

CONSIDERAÇÕES SOBRE CARBOIDRATOS E FIBRA

*Franco M. Lajolo,¹ Elizabete Wenzel de Menezes¹
e Tullia M. C. C. Filisetti-Cozzi¹*

Faculdade de Ciências Farmacéuticas
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

RESUMO

Os carboidratos da dieta compreendem duas frações: uma digerível e utilizável como fonte de energia (carboidratos simples e complexos) ao lado de outra, considerada como não aproveitada pelo organismo humano (fibra).

Os dados sobre efeitos metabólicos dos carboidratos simples são insuficientes e não podem ser extrapolados para populações, pela falta de estudos epidemiológicos, não sendo aconselhável fazer recomendações. A ingestão de um percentual fixo de calorias provenientes de açúcares simples é questionável para países em desenvolvimento, devido à deficiente ingestão calórica, hábitos culturais e diferenças regionais de consumo e de atividade física.

Ao se falar em recomendações para carboidratos complexos deve-se levar em consideração que o aproveitamento desses carboidratos está relacionado com uma série de fatores inerentes ao indivíduo e ao alimento, havendo variabilidade do aproveitamento conforme as diferentes fontes.

A fração fibra é definida como sendo um conjunto de vários componentes envolvendo desde estruturas teciduais, restos celulares e moléculas de natureza química mais ou menos complexa que não são digeridos; porém, sua utilização pelo organismo pode dar-se, parcialmente, após ação de bactérias intestinais. Não está ainda bem definida quimicamente, mas é constituída, principalmente, de polissacarídeos (celulose, hemicelulose e pectinas), lignina e produtos de reação entre os diversos componentes dos alimentos.

Os efeitos causados pela fibra como: controle de ingestão de alimentos, alteração do trânsito gastro-intestinal, ação no nível de colesterol sanguíneo, glicemia e insulinemia pós-prandial, flatulência e alteração na biodisponibilidade de nutrientes são decorrentes de um conjunto de propriedades físicas inerentes aos componentes químicos que a constituem.

A interferência na absorção de nutrientes toma-se prejudicial, principalmente, nas

Manuscrito original recebido: 31-5-88.

¹ Depto. Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacéuticas, Universidade de São Paulo, Ciudad Universitaria, Caixa Postal 30786, CEP 01051, São Paulo, Brasil.

populações que ingerem quantidades de alimentos abaixo das necessidades energéticas, porém, com altos teores de fibra. Esse efeito pode ser mais significativo durante o crescimento, gestação e em idosos e deve ser considerado quando se pensa em recomendações dos vários nutrientes.

Além dos aspectos fisiológicos da fibra o seu conhecimento preciso é importante para o cálculo do valor calórico real dos alimentos, principalmente, por duas razões: a) o teor de "fibra bruta" (como obtido no passado por digestão ácida/alcalina) leva a superestimar o teor de carboidratos quando calculados por diferença; b) a fibra pode alterar a utilização de polissacarídeos de vários alimentos, efeito demonstrado através do "índice glicêmico".

O estabelecimento de recomendações torna-se difícil, uma vez que em geral, faltam dados sobre sua ingestão, composição, efeitos fisiológicos e estudos epidemiológicos. Porém, em uma avaliação preliminar, na maioria dos países da América Latina, há um grande consumo de alimentos de origem vegetal e, conseqüentemente, é de se esperar uma ingestão adequada de fibra.

INTRODUÇÃO

Analisando-se as causas de mortalidade nas Américas, tem-se observado que nos países em desenvolvimento, onde as condições de saneamento e assistência médica são precárias (1), as principais causas de mortalidade decorrem de doenças infecciosas e parasitárias. Por outro lado, nos países desenvolvidos estão associadas, principalmente, a doenças do sistema circulatório ou degenerativas, como o diabetes e outras (2).

Em muitos países é elevado o número de crianças que não atingem 5 anos de idade; no Perú e Bolívia esta percentagem está ao redor de 10 a 15%; no Brasil, Colômbia, Equador de 5-10%; na Venezuela, Argentina, Chile, Guianas, EUA, Canadá, Uruguai é menor, de 0-5% (3).

A alimentação e a saúde estão intimamente associadas. Há muito tempo já se suspeitava de uma relação causal entre a má nutrição e doenças e, recentes observações epidemiológicas, clínicas e anatomopatológicas vem confirmado que as carências nutricionais aumentam o risco de infecções (4). A duração, a gravidade e a frequência das doenças infecciosas comuns e das diarreias sofrem um aumento considerável nas populações desnutridas (5). O sarampo, por exemplo, é mais grave e prolongado nas crianças desnutridas, nas quais, frequentemente é mortal (6).

Desta forma, se consideramos as deficiências nutricionais como uma agravante das doenças infecciosas e parasitárias, a ingestão inadequada de alimentos, pode ser considerada como uma das principais causas de mortalidade nos países em desenvolvimento.

Segundo dados da FAO (7) (Tabela 1), pode-se observar que nos países mais desenvolvidos das Américas há um excessivo consumo de calorias *per capita*, devido principalmente a elevada ingestão de alimentos de origem animal. Já, nos países em desenvolvimento observa-se que as principais fontes calóricas são de origem vegetal, observando-se na verdade em alguns países uma ingestão calórica total insuficiente para cobrir as necessidades diárias.

No Brasil, por exemplo, a deficiente ingestão de calorias está relacionada com as condições sócio-econômicas dos indivíduos. Um estudo sobre consumo alimentar realizado em 1974 (8) detectou que em todas as

TABELA 1

SUPRIMENTO CALORICO *per capita* DIARIO, SEGUNDO REGIÃO,
NO PERIODO DE 1981 A 1983

	Total	Produtos vegetais	Produtos animais
América do Sul	2590	2122 (82 ^o /o)	469 (18 ^o /o)
Argentina	3195	2216 (69 ^o /o)	979 (31 ^o /o)
Bolívia	2061	1715 (83 ^o /o)	345 (17 ^o /o)
Brasil	2564	2175 (85 ^o /o)	389 (15 ^o /o)
Chile	2662	2221 (83 ^o /o)	440 (17 ^o /o)
Colômbia	2543	2175 (86 ^o /o)	368 (14 ^o /o)
Equador	2052	1682 (82 ^o /o)	370 (18 ^o /o)
Guiana Francesa	2609	1814 (70 ^o /o)	795 (30 ^o /o)
Guiana	2334	2059 (88 ^o /o)	275 (12 ^o /o)
Paraguai	2817	2287 (82 ^o /o)	530 (18 ^o /o)
Perú	2150	1866 (87 ^o /o)	284 (13 ^o /o)
Suriname	2421	2076 (86 ^o /o)	345 (14 ^o /o)
Uruguai	2706	1684 (62 ^o /o)	1021 (38 ^o /o)
Venezuela	2664	2102 (79 ^o /o)	562 (21 ^o /o)
América do Norte e Central*	3330	2342 (71 ^o /o)	989 (29 ^o /o)
Canadá	3421	2140 (63 ^o /o)	1280 (37 ^o /o)
Guatemala	2189	1993 (91 ^o /o)	196 (9 ^o /o)
México	2966	2559 (86 ^o /o)	407 (14 ^o /o)
Panamá	2305	1865 (81 ^o /o)	440 (19 ^o /o)
EUA	3647	2367 (65 ^o /o)	1280 (35 ^o /o)

