâmica, o que quer dizer que o nosso rendimento nunca vai ser de 100%”.

Ou seja, nós nunca iremos conseguir aproveitar toda energia disponível, sempre vamos ter que jogar parte da energia disponível fora! Esta é a essência da 2ª Lei da Termodinâmica.

Então, quando dizemos que o rendimento de uma máquina é de 50%, estamos dizendo que aquela máquina aproveita apenas metade da energia disponível para a realização de trabalho. O restante se torna energia inútil ou entropia.

No caso do corpo humano, o rendimento é bem baixo. Os cientistas estimam que o rendimento do corpo humano varia entre 20 e 30%, dependendo de fatores internos e externos.

Isto quer dizer que de toda energia ingerida durante um dia, nós só usaremos

de 20 a 30% da energia para a realização de trabalho mecânico, ou seja, para nos locomover, levantar ou puxar coisas, etc.

Em termos práticos, se uma pessoa tem um metabolismo basal de 2.000 kcal, no máximo, 600 kcal ( $2000\text{kcal} \times 30\%$ ) serão efetivamente transformados em trabalho mecânico (manutenção da vida, andar, levantar objeto, movimentar músculos), o restante (1400 kcal) será “jogado fora”, ou pelo calor irradiado pelo corpo ou na forma metabólitos (cocô). Essa é a premissa básica da entropia. Embora haja muita energia nos metabólitos, ela é inútil para o nosso corpo, pois não conseguimos aproveitá-la. Mas alguns micróbios se banqueteam com a energia desses compostos. Que nojo!!!

Caso a mesma pessoa ingira mais de 2.000 kcal, mantendo o mínimo de atividade física, uma parcela de energia será armazenada em forma de gordura nas células do tecido adiposo.

Na verdade, o processo de armazenamento de gordura pelo corpo é

complexo, e tem a ver com o hormônio insulina.

A quantidade de insulina no corpo indicará se a glicose será transformada, estocada ou usada para a obtenção de moléculas de ATP.

Uma coisa é importante ressaltar: o rendimento do nosso corpo pode pender tanto para 20% quanto para 30%.

O Físico explicou que, em razão da entropia, quanto mais nos exercitamos, mais gastamos energia para realizar o mesmo trabalho, reduzindo-se assim o nosso rendimento.

O fato é que o “metabolismo acelerado”, que consiste na diminuição da eficiência, é uma condição química do corpo e pode ser obtido com a prática de atividades físicas e com a regulação do sistema endócrino, por isso a importância do acompanhamento médico-nutricional.

Mas para compararmos a importância de ter um rendimento baixo,

imagine um carro, que também é uma máquina térmica.

Inicialmente, percebemos que o rendimento também não é grande. Na verdade, o rendimento do carro é bem menor do que o do corpo humano – algo em torno de 20% (em modelos econômicos). Em tempos de combustíveis caros, é muito importante otimizar o consumo de combustível.

Nesse sentido, um bom motorista sabe que quanto mais ele “pisar” no acelerador, mais o carro vai consumir combustível, isto acontece porque mais energia vai ser convertida em calor, que é muito mais aleatória e de difícil aproveitamento (lembre-se da entropia).

O nosso corpo também obedece a esse padrão: quanto mais “pisarmos no acelerador”, ou seja, quanto mais nos exercitarmos, mais iremos consumir energia e (mais energia será convertida em calor), e conseqüentemente, o rendimento irá diminuir. Isso é bom porque com o rendimento menor, menos energia vai

sobrar para ser armazenada em forma de gordura.

Pense no seguinte: se com um rendimento de 30 %, a pessoa acima mencionada tem 600 kcal de energia para se locomover, se o rendimento cair para 20 % a mesma pessoa vai ter apenas 400 kcal para realizar as mesmas atividades locomotivas. Obviamente, ela não conseguirá fazer as mesmas coisas, pois faltará 200 kcal de energia.

A lógica é simples, quando reduzimos o nosso rendimento, gastamos mais energia para fazer atividades do dia a dia, logo, poderemos criar um déficit calórico com mais facilidade. Infelizmente, o oposto também é verdade, quanto mais próximos ficarmos de um rendimento de 30%, mais teremos dificuldade de criar o déficit calórico. Esse processo é conhecido na medicina como “aceleração do metabolismo”. Como conseguimos esse milagre?

O segredo é aumentar a temperatura do corpo. Quanto mais calor

for rejeitado para a fonte fria (meio ambiente), menor será o nosso rendimento. Considere o seguinte, o nosso corpo é constituído basicamente de água (60%), então, uma pessoa de 70 kg que tenha sua temperatura corporal aumentada de 1°C, por exemplo, de 35°C para 36°C, em uma hora, terá um aumento de gasto energético de 42 kcal. (considere que o calor sensível para elevar a temperatura do corpo seja:  $Q = mc\Delta t$  e que a massa relativa de água seja de 42 kg). Se a elevação de temperatura durar 24h, então o aumento do consumo de energia do corpo será de 1.008 kcal.

