



o que é

Alicia Kowaltowski

METABOLISMO?

como nossos corpos transformam
o que comemos no que somos



oficina de textos

o que é *Alicia Kowaltowski*
METABOLISMO?

como nossos corpos transformam
o que comemos no que somos

Copyright © 2015 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

CONSELHO EDITORIAL Arthur Pinto Chaves; Cylon Gonçalves da Silva;
Doris C. C. K. Kowaltowski; José Galizia Tundisi;
Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene; Rozely Ferreira
dos Santos; Teresa Gallotti Florenzano

Capa MALU VALLIM

Imagem da capa GIUSEPPE ARCIMBOLDO

Projeto gráfico MALU VALLIM

Preparação de figuras e diagramação ALEXANDRE BABADOBULOS

Preparação de texto HÉLIO HIDEKI IRAHA

Revisão de texto PAULA MARCELE SOUSA MARTINS

Impressão e acabamento INTERGRAF IND. GRÁFICA EIRELI

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Kowaltowski, Alicia
O que é metabolismo? : como nossos corpos
transformam o que comemos no que somos / Alicia
Kowaltowski. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

Bibliografia
ISBN 978-85-7975-197-4

1. Metabolismo I. Título.

15-09655

CDD-616.39

Índices para catálogo sistemático:

1. Metabolismo : Fisiologia humana 616.39

Todos os direitos reservados à OFICINA DE TEXTOS
Rua Cubatão, 959 CEP 04013-043 São Paulo-SP – Brasil
tel. (11) 3085 7933 fax (11) 3083 0849
site: www.ofitexto.com.br
e-mail: atend@ofitexto.com.br



Apresentação

A Dra. Alicia Juliana Kowaltowski concluiu sua graduação em Medicina em 1997 e seu doutorado em Bioquímica em 1999, ambos pela Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Retornou de seu pós-doutorado no Oregon Graduate Institute, nos Estados Unidos, para assumir a posição de professora assistente doutora de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), mediante aprovação em concurso público. Sua grande habilidade para o ensino e para a formação de discípulos, sua liderança na formação de equipe e sua excelente *performance* no desenvolvimento de projetos de pesquisas inovadoras propiciaram seu rápido progresso na carreira científica, bem como importantes premiações nacionais e internacionais.

Atualmente é professora titular de Bioquímica do Instituto de Química da USP e desenvolve projetos de pesquisa voltados para a compreensão das relações entre dieta, estresse oxidativo e envelhecimento. Pesquisa intervenções capazes de regular a geração mitocondrial de radicais livres e os resultados dessas intervenções sobre a saúde e o envelhecimento. Com essa experiência científica e habilidade na transmissão de conhecimentos, ninguém melhor que Alicia poderia escrever, em uma linguagem tão acessível e agradável, sobre o *que é metabolismo*.

Em um momento em que grande parte da população mundial tem estilo de vida sedentário e fácil acesso a alimentos naturais ou industrializados, muitos com sabores artificiais e aditivos que

umentam sua palatabilidade, o livro da Dra. Alicia permite que o leitor compreenda com facilidade os motivos da grande incidência mundial de doenças metabólicas, que incluem obesidade, diabetes tipo II, dislipidemias e patologias cardiovasculares e neurovasculares, entre outras. Sem perder a fundamentação científica, o texto é de leitura fácil e apresentado num formato de perguntas e respostas que estimula o leitor a entender os problemas que atingem a si mesmo ou pessoas da sua família, escola ou comunidade.

A autora explica, com grande propriedade e simplicidade, como os alimentos que ingerimos são convertidos nas moléculas que constituem o nosso organismo e em energia na forma química de ATP, a moeda energética da célula. Descreve com didática a regulação do metabolismo por hormônios e a existência de mecanismos que conferem a pessoas diferentes a propriedade de aproveitar com maior ou menor rendimento a energia contida nos alimentos. Ensina que pessoas com maior rendimento no aproveitamento da energia respiratória dissipam menos energia na forma de calor e têm maior tendência a acumular o excesso de alimentos na forma de gordura. A obra esclarece ainda que a habilidade dos seres humanos em engordar facilmente tem raízes evolutivas, comportamentais e, principalmente, metabólicas. Concluindo o texto, a autora explica, com espírito crítico e fundamentação científica, tanto os efeitos benéficos como os indesejáveis das dietas populares, dos antioxidantes e das suplementações nutricionais utilizados atualmente. Portadora de impecável formação humanística, a Dra. Alicia transmite, com ética e competência, a importância para o desenvolvimento científico de modelos experimentais de microrganismos a mamíferos, tais como *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, o verme *Caenorhabditis elegans*, o rato albino (*Rattus norvegicus*) e os camundongos (*Mus musculus*).