* Alguns países das regiões. FAO, 1986 (7).

regiões e grupos sociais da população brasileira há uma ingestão de um mesmo conjunto básico de alimentos (carne, óleo, feijão, arroz, açúcar, trigo), ocorrendo porém uma restrição quantitativa de consumo em função da classe social. A ingestão calórica diária, nas famílias que percebem menos que um salário mínimo é de cerca de 1,910 kcal (9). Atualmente, 33^o/o da população (46 milhões de indivíduos) encontra-se nestas condições de renda (10) acreditando-se que essa parcela de indivíduos tenha a mesma ingestão calórica observada em 1974 ou até inferior, dada a crise econômica da última década.

Na verdade a ingestão calórica real pode ser ainda inferior devido dificuldades de interpretação causados por inadequação de metodologia empregada para quantificar o teor de carboidratos e de fibra dos alimentos, falta e inadequação de dados sobre consumo alimentar, problemas da diluição intra familiar, estado geral de saúde, estados fisiológicos, etc.

Paralelamente, deve ser considerado também o consumo excessivo de calorias, principalmente de origem animal em centros urbanos dos países em desenvolvimento (11), a exemplo do observado nos países desenvolvidos (7) (Tabela 1). Esses padrões de consumo alimentar podem estar

relacionados com as altas taxas de mortalidade decorrentes de problemas do sistema circulatório e doenças degenerativas (2).

Muitas das recomendações nutricionais para prevenção dessas doenças enfatizam primeiramente, a necessidade da diminuição da ingestão de gorduras sem aumentar a de proteínas, e posteriormente preconizam um aporte adequado de carboidratos, recomendando-se um aumento na ingestão de carboidratos complexos e fibra, e limitada ingestão de açúcar refinado (12). Entretanto, deve-se analisar nessas recomendações quais são os benefícios reais associados ao aumento desses carboidratos complexos, qual deve ser sua proporção na dieta e quais são os tipos de carboidratos ideais, considerando a situação nutricional e de consumo alimentar da América Latina.

Portanto, as recomendações nutricionais devem considerar as duas faces do problema, de um lado o déficit calórico e do outro o excesso de calorias. Essa diversidade de problemas, existentes entre os diferentes países e mesmo dentro de um único país, caracteriza a problemática da América Latina em contraste com a de países desenvolvidos.

Neste trabalho para efeito da discussão do tema os carboidratos serão tratados em grupos da seguinte maneira:

1. Carboidratos envolvendo os carboidratos complexos (amido) e os simples (glicose, galactose, sacarose e lactose).
2. Fibra compreendendo (celulose, hemicelulose, pectina, lignina).

CARBOIDRATOS

Carboidratos Complexos

Tradicionalmente, do ponto de vista nutricional os carboidratos eram divididos em carboidratos simples ou aqueles que podem ser rapidamente absorvidos e os carboidratos complexos, que são absorvidos mais lentamente por necessitarem de enzimas digestivas. Atualmente, porém sabe-se que essas diferenças entre os efeitos metabólicos dos carboidratos simples e complexos não são tão definidas, havendo substancial sobreposição de efeitos (13). Esse fato tem considerável importância em dietoterapia.

Por volta de 1970, estabeleceu-se que o comprimento da cadeia de polímeros de glicose não era de importância na determinação da resposta glicêmica. Wahlqvist *et al.*, por exemplo (14), verificaram respostas semelhantes nos níveis sanguíneos de glicose e insulina ao administrarem em humanos glicose ou então vários polímeros de diferentes comprimentos da cadeia.

Recentemente, tem-se observado que os carboidratos complexos de diferentes fontes são digeridos com velocidades variadas. As leguminosas são normalmente digeridas mais lentamente *in vitro* e produzem reduzidas respostas glicêmicas *in vivo*. Já, os cereais produzem efeitos opostos (15). Menezes e Lajolo (16), verificaram uma correlação entre a digestibilidade *in vitro* e *in vivo* de diferentes fontes de carboidratos consumidos pela população brasileira.

Com a finalidade de se predizerem os efeitos fisiológicos dos diferentes alimentos fontes de carboidratos, Jenkins *et al.* (17) introduziram o

conceito de Índice Glicêmico (IG) que procura comparar os alimentos em termos de resposta glicêmica que provocam. Muitos alimentos foram classificados como produtores de baixos índices glicêmicos (18) (Tabela 2), sendo considerados promissores no tratamento de hiperlipidemias e diabetes (19). O índice é definido da seguinte forma:

$$IG = \frac{\text{Glicose sanguínea dos alimentos}}{\text{Glicose sanguínea do padrões de carboidratos}} \times 100$$

TABELA 2
ÍNDICE GLICÊMICO¹

100% ^o	50 – 59% ^o	40 – 49% ^o
Glicose	Macarrão (branco) Sacarose	Macarrão Batata (doce) Feijão (enlatado) Laranja Suco laranja
80 – 90% ^o		30 – 39% ^o
Cenoura Batata (purê instantâneo) Maltose Mel		70 – 79% ^o
		Ervilha Maça Leite desnatado Leite integral Iogurt Sopa tomate
70 – 79% ^o		20 – 29% ^o
Pão (inteiro) Arroz (branco) Batata		
60 – 69% ^o		
Pão (branco) Arroz (integral) Biscoito de água Banana		Feijão Lentilha Frutose
		10 – 19% ^o
		Soja Soja (enlatada)

1 Modificada de Jenkins (18). A autorização para o uso desta Tabela, originalmente publicada em *Am. J. Clin. Nutr.*, 34: 362-366, 1981, foi dada pelo autor.