Embora já existam no mercado medicamentos conhecidos como “termogênicos”, que devem ser prescritos por profissionais autorizados, uma outra ação muito simples pode “acelerar” o nosso metabolismo naturalmente: a prática diária de atividades físicas: quanto mais praticarmos exercícios, mais diminuiremos o nosso rendimento e mais acelerado ficará

nosso metabolismo, ou seja: gastaremos mais energia em atividades do dia-a-dia.

Outro fator importante é a composição corporal. O tecido adiposo é mais eficiente na entrega de energia em comparação com a massa magra. Então, quanto menor for a nossa massa magra, menor será o nosso rendimento, e mais acelerado será o nosso metabolismo.

Mas se o seu objetivo é ganhar massa magra, será necessário aumentar a eficiência e talvez seja necessário diminuir as atividades físicas, especialmente as atividades aeróbicas.

É muito difícil saber exatamente qual é o nosso rendimento, mas se você é sedentário, o seu rendimento deve estar mais próximo de 30%, enquanto atletas de alto rendimento têm um rendimento próximo a 20%. Para efeitos puramente matemáticos, poderemos tomar um rendimento médio de 25%. Deixa eu explicar melhor.

O professor nos ensinou a usar o rendimento de uma máquina térmica para calcular o gasto calórico de algumas atividades físicas. Afinal, ele disse que:

$$R = \frac{W}{Q_H} \times 100\%$$

Onde  $R$  é o rendimento,  $W$  é o trabalho e  $Q_H$  é a energia disponível.

Suponha que você queria fazer uma caminhada de 5 km, num plano horizontal.

Basicamente, o trabalho que você precisa desenvolver se resume ao trabalho para vencer a força de atrito, ou seja:

$$W = F d = 400 \text{ kJ},$$

onde  $F$  é a força de atrito ( $f = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 80 \cdot 10 = 80 \text{ N}$ ) e  $d$  (5km) é o deslocamento .

Repare que o coeficiente de atrito ( $\mu$ ) usado foi de 0,1; a massa =80 kg e a aceleração da gravidade = 10m/s<sup>2</sup>.

Nesse caso, supondo que seu rendimento médio seja de 25% ou seja,  $R = 0,25$ , então  $Q_h$  será igual a 1600 kJ (4 vezes

mais energia do que a atividade física exige).

Em outras palavras, para um rendimento de 25%, cada caloria gasta em forma de trabalho requer 4 calorias de energia do nosso organismo.

Para ficar mais claro: se eu fizer uma caminhada que exija 500 kcal de energia mecânica, o meu corpo vai gastar quatro vezes mais energia química: 2000 kcal. E quanto menor o rendimento, mais o corpo vai gastar. Um atleta de alto rendimento pode gastar até 5 vezes mais energia do que a atividade em si requer.

A ordem do dia era: “mantenha-se com um rendimento baixo - o mais baixo possível.”

O professor dizia que o combustível era importante para o rendimento. Assim como um combustível de qualidade duvidosa diminui o rendimento de um carro, tornando-o menos eficiente, a nossa fonte de energia também pode contribuir para uma diminuição do rendimento.

Assim, para perda de peso, dê preferência aos **exercícios aeróbicos**, pois exigem a queima de gorduras através do oxigênio. Como vimos, embora a disponibilidade de energia nesse processo seja maior (já que há grande estoque), o rendimento do processo é bem menor e menos eficiente, garantindo o maior consumo de energia durante a atividade.

Já os **exercícios anaeróbicos** não utilizam oxigênio para a obtenção da energia e geralmente ocorrem nas atividades de curta duração e de baixa necessidade de energia.

A “queima” anaeróbica produz uma rápida quantidade de energia, muito útil quando queremos exercícios de explosão como musculação e corrida de curta distância.

Como se vê, nesse caso, o rendimento é maior e o gasto energético nas atividades é relativamente menor. Seria mais ou menos como utilizar álcool ou gasolina no nosso carro. No álcool, o carro fica mais potente, mas o rendimento é

menor (cerca de 30% menor). Na gasolina, embora haja perda de potência, o rendimento é muito maior.

## CAPÍTULO 12: “A TRANSPIRAÇÃO”

**V**oltando à escola, depois de ter experimentado as mais incríveis mudanças na minha vida, tanto físicas como emocionais, eu já não me sentia mais o mesmo garoto desajeitado de antes. O apelido continuava o mesmo, mas só para não perder o costume.