Anibal Vercesi

Professor Titular da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp



Prefácio

Para uma cientista como eu, explicar o que fazemos, estudamos e procuramos compreender por meio de nossos processos investigativos é uma tarefa complicada. A característica intrínseca do ser humano de ter curiosidade sobre o mundo, procurando compreendê-lo e modificá-lo de modo abrangente e profundo, levou-nos a criar um corpo de conhecimento sobre o nosso universo que é tão extenso que não pode atualmente ser compreendido por completo por nenhum de nós individualmente. Em vez disso, o conhecimento se encontra espalhado entre especialistas das mais diferentes áreas e depositado em publicações científicas, que hoje são produzidas na assustadora velocidade de mais de um milhão ao ano.

Num cenário desses, explicar as hipóteses, achados e visões futuras do meu grupo de pesquisa para outros cientistas de áreas bem semelhantes à nossa já não é tarefa fácil. Porém, é algo para o qual estamos muito bem preparados, pois o fazemos sempre e somos treinados para isso desde que começamos nossa formação científica. Tal troca de informações entre cientistas é essencial para o progresso científico e o ganho de conhecimento de qualidade. Por outro lado, explicar o que fazemos para pessoas de outras profissões, com formações diversas, não faz parte do nosso dia a dia e, de modo errôneo, raramente é algo para o qual nos preparamos em nossa formação.

Mas como não aceitar esse desafio? Como não querer pelo menos tentar transmitir para nossos amigos, parentes e pessoas inte-

ressadas parte do conhecimento que trabalhamos tanto para construir? Na realidade, trata-se de mais do que um desafio, constitui uma necessidade e um dever: as pessoas têm o direito de compreender, pelo menos de forma geral, aquilo que fazemos. E é importante que entendam, porque somente assim podem se proteger de informações errôneas e distorcidas, muitas vezes apresentadas de maneira a parecer científicas, que infelizmente se divulgam com muita frequência dentro da minha área de atuação, o metabolismo energético.

Ao mergulhar nesse desafio, além de explicar o que é metabolismo, espero ter transmitido neste livro um pouco do meu fascínio pelo estudo dessa rede altamente complexa de reações químicas que consistem no metabolismo e definem o que é um ser vivo, capaz de transformar o mundo à sua volta. Um resultado desse processo já posso considerar um sucesso: eu certamente (e um pouco surpreendentemente) aprendi muito sobre a área em que atuo ao escrever este texto. Ao me forçar a discutir o que fazemos com uma linguagem acessível, este livro me fez revisitar conceitos básicos e dados que muito acrescentaram ao meu conhecimento e compreensão.

Tenho pessoas demais a quem agradecer nominalmente, mas digo que este livro não teria sido possível se não fosse pela minha família, que me formou como pessoa, pelos meus supervisores, que me formaram como cientista, pelos meus colegas e colaboradores, que me mantiveram interessada e focada, e pelos espetaculares alunos e membros do meu grupo de pesquisa, atuais e pregressos, que me mantêm em processo contínuo de aprendizado.

Alicia Kowaltowski
São Paulo, 23/9/2015



Sumário

1.	Nós somos aquilo que comemos?	11
2.	O que não mata, engorda	21
3.	Mitocôndrias: as baterias das células	31
4.	Com vitaminas e sais minerais	45
5.	Uma breve história do oxigênio, um gás vital, mas tóxico	53
6.	Queimando fosfato	67
7.	São meus hormônios!	73
8.	Doenças metabólicas	83
9.	Um agradecimento aos organismos-modelo	91
10.	Considerações finais: não somos hoje o que fomos ontem	103
	Referências bibliográficas	107



Nós somos aquilo que comemos?