Inúmeros são os fatores que podem ocasionar para cada alimento as diferentes respostas glicêmicas (Tabela 3). São de grande importância os tipos de fibras presentes; por exemplo, as fibras solúveis, que formam soluções viscosas com o conteúdo líquido das refeições tendem a diminuir a velocidade do esvaziamento gástrico e, conseqüentemente, causam

TABELA 3

FATORES QUE AFETAM DIGESTIBILIDADE DO AMIDO¹

Forma do alimento
Tamanho da partícula
Natureza do amido: <ul style="list-style-type: none">Conteúdo de amiloseConteúdo de amilopectinaGrau de gelatinizaçãoProcessamento
Interação amido-nutriente
Tipo de fibra
Fatores anti-nutricionais: <ul style="list-style-type: none">FitatosLectinasTaninosSaponinasInibidores enzimáticos

1 Jenkins, 1986 (23). A autorização para o uso da Tabela, originalmente publicada em *Nutr. Revs.*, 44(2): 1986, foi dada pelo autor.

menor elevação dos níveis de insulina e glicose pós-prandiais (20). A relação amilose-amilopectina nas diferentes fontes de amido afeta também sua digestibilidade; o consumo de arroz que contém 23-25% de amilose produz menor índice glicêmico do que aquele cujo amido seja pobre em amilose (21). Efeitos semelhantes são observados com as leguminosas que contém 30-40% de amilose, enquanto que a maior parte dos alimentos contém somente 25-30%. Esse efeito pode ser explicado pela maior área superficial da amilopectina o que facilita o ataque de enzimas digestivas (22). Outros fatores também devem ser considerados, como a presença de substâncias anti nutricionais, forma física do alimento e da partícula de amido, interação entre amido e nutrientes, forma de processamento e preparo (23).

Estas observações ilustram a complexidade dos fatores que interferem na digestibilidade dos carboidratos complexos, determinando as diferentes respostas glicêmicas. Esses fatores associados a outros necessitam de maiores investigações e devem ser considerados ao se pensar em recomendações nutricionais.

No Brasil, por exemplo, cerca de 56% das calorias ingeridas são provenientes de alimentos ricos em carboidratos complexos (cereais, tubérculos e leguminosas). Já, a nível regional, observa-se uma grande variabilidade no tipo de carboidrato consumido (Tabela 4). Desta forma, pode-se prever diferentes teores de amido digerível com diferenciado aproveita-

TABELA 4

CONSUMO ALIMENTAR NO BRASIL, 1974¹

	Total		Nordeste		Sul	
	Calorias o/o	Glícides g	Calorias o/o	Glícides g	Calorias o/o	Glícides g
Cereais	38	175	27	169	41	209
Tubérculos	8	43	26	120	6	35
Açúcar e derivados	13	72	11	54	13	80
Leguminosas	10	34	17	56	9	37
Legumes e verduras	1	5	0.5	2	0.9	5
Frutas	2	10	1.8	9	1	9
Carnes e pescados	9	0.2	9	0.2	8	0.2
Ovos, leites, óleos	18	8	7	5	19	9
Bebidas	1	4	0.5	2	1	4

Calorias totais (kcal): Total = 2,098; NE = 1,928; SUL = 2,418.

1 Modificada de Fibge (8).

mento calórico dos alimentos, conforme a região em estudo. A aplicação desses conceitos é mais importante quando há na dieta uma elevada percentagem de carboidratos provenientes de leguminosas (feijões) que tem digestibilidade e índice glicêmico reduzidos.

Esse fato possivelmente pode ser estendido para toda a América Latina, pois sua dieta engloba diferentes tipos e alimentos com variadas preparações.

Carboidratos Simples

Os efeitos adversos do consumo de carboidratos simples, particularmente a sacarose, sobre a saúde são contraditórios e pouco conclusivos, exceto para cárie dentária. O informe FAO/OMS de 1980 (24) concluiu que etiologia da cárie dentária é multifatorial sendo profundamente influenciada pela dieta. Embora não seja possível quantificar o efeito do consumo de açúcar sobre a incidência da cárie dentária, está evidenciado que o consumo médio de 80 g/dia de açúcares nos EUA contribue significativamente para sua incidência (25). Esta relação positiva não está baseada somente na quantidade de carboidratos simples ingeridos, mas também na frequência de ingestão, na forma do açúcar consumido e no tempo de permanência na cavidade oral (24). Se considerarmos neste contexto, a inexistência de hábitos de higiene bucal pode-se acreditar que o açúcar seja uma agravante significativo na incidência de cárie dentária.

Discute-se também, a existência de uma relação direta entre consumo de carboidratos simples e obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes (24, 26). Nos países industrializados os Guias Nutricionais recomendam a redução do consumo de sacarose e de outros açúcares. A Suécia restringe essas recomendações para no máximo 10% das calorias diárias totais

ingeridas (27). Por outro lado, o FDA em 1986 (25) não evidenciou outros riscos para a saúde além da cárie dentária e resolveu não modificar os níveis considerados seguros (generally recognized as safe) para carboidratos simples de 1976, considerando aceitável o consumo ao redor de 80 g/dia de carboidratos simples totais (exceto lactose), o que corresponde a 53 g/dia sacarose, para o povo norte americano.

No Brasil, baseados nos dados de consumo alimentar de 1974 (8), observa-se uma ingestão média de 72 g sacarose/dia, sendo de 54 g nos estados da região Nordeste e de 80 g nos da região Sul, com uma ingestão calórica total de 1,928 e 2,418 kcal, respectivamente (Tabela 4). Segundo o desaparecimento de açúcares do mercado interno brasileiro (produção - exportação) x fator desperdício (0.66), estima-se que o consumo *per capita* diário, esteja atualmente ao redor de 80 g. Sendo que a percentagem de calorias provenientes de sacarose está ao redor de 130/o. Devido a deficiente ingestão calórica observada, inclusive com variações regionais, e como a atividade física dessa população é bastante diferenciada da dos países industrializados, pode-se questionar a utilização dessa percentagem fixa de calorias, provenientes de carboidratos simples. A mesma crítica vale para outros países em desenvolvimento da América Latina.

Além das poucas informações disponíveis sobre o consumo total de carboidratos e sobre os tipos de carboidratos simples ingeridos menos ainda se tem conhecimento dos efeitos metabólicos de cada um desses carboidratos (fructose, glicose, galactose e sacarose) (26).

Recente Congresso realizado em Portugal, sobre Dieta e Saúde (28) resume os principais efeitos metabólicos destes açúcares, mostrando que a administração sacarose pode aumentar os níveis de triglicérides no jejum, sem afetar o nível de colesterol (29). Sugere-se que dietas ricas em açúcares, pelo menos em glicose, promovam aumento da quantidade de ácidos graxos e desenvolvimento da obesidade em animais experimentais (30).