Os intervalos das aulas se tornaram especiais. Por um lado, eu não parava de olhar para a minha querida Aline - e ela correspondia. Por outro lado, eu estava me

tornando popular, e os meus colegas queriam ficar perto de mim.

Lembro da primeira vez em que eles me chamaram para jogar bola no intervalo (antes, eu é que implorava para jogar – mas nunca era escolhido por time nenhum).

Se antes eu tinha vergonha de tirar a camisa, agora eu ficava muito à vontade. Agora eu queria ser do time sem camisa.

Certa vez, eu estava jogando no time com camisa. O jogo foi tão intenso que eu fiquei todo suado.

Esses momentos de extremo suor me faziam lembrar das lições de termodinâmica.

Pela primeira lei da termodinâmica, eu sabia que ou a energia interna virava trabalho ou virava calor.

Se por um lado, o trabalho é útil para a mobilidade, por outro lado o calor se traduz, quase sempre, no aquecimento. E no meu caso, põe aquecimento nisso!

Como não conseguimos gastar toda energia produzida internamente durante as atividades físicas, a tendência seria o aquecimento do corpo. No entanto, o nosso corpo não foi projetado para ficar mais quente do que cerca de  $37^{\circ}\text{C}$ . Caso contrário, os processos metabólicos sofreriam danos irreparáveis, que provavelmente nos levaria a óbito.

Para sanar esse problema termodinâmico, nós transpiramos! Falando nisso, lembro das minhas aulas de calorimetria, mais especificamente do calor latente de ebulição.

Eu aprendi que cada grama de água, para evaporar, consome cerca de 540 calorias. Isso quer dizer que se nós transpirarmos, o suor sob nossa pele retirará 540 cal/g para evaporar, contribuindo para a redução de nossa temperatura corporal.

Eu já tive a curiosidade de me pesar antes e depois dos jogos de futebol. Em uma dessas ocasiões, após o jogo, eu estava quase 2 kg mais leve! Em outras

palavras, se esses 2 kg fossem apenas de água evaporada, eu teria tido uma perda calórica de 1.040 kcal!

Além disso, o Físico disse que o contrário também era verdade: o nosso corpo também não pode ficar muito frio.

Na verdade, a temperatura dele deve variar entre 33 e 37 graus, o que implica numa produção extra de energia para aquecimento e para a irradiação, quando necessário. É também por isso que usamos roupas de frio.

A título de exemplo, apenas por irradiação por infravermelho (IR), sem nenhuma roupa, o nosso corpo perde cerca de 10 W de energia para cada grau celsius de diferença de temperatura entre a nossa pele e o meio ambiente.

Ao nadar, a perda de energia pelo nosso corpo pode chegar a 50 W para cada grau celsius de diferença entre a nossa pele e a água (para temperaturas da água abaixo de 30°C).

Como ilustração, pense num atleta nadando numa piscina a 10°C. Esse atleta precisará de cerca de 1000W para se manter aquecido (10 vezes mais do que ele é capaz de produzir). Em pouquíssimo tempo ele irá sucumbir! Isso me fez lembrar do Jack e da Rose no filme *Titanic*.

Afora a questão da hipotermia, que pode matar, um atleta que faz atividades numa piscina mais fria (com temperatura entre 22 e 28°C), tenderá a gastar mais energia do que se estivesse em solo. Pense nisso ao escolher uma atividade física, pois se exercitar em ambientes mais frios potencializará o déficit calórico, facilitando-se a perda de massa corporal.

## CAPÍTULO 13: "O MEU NOVO EU"

**E**instein dizia que "loucura é querer resultados diferentes fazendo tudo exatamente igual". E eu concordo com isso. Antes de conhecer o físico, eu não sabia como alcançar o meu objetivo, não sabia nem por onde começar. Na verdade, eu estava acostumado com os rótulos que recebia e achava melhor não fazer nada a respeito.

Mas a grande lição que eu aprendi com tudo isso foi que se uma coisa não está dando certo, tente algo diferente. Não estava dando certo ser o "café com leite" da

escola, afinal, eu não gostava desse rótulo! Mas ficar de braços cruzados e cabeça baixa não me ajudava em nada.

Hoje eu vejo garotos e garotas andando por aí tristes, rotulados. Eles simplesmente não sabem a força que têm dentro de si.

Se algo não está bom para você, experimente mudar. Não espere que os outros mudem, deixem de fazer ou façam algo por você. Se você quer emagrecer, não espere um remédio mágico que faça todo o trabalho para você. Se você quer ganhar massa, também não espere alguma ação externa. Lembre-se, a vida é sua e você é o agente principal da sua mudança.

O esforço pessoal geralmente traz bons resultados! Mas se mesmo com esforço o resultado não aparecer, não desista, procure ajuda de um profissional de saúde especializado, porque pode ser que alguma correção hormonal seja necessária.