Em 1614, o médico e cientista italiano Santorio Santorii (1561-1636) publicou os resultados de um trabalho exaustivo em que ele detalhadamente descreve como, durante três décadas, todos os dias, pesou tudo o que comeu, bebeu e eliminou (como urina e fezes), além do seu próprio corpo. Sua obsessão por pesar tudo surgiu porque ele descobriu, mas não conseguiu explicar, que grande parte do que comemos aparentemente some de modo misterioso dos nossos corpos, não sendo eliminado como fezes ou urina. Realmente, hoje é bem estabelecido que o ser humano saudável consome, em média, cerca de 1.300 g (1,3 kg) de alimento sólido (sem contar bebidas) todos os dias e elimina aproximadamente 300 g desse alimento por meio das fezes (Bingham; McNeil; Cummings, 1981; USDA, 2003). Sobra, portanto, 1 kg de alimento que não é eliminado. O que acontece com esse quilograma de alimento que entra nos nossos corpos todos os dias? Obviamente não permanece ali, pois pessoas saudáveis não engordam 1 kg por dia!

A maior parte dos alimentos que comemos é transformada na energia que nos mantém vivos, capazes de pensar, movimentar-nos e manter nossos corpos funcionando. Essa produção de energia acontece predominantemente nas mitocôndrias, pequenas vesículas dentro de nossas células que agem como baterias ou pilhas biológicas, extraindo energia dos alimentos por meio de reações bioquímicas e fornecendo-a às células.



O que não mata, engorda

É uma verdade metabólica da qual não temos como escapar: os seres humanos são muito eficientes em armazenar qualquer alimento ingerido em excesso na forma de gorduras. Mas por que nossos corpos conspiram contra nós, levando-nos a acumular essas gordurinhas tão indesejadas?

A habilidade da maioria dos seres humanos de engordar facilmente (discutiremos as exceções, pessoas com “metabolismo acelerado”, no Cap. 3) tem raízes evolutivas, comportamentais e, principalmente, metabólicas. Do ponto de vista comportamental, a visão negativa da presença de gorduras no corpo é recente e tende a ser um exagero em relação ao que é cientificamente comprovado. É claro que, como confirmado por muitos trabalhos científicos sérios e cuidados, ser obeso está associado ao surgimento de várias doenças indesejáveis. Por outro lado, a expectativa de vida de pessoas muito magras, como muitas modelos, é menor que a da população com distribuição de gorduras normal. Ou seja, ser magro ao extremo também não é desejável da perspectiva médica, por mais que muitos almejem esse padrão estético.

Do ponto de vista evolutivo, temos que lembrar que foi somente no século XX que a expectativa de vida média passou de 45 anos. Além disso, foi apenas nesse curto período de nossa história que uma grande parte dos seres humanos passou a ter acesso praticamente irrestrito a comida sem ter que praticar exercícios físicos para obtê-la, cultivando e/ou caçando seus alimentos, pois eles



Mitocôndrias: as baterias das células

Em 1933, um grupo de cientistas liderado por Maurice Tainter, da Stanford University, na Califórnia, publicou os resultados do tratamento de animais laboratoriais e também de nove pacientes humanos obesos com uma nova droga contra a obesidade, o dinitrofenol. Para desenvolver a ideia de que o dinitrofenol poderia ajudar pessoas obesas a emagrecer, o grupo se inspirou no fato de que trabalhadores industriais expostos a esse composto, que é usado na síntese de explosivos, tintas e vernizes, entre outros, perdiam peso (Colman, 2007). Ainda de acordo com esse autor, os cientistas mostraram que os pacientes que tomaram dinitrofenol perderam, sem mudar a alimentação, cerca de 1 kg por semana. Mas não fique logo entusiasmado com essa informação, pois, como discutiremos a seguir, essa aparente droga milagrosa não é nada boa!

Em uma época em que os ensaios clínicos e a distribuição de medicamentos para o público geral ainda não sofriam controle restrito por órgãos governamentais, os resultados do trabalho de Tainter ficaram rapidamente conhecidos e se difundiram. Estima-se que apenas um ano depois já havia cem mil norte-americanos usando o dinitrofenol para a perda de peso, o que aconteceu principalmente pela facilidade de seu uso e por seu baixo custo e aparente eficiência. No entanto, estudos com animais laboratoriais feitos pelo próprio grupo de Tainter comprovaram que a diferença entre uma dose efetiva, que causava perda de peso, e uma dose letal dessa droga era muito pequena. Hoje, sabemos que um medicamento

4

Com vitaminas e sais minerais

A indústria de suplementos nutricionais e vitamínicos movimenta perto de US\$ 70 bilhões anualmente no mundo. De fato, é quase impossível encontrar alguém que não tenha, em algum momento da vida, tomado um suplemento vitamínico. Mas o que são vitaminas? O que são os ditos sais minerais? Onde no metabolismo esses compostos atuam? Será que ajudam a engordar ou a emagrecer?