A frutose ou sacarose são mais trigliceridêmicas do que a glicose e o amido, sem alterar os níveis de colesterol sérico (31).

Existem inúmeros fatores que afetam as respostas metabólicas à dieta de carboidratos. Dentre estes estão: o sexo, tipo de gordura ingerida associado aos carboidratos, suscetibilidade do consumidor, proteína da dieta, espécie do animal em estudo. Estas variáveis devem ser controladas para que não haja distorção na interpretação dos resultados (28).

Desta forma, torna-se difícil transformar os resultados dos efeitos metabólicos observados pela ingestão de carboidratos simples, em recomendações nutricionais, pois embora se verifiquem à nível experimental importantes resultados metabólicos, muitas vezes estes não foram evidenciados do ponto de vista epidemiológico ou em humanos.

Con relação a composição e caracterização química dos diferentes tipos de carboidratos nos alimentos, evidencia-se uma deficiência de dados confiáveis, os quais, são decorrentes em grande parte de problemas metodológicos que ainda não foram completamente solucionados. A própria necessidade de se realizarem essas análises mais complexas para confecção de tabela de composição, é um assunto que merece uma reflexão mais profunda, inclusive dentro desta Reunião. Certamente, em termos de pesquisa básica sim, mas em termos de pesquisa aplicada, cabe uma interrogação.

O PROBLEMA "FIBRA"

Historicamente a fibra dos alimentos tem sido vista como uma substância inerte e indigerível e que provocava um efeito negativo na nutrição humana e animal (32). Hoje em dia há evidências concretas de que os polissacarídeos, que constituem a maior parte da fibra, não são inertes e afetam fisiologicamente o sistema digestivo de muitas maneiras e, inclusive após a sua digestão no intestino grosso (33).

Vários pesquisadores tem sugerido que a falta de fibra na dieta é um dos fatores que contribue para o aparecimento de uma série de alterações no intestino grosso e de doenças cardiovasculares (34). Essas descobertas provocaram um aumento no interesse do estudo desses componentes da dieta. Apesar de um grande número de pesquisas realizadas nos últimos 15 anos, questões básicas sobre sua química, ação fisiologica e aspectos epidemiológicos não foram ainda satisfatoriamente esclarecidas. Parece ainda prematuro julgar sua importância na saúde e estabelecer recomendações de ingestão diária, principalmente para nossas populações.

Tem-se verificado pela literatura que não existe uma correlação muito clara entre a ingestão de fibra e a incidência de doenças cardiovasculares e do intestino. Esses fatos são, parcialmente, causados pela falta de concordância na definição do que seja fibra e, parcialmente, pelas distintas metodologias utilizadas para sua determinação e para avaliação da ingestão de alimentos (35).

Natureza da Fibra

A fibra dos alimentos não tem, ainda, uma definição precisa podendo incluir carboidratos não disponíveis (36), resíduos indigeríveis (37) e ser a soma de polissacarídeos e lignina não digeríveis pelas secreções endógenas do trato gastrointestinal de humanos (Tabela 5) (38).

A maior parte da fibra de uma dieta é derivada da parede celular dos vegetais (39, 40). Os polissacarídeos não digeríveis, apesar de constituírem a maior parte da parede celular e do cimento intercelular, estão associadas, também, a outras substâncias (41). Em alguns casos, a associação é física e em outros essas substâncias estão covalentemente ligadas a esses polissacarídeos. As substâncias associadas como proteínas, cutina, suberina, compostos inorgânicos, oxalatos, fitatos, lignina e substâncias fenólicas de baixo peso molecular, são consumidas juntamente com a fibra e irão, conseqüentemente, interferir na estrutura química e por sua vez nos seus efeitos fisiológicos (42).

Vários outros compostos contidos nos alimentos como carboidratos (lactulose, lactose, amido e rafinose) proteínas e produtos de reação formadas durante o processamento (por exemplo: compostos de Maillard e amido retrogradado) podem também estar incluídos na fração fibra e conseqüentemente, provocar efeitos fisiológicos no organismo (43, 44).

O conteúdo de fibra está, também, relacionado com o grau de desintegração do alimento durante o processamento ou mesmo pela mastigação, dificultando ainda mais a sua real avaliação (22, 43). É importante assim, além de se conhecer a quantidade de fibra consumida conhecer-se, também, a sua forma física.

TABELA 5

CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DOS COMPONENTES DA FIBRA¹

Fibra	Componentes químicos	
	Cadeia principal	Cadeia lateral
Polissacarídeos		
Celulose	Glicose	Ausente
Hemicelulose	Xilose Manose Galactose Glicose	Arabinose Galactose Ac. glicurônico
Pectinas	Ac. galacturônico	Ramnose Arabinose Xilose Fucose
Mucilagens	Galactose-manose Glicose-manose Arabinose-xilose Ac. galacturônico-ramnose	Galactose
Polissacarídeos de algas	Manose Xilose Ac. glicurônico Glicose	Galactose
Gomas	Galactose Ac. glucurônico-manose Ac. galacturônico-ramnose	Xilose Fucose Galactose
Lignina	Alcool sinapílico Alcool coniferico Alcool p-cumarílico	Estrutura tri-dimensional

1 Adaptada de Schneeman, B. O. (45). A autorização para o uso desta Tabela, originalmente publicada em *Food Technol.*, 40: 104-110, 1986, foi dada pelo autor.

Efeitos Fisiológicos

Certas respostas fisiológicas do organismo humano provocadas pela ingestão de alimentos ricos em fibra podem estar relacionadas com as suas propriedades químicas e físicas. Na Tabela 6 podemos ver resumidamente algumas destas respostas. Os efeitos incluem um aumento do bolo fecal, diminuição na disponibilidade de nutrientes, redução dos níveis de coles-

TABELA 6

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DECORRENTES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DAS FRACÕES DE FIBRA¹

Fração de fibra	Propriedades físicas	Resposta fisiológica
Polissacarídeos	Degradação por bactérias	Produção de ácidos graxos de cadeia curta, flatulência e acidez
Polissacarídeos com grupos polares	Capacidade de se ligar à água	Efeito na absorção de nutrientes, peso fecal, e velocidade de trânsito no estômago e intestino delgado
Lignina Pectina Polissacarídeos ácidos	Absorção de compostos orgânicos	Ligação e excreção de ácidos biliares
Polissacarídeos ácidos	Troca iônica	Aumento da excreção de minerais

1 Baseada na referência (45). A autorização para o uso desta Tabela, originalmente publicada em *Food Technol.*, 40: 104-106, 1986, foi dada pelo autor.

terol sanguíneo e redução na resposta glicêmica de determinadas dietas (45).