Portanto, amigo, não fique de braços cruzados. Eu não fiquei de braços cruzado

e vi a possibilidade de mudança bem diante dos meus olhos. Eu me agarrei com todas as forças nessa oportunidade.

Após receber o convite do físico a experimentar algo novo, eu aceitei. Quando ele me mostrou um jeito novo de me exercitar, eu topei. Mesmo achando que eu não tinha capacidade de aprender física, eu estudei e aprendi (pelo menos o suficiente). E qual foi o resultado?

Bem, o resultado costuma ser a cereja do bolo. No meu caso, eu venci a entropia nessa etapa da minha vida. Seguindo a entropia natural, minha vida estava cada vez mais desorganizada e aleatória, no entanto, com a ajuda do Físico eu voltei a ser o Juninho, me tornei popular e alcancei o meu objetivo: bíceps gigantes, barriga tanquinho e peitoral avantajado.

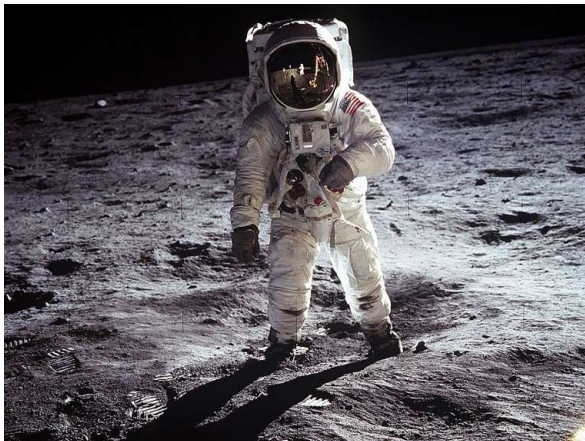
É verdade que eu ainda quero mais, mas o que eu já consegui me anima bastante.

Os meus objetivos podem não ser iguais aos seus. Eu queria um corpo

musculoso, mas isso não quer dizer que você também o queira. O importante é traçar objetivos pessoais e lutar para alcançá-los.

No meu caso, o esforço me ajudou a conquistar a garota dos meus sonhos e a me tornar um garoto popular. E agora?

Agora é traçar novos planos e alcançar novos objetivos! Quem sabe eu possa viajar pelo espaço como astronauta, ou me tornar médico e ajudar outras pessoas? Sonhar é necessário! Espero que você também consiga sonhar e lutar para alcançar os seus objetivos.



**FIGURA 9 HOMEM NA LUA. FONTE: NASA**

## REFERÊNCIAS

Bioimpedância para avaliação da composição corporal: uma proposta didático-experimental para estudantes da área da saúde, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 2

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, London, v.1, n.8476, p.307-10, 1986.

BOILEAU, R.A.; LOHMAN, T.G.; SLAUGHTER, M.H. Exercise and body composition in children and youth. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, Copenhagen, v.7, p.17-27, 1985.

GOBBO, L.A.; CYRINO, E.L.; PETROSKI, E.L.; CARDOS, J.R.; CARVALHO, F.O.; ROMANZINI, M.; AVELAR, A. Validação de

equações antropométricas para a estimativa da massa muscular por meio de absormetria radiológica de dupla energia em universitários do sexo masculino. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, São Paulo, v.14, p. 376-80, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termologia. v. 2, 8ª ed. Rio de Janeiro: TLC. 2007.

HARRIS, J.A., BENEDICT, F.G.A. Biometric Study of Human Basal Metabolism. PNAS Physiology 1918; 4: 370-373.

HARRIS., J.A., BENEDICT, F.G. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Boston: Carnegie Institution of Washington, 1919.

HEYWARD, Vivian H.; STOLARCZYK, Lisa M. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL APLICADA. Ed. Manole, São Paulo – 2000.

Ministério da Saúde. Atlas da obesidade infantil no Brasil. 2019. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/bvsm/resour>

<ce/pt/biblio-1342839>>. Acesso em 13/12/2022.

NAHAS, M. V. Atividade Física, Saúde e Qualidade de vida: Conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. - 5° Ed. Ver. E atual - Londrina: Midiograf, 2010.

National Research Council (NCR). Recommended Dietary Allowences. 10 ed. Washington, D.C., National Academy Press, 1989, 284p.

Nelson, David L.; Cox, Michael M. (2002). **Lehninger Princípios de Bioquímica**; traduzido por Arnaldo Antonio Simões e Wilson Roberto Navega. 3ª Ed. São Paulo.

SIRI, WILLIAM E. *Body Composition From Fluid Spaces and Density: Analysis of Methods*. Berkeley, California. UCRL-3349. 1956.