Vamos destrinchar melhor o papel desses compostos aqui, começando pelos tais sais minerais. Esse é um nome que engloba uma série de substâncias inorgânicas, ou seja, que não contêm átomos de carbono na sua composição, presentes no solo e na água. Esses compostos são absorvidos pelas plantas e, por consequência, por nós, predominantemente ao comer essas plantas. Os sais minerais são compostos vitais para nossos corpos e vários deles são centrais para que nosso metabolismo funcione adequadamente, apesar de existirem em baixas quantidades dentro de nós.

Um mineral essencial para o metabolismo é o ferro, um dos elementos químicos mais abundantes na superfície terrestre, mas que compõe menos de 0,01% do corpo humano. A maioria de nós tem consciência da importância do ferro, abundante em carnes, sementes, nozes e folhas verdes escuras, para nos tornar fortes e evitar a anemia. Mas como, exatamente, esse elemento do grupo dos metais de transição atua nos nossos corpos? O ferro tem várias funções, sendo a maioria delas relacionada à ligação do oxigênio e ao trans-



Uma breve história do oxigênio, um gás vital, mas tóxico

Como vimos anteriormente, as mitocôndrias são capazes de gerar ATP de modo muito eficiente por meio da fosforilação oxidativa, um processo dependente de oxigênio. Sabemos, instintivamente, o quanto o oxigênio é vital devido à necessidade contínua de respirar, levando esse gás, presente no ar que nos cerca, para nossas células. A quantidade de oxigênio inspirado é enorme: um ser humano normal inala cerca de 11.000 litros de ar por dia (sim, onze mil), o que corresponde a 2.310 litros de oxigênio entrando nos nossos corpos todos os dias (o oxigênio ocupa cerca de 21% do ar na atmosfera terrestre).

A vasta maioria desse oxigênio é usado pelas mitocôndrias no processo de fosforilação oxidativa, visto anteriormente, que é essencial: sem a presença do oxigênio e da fosforilação oxidativa, não somos capazes de produzir nenhuma energia a partir de lipídeos e proteínas. Carboidratos podem gerar um pouco de ATP por um processo independente de oxigênio (a fermentação láctica, que acontece nos nossos músculos durante exercícios intensos), mas o saldo total é menos de 10% daquele obtido na presença de oxigênio. O resultado é que, sem oxigênio, nossas células sofrem uma grave crise energética. Possuem moléculas ricas em energia química armazenadas, mas não são capazes de usá-las para gerar ATP, a fonte de energia para a maioria dos processos que requerem trabalho nas nossas células (discutiremos o ATP com mais detalhes no Cap. 6). Sem energia não há vida e, portanto, sem oxigênio não podemos viver.



Queimando fosfato

Nos dizeres populares, pensar profundamente em algo é “queimar fosfato”, enquanto se pode fazer algo pouco inteligente por “faltar fosfato”. Aqueles entre nós que têm alguns anos de experiência de vida a mais podem se lembrar das recomendações antigas para crianças tomarem suplementos com fosfato, que se dizia serem bons para o cérebro. Esses dizeres populares têm uma base, mesmo que um bom tanto esquivada, no ATP, uma molécula que contém fosfato e até agora foi apresentada aqui apenas como sendo rica em energia e a fonte de energia para processos biológicos, incluindo fazer o cérebro ser capaz de pensar. Vamos agora entender melhor o que significa isso, discutindo um pouco as propriedades dessa molécula, que é absolutamente central para toda a vida.

Para ter uma ideia da importância do ATP, cada um de nós, com atividade física moderada, gasta e produz de novo ATP equivalente ao peso do próprio corpo todos os dias. É isso mesmo: uma pessoa de 70 kg produz cerca de 70 kg de ATP diariamente. Não há mágica aqui: não se percebe essa produção porque também gastamos a mesma quantidade de ATP nesse período, degradando-o à molécula de ADP e ficando, portanto, sempre com a mesma quantidade de ATP total. O mais espantoso é que um ser humano médio não tem tanto ATP assim no seu corpo: são menos de 300 g dessa molécula no total. Isso significa que, para produzir 70 kg de ATP por dia, cada molécula de ATP é degradada a ADP e depois reconstituída a ATP, principalmente nas nossas mitocôndrias,

Mas por que nossas células usam ATP como fonte de energia e não aproveitam diretamente aquilo que nós comemos? Afinal, há energia química nos carboidratos, proteínas e lipídeos. Se não houvesse, eles não poderiam ser usados para produzir ATP, pois formar uma ligação química rica em energia requer energia.