Controle da ingestão

Não há estudos conclusivos que mostrem (46) que a fibra da dieta tenha um efeito no controle da ingestão dos alimentos. Porém, o conteúdo de fibra modifica sua forma física e talvez isso seja um dos fatores responsáveis pelos efeitos na saciedade. Esse aspecto deve ser considerado com cuidado quando se pensa em nutrição infantil e na elaboração de alimentos dietéticos.

Efeitos no metabolismo dos carboidratos

Formas purificadas de fibra solúvel, administradas isoladamente, tem um efeito bem documentado (47) no índice glicêmico, na insulinemia e nos hormônios intestinais. Essas mudanças, porém, são menos acentuadas quando a fibra está incorporada nos alimentos e dos poucos estudos crônicos efetuados, a maioria foi realizada em indivíduos diabéticos faltando informações para indivíduos normais. Parece, também, que as propriedades físicas do alimento (tamanho de partícula, viscosidade e processamento) e os fatores antinutricionais (ácido fítico, ácido tânico, lectinas, saponinas e inibidores de enzimas) podem ser de igual importância no controle do teor de insulina e glicose no sangue (48).

Efeitos no metabolismo dos lipídios

A substituição de alimentos de origem animal por alimentos ricos em fibra podem reduzir, diretamente, a ingestão de calorias, colesterol e gorduras (49). A fibra por outro lado pode, também, modificar o metabolismo dos lipídios de uma forma direta interferindo na absorção dos lipídios ou indiretamente, alterando a absorção da glicose ou mesmo inibindo a ação das lipases presentes no lumen intestinal. Pesquisas realizadas em nosso Departamento mostraram uma diminuição dos triglicerídeos circulantes e colesterol e uma alteração do perfil relativo de determinadas lipoproteínas no sangue, quando dietas a base de feijão eram fornecidas a ratos (50).

Efeitos no intestino grosso

O processo "digestivo" da fibra é completado no ceco e no colon através da fermentação dos carboidratos e de outros resíduos não digeríveis, por meio da flora anaeróbica do intestino (51); os principais substratos para a fermentação estão relacionados na Tabela 7.

Hoje em dia, muitos estudos confirmam o que já foi observado a 100 anos ou mais, de que os polissacarídeos residuais podem ser degradados em parte pelo intestino grosso, sendo que o grau de hidrólise varia conforme o tipo da fibra (51).

Essa fermentação leva à formação de ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético, propiônico, butírico, isobutírico e isovalérico), vários gases, fenóis, amônia e aminas (52, 53). Os ácidos graxos de cadeia curta são absorvidos e contribuem no metabolismo energético restando até 3 kcal/g de carboidratos fermentado. A fibra é um substrato importante utilizado na fermentação e conseqüentemente na produção de energia (52). A subestimação no cálculo energético da dieta vegetal, em países em desenvolvimento, normalmente rica em fibra, pode ser de importância em situações de reduzida ingestão calórica. Por outro lado, um aumento na excreção fecal de lipídios e proteínas, provocada pela elevada ingestão de fibra, pode anular esse efeito (54, 55). No intestino delgado, estudos mostram não haver praticamente degradação desses polissacarídeos residuais (51).

Os produtos resultantes da fermentação da fibra podem alterar o metabolismo da flora intestinal e os ácidos produzidos afetarem alguns processos metabólicos do intestino grosso, incluindo a absorção de sais, pH, e mesmo função das células epiteliais (56, 57) e peristaltismo.

Alimentos ricos em fibra acarretam, também, um aumento da massa fecal em diferentes graus, havendo diversos mecanismos que contribuem para isso: maior retenção de água, aumento de bactérias (como conseqüência direta do aumento na quantidade de fibra fermentável), presença de resíduos de fibra não degradável, tipo de fibra, etc. (45).

Há evidências, embora incompletas, de que a fibra protege contra doenças do intestino grosso, particularmente a diverticulose. Contudo, nos estudos epidemiológicos feitos, a dieta continha alto teor em fibra, não tendo sido, porém, caracterizados os tipos de fibra presentes (58).

Estudos fisiológicos em humanos mostram, claramente, efeitos definidos no funcionamento do intestino grosso, alguns dos quais, podem

TABELA 7

SUBSTRATOS POTENCIAIS PARA FERMENTAÇÃO¹

A — Carbohidratos

1. Amido
2. Polissacarídeos não disponíveis (PND)²
3. Açúcares não absorvidos
4. Rafinose, estaquiase
5. Polidextrose
6. Celulose modificada

B — Proteína

1. Dieta
2. Endógena (por ex.: enzimas pancreáticas)

C — Outros

1. Glicoproteína intestinal
2. Mucopolissacarídeos

-
- 1 Baseada na referência (51). A autorização o uso desta Tabela, originalmente publicada em *Am. J. Clin. Nutr.*, 45: 1243-1255, 1987, foi dada pelo autor.
 - 2 PND = Polissacarídeos não disponíveis.

ser interpretados como um mecanismo protetor contra certas doenças (58).

Nenhum estudo recusa a hipótese de que a fibra protege contra certas alterações do intestino, embora tenha-se verificado que nenhuma dessas doenças pode ser epidemiologicamente explicada só pela variação na ingestão de fibra. Existem muitas dificuldades em se relacionar qualquer componente da dieta, sozinho, com desenvolvimento de doenças crônicas.

Efeitos Adversos

A fermentação da fibra no intestino grosso leva a produção de gases, podendo acarretar desconforto em determinados indivíduos (59).

Alimentos ricos em fibra (Tabela 8) podem provocar, também, uma redução na absorção de cátions bivalentes como Zn^{+2} , Fe^{+2} , Mg^{+2} e Ca^{+2} (60). Parece que o prejuízo na absorção de minerais, provocado pela fibra, é devido em sua maior parte à associação com ácido fítico, e outros fatores como compostos polifenólicos podem também estar envolvidos. Alimentos vegetais ricos em fibra são, também, ricos em minerais e elementos traço; porém, a sua biodisponibilidade deve ser avaliada (61).