VASCONCELOS, F.A.G. Avaliação Nutricional de Coletividades. Santa Catarina: UFSC, 2000. p.123

VIDEIRA, A.A.P & EL-HANI, C.N. O que é vida? Para entender a biologia do século XXI. Faperj - Editora Relume Dumará. Rio de Janeiro, 2000.

World Obesity Federation. Atlas of Childhood Obesity. Outubro/2019.

Disponível em:

<https://www.worldobesity.org/membersarea/global-atlas-on-childhood-obesity>.

Acesso em 13/12/2022

## APÊNDICE

### 1- Metabolismo Do Corpo Humano

Os processos de transformação energética realizadas pelo corpo humano são extremamente complexos e demandam a descrição de múltiplos subsistemas que operam juntos e articulados e que resultam na obtenção de energia útil necessária para a manutenção da vida e a realização de atividades físicas.

A esses processos que objetivam a disponibilização de energia para o corpo humano denomina-se metabolismo. Em linhas gerais, o metabolismo celular é o conjunto de reações que ocorrem no ambiente celular

com o objetivo de sintetizar biomoléculas com o escopo de gerar energia. Segundo Nelson e Cox (2002), *litteris*:

“O

*metabolismo é uma atividade celular altamente coordenada na qual diversos sistemas multienzimáticos (via metabólica) atuam conjuntamente visando a quatro funções: 1) obter energia química, seja por captação de energia solar, seja por degradação de nutrientes ricos em energia obtidos do*

*meio ambiente; 2) converter as moléculas dos nutrientes em moléculas com características próprias de cada célula, inclusive os precursores das macromoléculas; 3) formar macromoléculas (...) e 4) sintetizar e degradar biomoléculas necessárias a funções celulares especializadas (...)* [Lehninger Princípios de Bioquímica (2002), pág. 379]

O metabolismo de síntese, ou reconstrução, de biomoléculas é conhecido como anabolismo, enquanto o processo de degradação de moléculas para a obtenção de energia denomina-se catabolismo.

O anabolismo ocorre quando a célula dispõe de energia e, para retê-la, sintetiza moléculas menores, que servirão de estoque de energia. No catabolismo, o processo é inverso, o organismo degradará moléculas, com o escopo de liberar parte da energia potencial armazenada. Independente do processo, é necessário a presença dos substratos essenciais ao metabolismo.

O grupo de substratos que possui função primordial para o

metabolismo são os compostos energéticos (carboidratos, lipídios e proteínas) que são degradados convertendo a energia das ligações químicas em energia térmica.

Entretanto, a liberação térmica não acontece de forma indiscriminada, pois poderia haver uma verdadeira incineração do meio celular caso cada molécula energética liberasse toda sua energia potencial, oriunda das ligações químicas, para o meio. Neste momento, entra em ação moléculas especializadas em captar esta energia térmica para liberá-la mais facilmente em etapas posteriores. A energia liberada no catabolismo presente na intimidade das ligações químicas é transferida para uma única molécula que passa a funcionar como uma moeda energética: a adenosina-tri-fosfato, ou ATP.

O ATP é formado a partir da adição de uma molécula de fosfato inorgânico ( $\text{Pi} = \text{HPO}_4^-$ ) a uma molécula de ADP (adenosina difosfato) em um processo endergônico, ou seja, com a formação de uma molécula que retirou calor do sistema reacional para poder ser sintetizada. (Vieira, 2003).

Este processo armazena uma energia potencial de aproximadamente 7,3

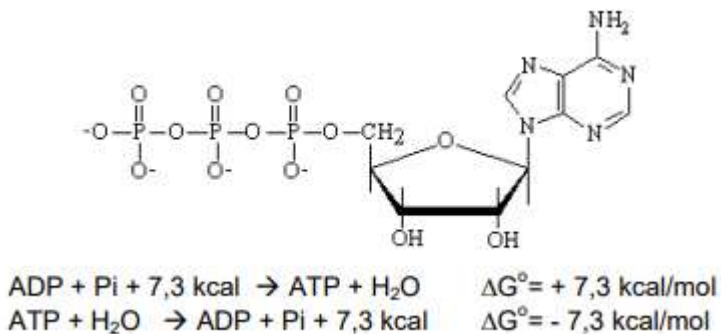


FIGURA 10 - A MOEDA DE ENERGIA ATP. FONTE VIEIRA (2003)

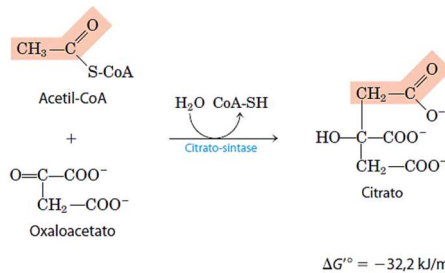
kcal/mol e é facilmente revertido (a ligação

química é quebrada) na presença de enzimas especializadas (ATPases), liberando a energia armazenada para o sistema reacional, num processo exergônico.