O problema de usar os nutrientes diretamente como forma biológica de energia é que nos alimentamos de uma gama muito variada de moléculas contendo energia química, e temos um enorme número de processos celulares que precisam de uma fonte de energia. Imagine como seria complicado se cada processo que precisasse de energia tivesse que evoluir para usar cada tipo de alimento. Pior ainda seria se houvesse uma mudança ambiental e de padrão alimentar: um processo necessário que usasse energia poderia deixar de ocorrer, pois não haveria mais o tipo de nutriente específico que esse processo usava anteriormente. Em vez disso, a evolução desenvolveu a mesma solução que nós, como sociedade, criamos quando percebemos que o escambo era pouco prático: o ATP é uma espécie de *moeda energética* das nossas células.

O processo funciona da seguinte maneira: a energia química contida nos alimentos é transformada em energia química contida no ATP dentro das nossas células por meio do processo de fosforilação oxidativa nas mitocôndrias, como já vimos anteriormente (Fig. 6.2). O ATP então é transportado para fora das mitocôndrias e, ainda no interior da célula, pode ser aproveitado para realizar qualquer uma das atividades celulares que precisam de energia para acontecer. Quais são essas atividades? Basicamente tudo o que fazemos. Só para listar algumas: produzir moléculas grandes, como proteínas, para repor as que se degradam, transportar para dentro da célula coisas úteis, como nutrientes, e tirar elementos indesejados, realizar a contração muscular, levando à movimentação física ou ao bombeamento do coração, e até mesmo o ato de



São meus hormônios!

Uma explicação que se ouve muito quando as pessoas ganham mais peso do que desejam é que se trata de um problema hormonal, e não de excessos na alimentação e/ou da falta de exercícios físicos. Será que é meramente uma desculpa ou é verdade?

A resposta não é absoluta. Como vimos anteriormente, é verdadeiro que há diferenças hormonais entre as pessoas e até na mesma pessoa em diferentes fases da vida, fazendo-as ter maior ou menor dificuldade para engordar. Por isso, qualquer ganho ou perda de peso fora de padrões normais deve ser relatado para um médico para maior investigação individual. Por outro lado, embora seja verdade que mudanças hormonais podem alterar o ganho e a perda de peso, é também inquestionável que não é possível engordar se não houver ingestão de calorias maior do que o gasto calórico. Nós não somos como as plantas, capazes de usar o gás carbônico do ar para sintetizar moléculas; precisamos comer para poder produzir gorduras e acumulá-las. Desse modo, independentemente das flutuações hormonais individuais que possam existir, na tentativa de perder peso sempre valerá o bom e velho “coma menos, gaste mais”.

Embora tenham um efeito limitado a essa regulação, ainda é um efeito importante e, portanto, é fundamental saber quais os principais hormônios que modulam nosso metabolismo, para que possamos compreender como funcionam e também por que, em algumas pessoas com doenças metabólicas, não funcionam adequadamente. Doenças que envolvem falhas na regulação meta-



Doenças metabólicas

A descoberta da leptina trouxe grande esperança para a indústria farmacêutica, pois era exatamente aquilo que quase todos querem na sociedade moderna: uma molécula capaz de diminuir a fome, evitando que se coma demais e se engorde. Porém, apesar de conhecermos a leptina há 20 anos e de sabermos que ela pode ser usada terapêuticamente em seres humanos sem grandes efeitos indesejados, duvido que alguém já tenha visto leptina à venda como tratamento para a obesidade. Por que não aproveitar um hormônio tão eficaz? Uma empresa que vendesse um medicamento assim certamente teria lucro!

O motivo de não usar leptina para controlar a fome e tratar medicamentosamente a obesidade é que, embora seja um hormônio altamente eficaz em promover a diminuição da fome em pessoas normais e em camundongos que não produzem a leptina, ela infelizmente não funciona bem em pessoas obesas. O problema da maioria das pessoas obesas não é como o dos camundongos que têm falta de leptina no seu sangue. Aliás, essas pessoas até têm excesso de leptina, pois possuem muito tecido adiposo (muitas “gordurinhas”) e, portanto, produzem muito esse hormônio, cuja produção é proporcional à quantidade de gorduras acumuladas. O problema com pessoas obesas é que elas podem se tornar resistentes à leptina: seus cérebros recebem o hormônio do sangue, mas não respondem a ele. Desse modo, independentemente de terem leptina no sangue, não há diminuição da sensação de fome, controlada pelo cérebro.