De uma maneira geral, parece que o efeito da fibra, em relação a absorção de minerais, é importante quando as dietas são deficientes nesses nutrientes, como ocorre em maioria dos países Latino Americanos onde a dieta é principalmente de origem vegetal. Esse efeito da fibra pode ser

TABELA 8

EFEITO DA FONTE DE FIBRA NA ABSORÇÃO DE MINERAIS¹

Fonte de fibra	Efeitos na absorção do mineral
Trigo (no pão)	Absorção reduzida de Ca, Mg, P
Farelo de trigo	Absorção reduzida de Ca, levando a um balanço negativo; diminuição na absorção de Fe
Arroz não polido	Diminuição da absorção de Ca, Mg, mas melhora com o tempo
Pectina	Nenhum efeito no balanço de Ca, Zn, Cu e Fe
Celulose	Nenhum efeito no Cu, Mg ou Zn; aumento na excreção de Ca, P, Fe e Mg
PND ² (frutos vegetais)	Efeito variável
Hemicelulose (psyllum)	Absorção de Mg diminuída, efeitos fracos no Cu e Zn

1 Adaptada de Southgate (61). A autorização o uso desta Tabela, originalmente publicada em *Am. J. Clin. Nutr.*, 45: 1256-1266, 1987, foi dada pelo autor.

2 PND = Polissacarídeos não disponíveis.

mais acentuado quando associado a estados fisiológicos, principalmente durante o crescimento, gestação e nos idosos. O aumento de ingestão de fibra, preconizado por alguns países desenvolvidos (61), não tem o mesmo significado, uma vez que os indivíduos consomem quantidades adequadas desses nutrientes.

Algumas pesquisas mostram que elevada ingestão de fibra vem acompanhada de um aumento na excreção fecal de nitrogênio (54, 55). Parece que as proteínas associadas à fibra dos alimentos naturais são menos digeríveis devido à sua íntima associação com a matriz da membrana celular vegetal (24). Há algumas indicações de que a fibra pode interferir, também, na atividade de enzimas proteolíticas (62, 63).

Um aumento de ingestão de fibra, em populações que ingerem quantidades insuficientes de proteína pode levar a um balanço de nitrogênio mais baixo prejudicando, ainda mais, o estado nutricional desses indivíduos (24).

Indivíduos com sinais clínicos de má absorção devem evitar alimentos ricos em fibra, os quais podem diminuir a absorção de nutrientes em detrimento ao estado de saúde do indivíduo.

Estudos com animais mostram que a forma purificada de fibra leva a mudanças na arquitetura e na reposição das células das vilosidades, principalmente do intestino delgado; porém, nenhum estudo foi realizado em humanos, sendo que essas observações devem ser consideradas para trabalhos futuros (64).

Dificuldades Analíticas

Durante muitos anos a fibra dos alimentos era chamada de "fibra bruta" o resíduo alimentar de origem vegetal que restava após uma digestão a quente com ácido e base diluídos (32). O resíduo resultante, porém, fornece valores muito baixos de fibra, principalmente devido ao tratamento enérgico não fisiológico, utilizado no esquema analítico.

Atualmente, a fibra vem sendo analisada por um dos três procedimentos analíticos descritos abaixo:

– Fibra Detergente Neutro foi desenvolvido originalmente por Van Soest e McQueen (65) e modificado quando aplicado a alimentos, uma vez que, determinados componentes dos alimentos (amido, proteína, e gordura) interferem em sua metodologia. A fração solúvel da fibra, constituída principalmente de pectina, não pode ser determinada por esse método de análise. Tem, porém, a vantagem de ser um método relativamente rápido e útil para determinar o conteúdo de celulose e hemicelulose e lignina.

– O procedimento desenvolvido por Southgate *et al.* (66) e posteriormente modificado por Englyst (67-69), consiste em uma série de extrações, removendo as frações de fibra individualmente. Após a hidrólise das frações os monossacarídeos são determinados por cromatografia gás-líquida ou através de um procedimento colorimétrico mais rápido. Apesar desse método ser demorado e difícil, o detalhe analítico que esse método fornece é de grande importância para se entender, em parte, a variabilidade das respostas fisiológicas induzidas por diferentes tipos de fibra.

– O método desenvolvido por Hellendoorn, Noordhoff e Slagman (70) é um procedimento enzimático-gravimétrico que determina o resíduo não digerível do alimento pelas enzimas digestivas. Esse resíduo contém uma mistura de outras substâncias incluindo lignina, taninos, produtos de Maillard, etc. Esse método foi modificado por Asp *et al.* (71) e por Prosky *et al.* (72), sendo esse último aprovado pela AOAC. O método consiste em uma remoção enzimática do amido e proteína partindo-se de um alimento previamente desengordurado. O resíduo resultante é pesado e corrigido em seu conteúdo de cinza e proteína residual. Embora de rápida execução esse procedimento não determina os componentes individuais que constituem a fibra. O método nos fornece, também, os valores de fibra solúvel e insolúvel separadamente.

A Tabela 9 mostra o conteúdo de fibra de alguns alimentos, determinado por diferentes métodos analíticos e incorporado nas tabelas de composição centesimal. Em alguns casos observamos variações de até 10 vezes entre as determinações de "fibra bruta" e fibra total para um mesmo alimento. Isso mostra a necessidade urgente de se estabelecer uma metodologia adequada para a determinação desse componente da dieta.

As Tabelas de Composição dos Alimentos, disponíveis na maioria dos países da América Latina, fornecem teores de fibra determinados pelo método de "fibra bruta" acarretando, nesse caso, uma subestimação no cálculo de seu consumo e, por outro lado, uma superestimação no cálculo de consumo de carboidratos totais por diferença e, conseqüentemente,

TABELA 9

COMPARAÇÃO ENTRE OS TEORES DE FIBRA EM DIFFERENTES
SISTEMAS ANALITICOS (°/o EM BASE SECA)

Alimento cru	Métodos		
	Fibra bruta (75)	Fibra detergente neutro (67)	Fibra total (67)
Trigo integral	2.9	8.5	11.8
Farinha centeio integral	2.2	—	23.0*
Batata inglesa	1.9	10.8	8.7
Farinha de mandioca	2.0	—	6.3*
Feijão Carioca	4.9	—	19.3
Alface	13.7	14.1	26.0
Couve	6.9	16.0	32.6
Couve-flor	9.4	14.0	27.0
Repolho	11.6	12.1	27.2
Tomate	9.7	17.6	29.6
Pepino	8.7	16.0	28.5
Beterraba	8.2	8.8	15.9
Celoba	6.7	4.9	13.4
Cenoura	8.5	10.1	23.9
Maça	4.4	16.5	14.7

* Análise realizada pelo método enzimático-gravimétrico (71).

conferindo um valor energético superior ao real (73) e cujo significado já foi abordado.