Em que pese não ser o ATP o único a fornecer calor para reações endotérmicas, há uma preferência do organismo humano em usar essa moeda única energética para os processos energéticos celulares.

Não se pode olvidar que o ATP não é considerado uma molécula eficiente como reserva energética, isto porque as moléculas de fosfato podem ser facilmente arrancadas, sendo, portanto, utilizadas predominantemente em reações que necessitem de liberações rápidas de energia.

Como assevera MOTTA (2005), as melhores moléculas de armazenamento real de energia são o amido, glicogênio e triglicerídeos que podem liberar a principal molécula precursora da síntese do ATP, a acetil-CoA (Figura 13). Esta molécula é responsável por iniciar o principal grupo de reações bioquímicas que desencadearão a síntese de ATP: o Ciclo de Krebs, com a cadeia respiratória acoplada



**FIGURA 11-A MOLÉCULA DE ACETIL-COA É INICIADORA DO CICLO DE KREBS.  
 FONTE: VIEIRA (2003)**

O acetil-CoA pode ser obtido de variadas maneiras, mas o metabolismo

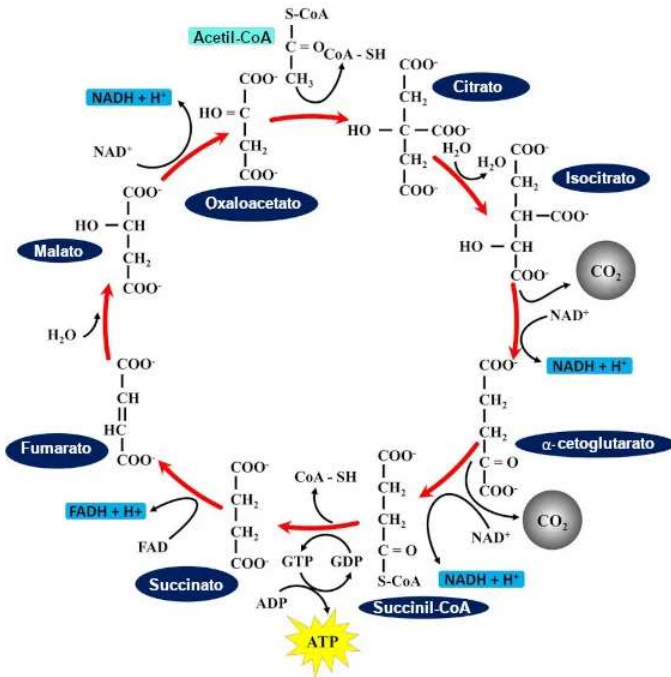
dos carboidratos constitui a principal via, sendo a glicose o principal representante. A degradação da glicose acontece em três etapas.

Primeiro, a glicose passa por um processo anaeróbico de dez etapas, chamado de glicólise, na qual a glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato, gerando um pequeno saldo de duas “moedas” de ATP.

Em seguida, com a  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos, o piruvato é convertido em Acetil-CoA, iniciando o ciclo de Krebs (figura 14), que opera em oito etapas distintas, cada uma catalisada por um enzima diferente que, ao final, produz mais duas “moedas” energéticas de ATP, além de liberarem gás carbônico e os compostos

NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo) e  $\text{FADH}_2$  (flavina-adenina dinucleotídeo).

Figura 12 ciclo de krebs. Fonte: Vieira (2003)



Na terceira e última etapa do processo, a chamada Fosforilação oxidativa,

elétrons presentes no NADH e no FADH<sub>2</sub> são transportados até o oxigênio por uma proteína chamada de Citocromos. Durante esse processo, os elétrons convertem energia cinética em calor, que é utilizado na síntese da água. Assim, o produto dessa terceira etapa é a formação de água e a liberação de mais 28 ATP. Ou seja, ao longo de todo processo de respiração celular, cada molécula de glicose pode gerar até 32 “moedas” de ATP.

Uma vez obtidas as moléculas de ATP, a partir do metabolismo celular, a extração de parte da energia armazenada na molécula poderá ocorrer com a liberação de um fosfato, num processo de hidrólise da molécula de ATP em ADP (difosfato de Adenosina). Desta forma, cada mol de ATP convertido em ADP (cerca de

507 gramas) pode liberar cerca de 7,3 kcal, ou 14,39 cal/g. Assim, considerando que cada grama de glicose pode gerar até 277 gramas de ATP, após as sucessivas reações químicas, obtemos a quantidade 4 kcal/g de carboidrato.