Um agradecimento aos organismos-modelo

Em vários momentos neste livro, comentamos sobre estudos em animais e até em organismos muito diferentes de nós, como batatas, que permitiram entender mais o metabolismo humano. A verdade é que a grande maioria do nosso conhecimento sobre como funciona o metabolismo humano vem de estudos com outros organismos. Isso é possível porque biologicamente e metabolicamente temos muitas semelhanças com outros seres vivos na Terra, sendo mais parecidos com aqueles que são nossos parentes mais próximos, mas guardando algumas características em comum até mesmo com nossos parentes mais distantes.

Seria impossível estudar metabolismo só em seres humanos: teríamos que constantemente retirar pedaços de tecidos de pessoas e submetê-las a testes que seriam minimamente questionáveis do ponto de vista ético. Em vez disso, usamos organismos-modelo, incluindo animais-modelo. Deve-se ressaltar que o argumento comumente apresentado de que hoje é possível fazer experimentos usando apenas células em cultura é falso por vários motivos: nem sempre é possível cultivar todos os tipos de tecido humano (neurônios, por exemplo, não se reproduzem em cultura celular), células em cultura necessariamente são diferentes das originais, pois se não fossem não sobreviveriam em cultura (muitas são modificadas geneticamente, inclusive por vírus, para se tornarem “imortalizadas” e, assim, reproduzirem-se indefinidamente em cultura), e o cultivo de células em si as modifica, pois essas células crescem de modo diferente em termos metabólicos.



Considerações finais: não somos hoje o que fomos ontem

Cabelos crescem, nós os cortamos e eles continuam crescendo até ficarem compridos de novo. Entre o crescimento e os cortes, o aspecto geral do seu cabelo permanece muito parecido (a não ser que você mude o corte), mas é claro que o cabelo que decora a sua cabeça hoje não é, do ponto de vista molecular, o mesmo que estava lá no ano passado. Essa troca constante das moléculas capilares é fácil de compreender porque podemos notar seu crescimento acontecer, com a saída das moléculas da raiz de cada fio de cabelo promovendo o aumento do seu comprimento. Mas esse processo de troca das moléculas individuais com manutenção do aspecto geral não é exclusivo de tecidos que crescem. Isso está acontecendo a todo momento, em todas as células do nosso corpo, e tem um nome científico, que é a manutenção do *estado estacionário*.

Manter o estado estacionário significa, de modo muito simplificado, manter o aspecto momentâneo igual por meio do controle da entrada e saída de moléculas, de modo que sua quantidade e localização final se mantenham. Por causa da manutenção do estado estacionário, do ponto de vista molecular, nós não somos hoje o que fomos há um ano e até mesmo há um mês, mas parecemos os mesmos, porque estamos constantemente trocando átomos e moléculas com o ambiente, reconstruindo moléculas e repondo as que são degradadas com outras estruturalmente semelhantes.

Por que vemos uma incidência cada vez maior de doenças metabólicas, como obesidade e diabetes? Por que certas pessoas têm mais facilidade para engordar? Dietas, suplementos nutricionais e antioxidantes são realmente eficazes?

Quando falamos de corpo humano e alimentação, é comum nos depararmos com diversas dúvidas e um número ainda maior de respostas, muitas vezes com informações errôneas ou distorcidas. *O que é metabolismo?* alia uma linguagem clara e acessível a conceitos científicos sólidos, explicando os princípios por trás dos processos metabólicos de forma agradável e com exemplos cotidianos.

Ao ajudar a compreender o que são radicais livres, ATP, hormônios ou doenças metabólicas, a obra traduz conceitos fundamentais nos dias de hoje, mas pouco compreendidos na prática, em uma leitura instigante e esclarecedora, permitindo que o leitor não apenas defina uma dieta equilibrada e hábitos saudáveis, mas entenda efetivamente como essas escolhas influem na prevenção de doenças e numa maior expectativa de vida.

ISBN 978-85-7975-197-4



9 788579 751974