Fonte de Fibra da Dieta

A fibra é derivada principalmente de alimentos de origem vegetal, e o conteúdo de fibra dos frutos e vegetais está em torno de 3 a 5g/100g do peso úmido, ao passo que nos cereais e leguminosas integrais o seu conteúdo é um pouco maior (61). Na Tabela 10 podemos observar o conteúdo de fibra obtido pelo método enzimático-gravimétrico (71) de alguns alimentos brasileiros (74). Os dados mostram que o teor de fibra do feijão é bastante elevado, indicando ser uma das fontes importantes no fornecimento de fibra nas populações da América Latina.

A quantidade de fibra ingerida é pouco conhecida devido, principalmente (35), a ausência de métodos analíticos adequados para a determinação de seu teor. Assim, comparações de consumo de fibra intra e inter populações são bastantes questionáveis e, além disso, o fato é agravado pela ausência de dados recentes sobre consumo alimentar.

TABELA 10

**PORCENTAGEM DE FIBRA EM ALGUNS ALIMENTOS BRASILEIROS
PELO METODO ENZIMATICO-GRAVIMETRICO¹**

Alimentos	Fibra		
	Total	Insolúvel	Solúvel
Feijão Carioca cru	17.0	13.2	4.2
Farinha de mandioca crua	5.8	5.0	1.2
Farinha de centelo integral	21.2	17.4	4.5
Fibra de trigo	45.9	43.1	3.8

1 Os valores são corrigidos para cinza e proteína.

Estimativas de ingestão de fibra de grupos não vegetarianos adultos nos Estados Unidos (35), variam de 14 a 52 g por dia por pessoa. As Tabelas de Composição Britânica incluem valores de fibra baseados no método de Southgate incluindo, também, os valores de lignina e amido não disponível.

A ingestão de fibra baseada nessa metodologia está em torno de 20g/d para Inglaterra, Estados Unidos, Europa e Nova Zelândia e ao redor de 50g/d nas populações africanas rurais que consomem farinha de milho não refinada. Populações que consomem arroz tem uma estimativa de consumo de fibra de no máximo 40g/d (76), e nos dias atuais, no Japão os níveis de consumo são de 20g/d (77). A quantidade de substâncias analisadas como lignina em dietas ocidentais está em torno de 1g/d.

Na América Latina e principalmente no Brasil não temos, praticamente, nenhum dado de consumo real de fibra o que mostra a necessidade urgente de padronização de uma metodologia adequada.

Alguns resultados referentes à ingestão de fibra, foram obtidos em nosso Departamento pelo método enzimático-gravimétrico. Uma dieta oferecida pelo restaurante universitário (74) e outra consumida na região de São Paulo (pela população de baixa renda) (79) forneciam 27.5 e 23.2g de fibra por dia, respectivamente. Essa pequena amostragem indica que o consumo de fibra está um pouco acima dos valores anteriormente citados por outros países, sem considerar as populações africanas rurais e as que consomem grandes quantidades de arroz. Por outro lado, o cálculo teórico de ingestão para "fibra bruta", a partir da Tabela de Composição de Alimentos do Estudo Nacional da Despesa Familiar, para região de São Paulo, já citada acima, nos dá um valor de 5.6g de ingestão diária de fibra por indivíduo, portanto, bastante longe da realidade.

Embora haja discordância sobre o nível desejável de ingestão diária de fibra, muitas pesquisas em países desenvolvidos tem sugerido um aumento da ordem de 50 a 100% em relação a ingestão atual. Este aumento, no Reino Unido, implicaria em um aumento de aproximadamente de 10g por pessoa por dia, isto é de aproximadamente 20g (78, 80) para

30g (81). Essas conclusões foram obtidas de experimentos com homens adultos e, certamente, essas recomendações podem ser diferentes quando se pensa em distintos estados fisiológicos e em outras situações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 – Em quase todos os países da América Latina há um consumo insuficiente de energia, deficiência essa diretamente relacionada à baixa renda dessas populações. Verifica-se, por outro lado, que dentro de um mesmo país há grupos populacionais em que esse consumo encontra-se acima das necessidades, assemelhando-se aos países desenvolvidos.

2 – Ao se falar em recomendações para carboidratos deve-se levar em consideração que a digestibilidade (aproveitamento) de carboidratos está relacionada a uma série de fatores inerentes ao indivíduo e ao alimento, havendo variabilidade do aproveitamento conforme as diferentes fontes.

3 – A recomendação de um percentual fixo de calorias provenientes de açúcares simples, é questionável para países em desenvolvimento, devido à deficiência na ingestão calórica, hábitos culturais e diferenças regionais de consumo e de atividade física.

4 – Os dados sobre efeitos metabólicos dos carboidratos simples são insuficientes e não podem ser extrapolados para populações, pela falta de estudos epidemiológicos, não sendo aconselhável fazer recomendações.

5 – Na maioria dos países da América Latina, em uma avaliação preliminar, há um grande consumo de alimentos de origem vegetal e, conseqüentemente, é de se esperar uma ingestão adequada de fibra.

6 – Parece que a fibra da dieta e outros compostos a ella associados podem interferir na absorção de nutrientes, sendo nesse caso prejudicial, uma vez que há populações que ingerem quantidades de alimento abaixo das necessidades energéticas, porém, com altos teores de fibra. Esse efeito pode ser mais significativo durante crescimento, gestação e em idosos, e deve ser considerado ao pensar-se nas recomendações dos vários nutrientes.

7 – O estabelecimento de recomendações deve estar associado ao consumo alimentar de cada país e à avaliação do estado nutricional. Isso é difícil, uma vez que em geral, faltam dados de ingestão, composição, efeitos fisiológicos e estudos epidemiológicos na América Latina.

8 – Há necessidade de se investir em pesquisa sobre composição, consumo, estudos epidemiológicos e efeitos fisiológicos, levando-se em consideração o estado nutricional e de saúde. Ressaltamos, também, a importância de se efetuarem trabalhos colaborativos, para a elaboração de Tabelas de Composição de Alimentos e outras ações.

RESUMEN

CONSIDERACIONES SOBRE CARBOHIDRATOS Y FIBRA

Los carbohidratos de la dieta comprenden dos fracciones que pueden clasificarse como sigue: una *digerible*, que es utilizable como fuente de energía (carbohidratos

simples y complejos), y la otra la fracción *fibra*, que se estima no es de ningún uso para el organismo humano.