O ATP não é a única molécula capaz de receber e liberar energia térmica para as reações bioquímicas. A condição primordial para uma molécula ser considerada "altamente" energética é ter a capacidade de transferir grupamentos químicos durante reações bioquímicas, liberando a energia para o meio (reação exergônica). Este processo possibilita que os substratos da reação absorvam esta energia para a geração dos produtos (reação endergônica), com acoplamento entre esses dois tipos de reação. A tabela 1

relaciona as principais moléculas energéticas e os grupos químicos transferidos durante o processo exergônico ou catabólico.

*Tabela 2 Moléculas energéticas que participam de processo bioquímicos*

<b>MOLÉCULA ENERGÉTICA</b>	<b>GRUPO DE TRANSFERÊNCIA</b>	<b>EXEMPLO DE REAÇÕES QUE PARTICIPAM</b>
ATP (adenosina tri--fosfato) UTP (uridina-tri-fosfato) GTP (guanosina-tri-fosfato) Creatinina-fosfato	fosforil (Pi = fosfato inorgânico)	glicólise, cadeia respiratória, ciclo de Krebs, síntese da creatina
NADH (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo) NADPH (NAD-fosfato) FADH <sub>2</sub> (flavina-adenina-dinucleotídeo)	elétrons, hidrogênio	síntese do ácido láctico, cadeia respiratória, ciclo de Krebs
Acetil-Coenzima A (acetil-CoA)	grupo acil (cadeia carbonada)	ciclo de Krebs, β-oxidação, síntese de aminoácidos e lipídios
Biotina	CO <sub>2</sub>	ciclo de Krebs
Tetra-hidro-folato (THC)	carbono simples	síntese de aminoácidos
Tiamina-piriofosfato (TPP)	aldeído	ciclo de Krebs, síntese de acetil-CoA
S-adenosilmetionina (adoMET)	metil	síntese e degradação de aminoácidos
Uridina-bi-fosfato-glicose	glicose	síntese do amido e glicogênio

## 2- Poder Calórico Dos Alimentos

Em condições normais, a energia absorvida por via alimentar deve ser igual a energia gasta, diariamente, por um indivíduo, o que confere um equilíbrio energético relacionado a um balanço calórico alimentar, ou seja, uma quantidade tal de alimentos das três classes (energéticos, plásticos e reguladores) que proporcionem quantidades suficientes para as atividades metabólicas básicas do organismo sem deficiências ou excessos de energia significativos. Os alimentos energéticos fornecem a energia necessária para o corpo funcionar adequadamente. Eles incluem carboidratos, gorduras e proteínas. Os alimentos plásticos são responsáveis pela construção e reparação

dos tecidos corporais. Eles incluem proteínas e minerais. Por fim, os alimentos reguladores são responsáveis por manter o equilíbrio químico do corpo. Eles incluem vitaminas, minerais e fibras.

Segundo Vieira (2003), o gasto energético de um indivíduo pode ser medido colocando-se o indivíduo em uma câmara isolada onde sejam medidos perdas de calor e produtos excretados (metabólitos) em relação à alimentação e o consumo de oxigênio, onde um litro de  $O_2$  consumido equivale a 4,83 kcal de energia gasta.

Os carboidratos são a principal fonte energética do nosso corpo, fornecendo cerca de 4,2 kcal/g ao final do processo metabólico. Não se sabe, ao certo,

porque o nosso corpo dá preferência à utilização dos carboidratos como principal fonte energética. De acordo com Vieira (2003), uma possível explicação tem ligação com a evolução dos seres vivos: o fato dos carboidratos terem sido os compostos fotossintetizados por plantas que formam a base da cadeia alimentar. Ao realizarem a fotossíntese há conversão da energia eletromagnética proveniente da luz solar em energia química concentrada.

No entanto, os lipídios, embora mais energéticos (cerca de 9 kcal/g), são as fontes secundárias de energia do corpo humano. Os lipídios são compostos primários de reserva energética e seu acúmulo em excesso indica o abuso de calorias na alimentação de um indivíduo. Enquanto os carboidratos fornecem

energia imediata e suas consequentes reservas de glicogênio duram, no máximo, 24 horas, a partir do jejum absoluto, as reservas de lipídio podem fornecer energia ao corpo por vários dias.

Fornecendo cerca de 4,2 kcal/g, as proteínas são utilizadas somente de forma terciária para a produção de energia porém, possuem inúmeras funções biológicas que as fazem essenciais na alimentação, apesar de serem “desmontadas” em aminoácidos na digestão e sintetizadas, no fígado, em todas as proteínas plasmáticas. Portanto, a utilização de proteínas no metabolismo energético indica um certo desperdício de um substrato tão diferenciado em uma função básica como a produção de energia. Isto só se observa quando há

extrema carência energética na ausência de glicose ou lipídios disponíveis para o metabolismo energético ou quando há intensa atividade física.

É por isso que alimentos altamente proteicos são mais indicados (mas não são os únicos) numa dieta para a perda de peso, porque seus aminoácidos além de servirem como fonte de energia, também funcionam como matéria-prima para a síntese de proteínas do organismo. Além do mais, estes alimentos costumam ter digestão mais lenta, levando-se mais tempo e energia para a obtenção de ATP.

É importante também salientar que os músculos têm sistemas diferentes para gerar ATP. Estes sistemas trabalham juntos e em etapas. Logo, diferentes tipos

de exercício físicos utilizam diferentes sistemas.

A obtenção de ATP pelos músculos ocorre por meio de três sistemas bioquímicos distintos: 1- sistema fosfagênio (ATP-PC); 2- sistema anaeróbio láctico (Glicólise anaeróbia) e sistema aeróbio (Respiração aeróbica).

No sistema ATP-PC, uma célula muscular possui determinada quantidade de ATP que pode ser usada imediatamente, mas isto é suficiente para durar apenas cerca de três segundos. Para reconstituir rapidamente os níveis de ATP, as células musculares contêm um composto de fosfato altamente energético, chamado de fosfocreatina. O fosfato é extraído da fosfocreatina através da atuação da enzima

creatina fosfoquinase, e é transferido para o ADP para produzir novamente a nossa “moeda” de ATP. A célula transforma ATP em ADP e, rapidamente, o fosfato transforma o ADP de novo em ATP. Esse sistema do fosfato pode suprir as necessidades energéticas dos músculos em atividade, mas apenas por 8 ou 11 segundos.

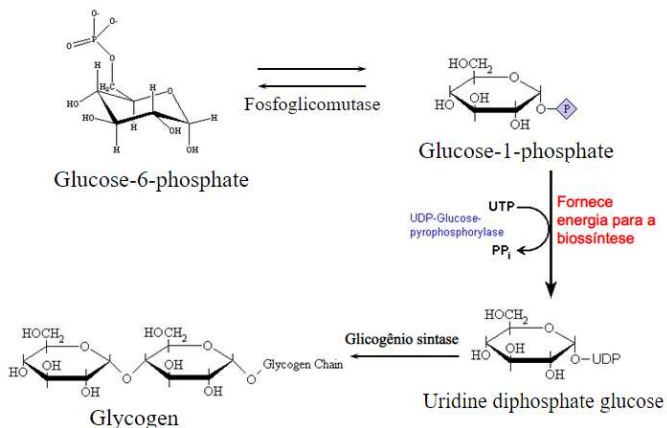


FIGURA 13 - GLICOGÊNESE. FONTE VIERA (2003)

No sistema anaeróbico láctico, os músculos usam suas reservas de um tipo de carboidrato complexo, formado de moléculas de glicose, chamado de glicogênio. A célula quebra o glicogênio em glicose que é usada para produção de “moedas” de ATP na ausência de oxigênio, gerando como subproduto o ácido láctico ou lactato. Daí, o lactato pode servir de substrato na síntese de glicose por meio de um processo denominado gliconeogênese (síntese de glicose a partir de substâncias novas), que pode fornecer energia por até 3 minutos de atividade física.

Além disso, entrará em ação o sistema aeróbico, que já mencionado anteriormente, pela via oxidativa, o ATP é formado na mitocôndria na presença de oxigênio a partir da oxidação de

carboidratos, lipídios e proteínas provenientes do próprio músculo ou da corrente sanguínea e os produtos gerados são ATP,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , radicais livres e calor.

O sistema oxidativo produz ATP em ritmo mais lento, mas pode continuar o fornecimento por muitas horas, contanto que o suprimento de combustível esteja presente.

## Referências do Apêndice

MOORE, W.J. (1962) **Physical Chemistry**. Londres: Longmanns Green and Co, 884p.

VILAR, L. (2021). **Endocrinologia Clínica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. cap. Dislipidemia e Obesidade, p. 71-79.

MONTEIRO C.A, MONDINI L., MEDEIROS A.L, POPKIN B.M. **The nutrition transition in Brazil**. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49:105-13.

Nelson, D. L.; C., Michael M. (2002). **Lehninger Princípios de Bioquímica**; traduzido por Arnaldo Antonio Simões e Wilson Roberto Navega. 3ª Ed. São Paulo.

VILAR, L. (2021). **Endocrinologia Clínica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. cap. Dislipidemia e Obesidade, p. 71-79.

World Obesity Federation. Atlas of Childhood Obesity. Outubro/2019. Disponível em: <https://www.worldobesity.org/membersarea/global-atlas-on-childhood-obesity>. Acesso em 13/12/2022.

Ministério da Saúde. Atlas da obesidade infantil no Brasil. 2019. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/bvsmms/resource/pt/biblio-1342839>>. Acesso em 13/12/2022.