No se cuenta con datos epidemiológicos suficientes acerca de los efectos metabólicos de los carbohidratos simples, por lo que no es aconsejable formular recomendaciones cuantitativas de ingesta. En los países en desarrollo, es discutible recomendar la ingestión de una proporción fija de energía dietaria de los azúcares simples, debido a la alta prevalencia de ingestas deficientes de energía, hábitos culturales, y diferencias regionales en cuanto al consumo de alimentos y actividad física. Al concertar recomendaciones para carbohidratos complejos, debe tenerse en cuenta que muchos factores inherentes al individuo y a los alimentos influyen en su absorción.

La fracción fibra se define como un conjunto de componentes diferentes derivados de estructuras tisulares, residuos celulares y sustancias de estructura química que no son digeridas, por lo que su utilización por el organismo puede ocurrir después de la acción de las bacterias intestinales. Aun cuando todavía no se cuenta con una definición clara de su composición química, la fibra consiste principalmente de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectinas), lignina y productos finales resultantes de la interacción de varios componentes alimenticios.

Los efectos de la fibra tales como control de la ingesta de alimentos, regulación del tránsito gastrointestinal, concentraciones de colesterol sanguíneo postprandial, glucosa e insulina, flatulencia y alteraciones en la biodisponibilidad de nutrientes, son consecuencia de un conjunto de propiedades físicas inherentes a sus componentes químicos. La interferencia en la absorción de nutrientes puede ser dañina, sobre todo en las poblaciones cuya ingesta alimentaria es menor que sus necesidades energéticas, con elevados tenores de fibra. Este efecto puede ser de particular importancia en mujeres embarazadas, niños en el período de crecimiento y en ancianos, por lo que debe tenerse en cuenta cuando se formulan recomendaciones en cuanto a nutrientes.

Un conocimiento más preciso de la fibra también es importante para calcular el valor energético real de los alimentos, principalmente por dos razones: 1) el tenor de "fibra cruda" (determinada por digestión ácida y alcalina) conduce a sobreestimar la proporción de carbohidratos digeribles, calculados por diferencia; 2) la fibra puede alterar la utilización de polisacáridos de diversos alimentos, según lo indica el "índice glicémico".

El establecimiento de recomendaciones respecto a fibra dietética, por lo tanto, es difícil porque no hay datos suficientes sobre ingesta, composición de la fibra y efectos fisiológicos, ni se cuenta con estudios epidemiológicos al respecto. No obstante, una evaluación preliminar de las dietas de la mayoría de los países latinoamericanos, ha mostrado altas ingestas de alimentos de origen vegetal y, en consecuencia, es de esperar que la ingesta de fibra sea adecuada.

SUMMARY

CONSIDERATIONS ON CARBOHYDRATES AND FIBER

Dietary carbohydrates comprise two fractions that may be classified as *digestible*, and which are useful as energy sources (simple and complex carbohydrates) and *fiber*, which is presumed to be of no use to the human body. There are insufficient epidemiologic data on the metabolic effects of simple carbohydrates and it is not advisable to make quantitative recommendations of intake. It is questionable to recommend in developing countries that a fixed proportion of dietary energy be derived from simple sugars, due to the high prevalence of deficient energy intake,

cultural habits, and regional differences in food intake and physical activity. In relation to recommendations of complex carbohydrates, it should be considered that their absorption is influenced by many factors inherent to the individual and to the foods.

Fiber is defined as a series of different substances derived from tissue structures, cellular residues and undigested chemical substances that may be partially utilized after intestinal bacteriae have acted on them. There is not a clear definition of the chemical composition of fiber, but it consists mainly of polysaccharides (such as cellulose, hemicellulose and pectins), lignin and end products of the interactions of various food components.

The effects of fiber, such as control of food intake, regulation of gastrointestinal transit, post-prandial blood concentrations of cholesterol, glucose and insulin, flatulence and alterations in nutrient bioavailability are due to various physical properties inherent to its chemical components. Impairment of nutrient absorption may be harmful, mainly among populations whose food intake is lower than their energy needs, and with a high fiber content. This may be particularly important in pregnant women, growing children and the elderly, and should be considered when making nutrient recommendations.

A precise knowledge of fiber is also important to calculate the real energy value of foods, mainly for two reasons: 1) the proportion of "crude fiber" (as measured by acid and alkaline digestion) leads to an over-estimation of the proportion of digestible carbohydrates calculated by difference; 2) fiber may alter the polysaccharide utilization of some foods, as shown by the "glycemic index".

It is difficult to make recommendations on dietary fiber due to insufficient data on intake, fiber composition, its physiological effects, and epidemiological studies. However, a preliminary evaluation of the diets from most Latin American countries shows large intakes of vegetable foods and, consequently, an adequate fiber intake may be expected.

BIBLIOGRAFIA

1. WHO. Rural water supply service coverage, Geneve, *Wld. hlth. statist. annu.* 4, 1986.
2. WHO. Estimated number of deaths by cause, WHO regions, 1980. Geneve, *Wld. hlth. statist. annu.*, 6, 1984.
3. WHO. Percentage of children dying before age 5, 1980-85. Geneve, *Wld. hlth. statist. annu.*, 3, 1986.
4. Chandra, R.K. Desnutrição e respostas imunitárias. *Anais Nestlé*, 43(1): 5-19, 1987.
5. Tomkins, A. Nutritional status and severity of diarrhoea among pre-school children in rural Nigeria. *Lancet*, I: 860-862, 1981.
6. Dossertor, J., H.C. Whittle & B.M. Greenwood. Persistent measles infection in malnourished children. *Br. Med. J.*, II: 1633-1635, 1977.
7. FAO. Food supply: Calories *per capita*. *FAO Production Yearbook*, 39: 271, 1986.
8. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estudo Nacional da Despesa Familiar: Consumo Alimentar*. Rio de Janeiro, Despesas das Famílias, 1978, 121 p.
9. Campana, A.O., R.C. Burini & M.A.C. Anselmo. Population surveys in Brazil: Data on energy and protein intakes and on anthropometric measurements of adult people. *Wld Rev. Nutr. Diet.*, 52: 209-234, 1987.

10. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário 1986 Estatístico do Brasil**, 47, Rio de Janeiro, 1986, 628 p.
11. Solomons, N. W. Nutrição nos grandes centros urbanos. In: **Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, I. São Paulo, 1987. Programas e Resumos. São Paulo, SBAN, 1987, p. 17.
12. Mann, J. Complex carbohydrates: Replacement energy of fat or useful in their own right? *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1202-1206, 1987.
13. Crapo, P. A. & J. M. Olefsky. Food falacies and blood sugar. *N. Engl. J. Med.* **309**: 44-45, 1983.
14. Wahlqvist, E. G., E. G. Wilmshurst, C. R. Murton & E. N. Richardson. The effect of chain length on glucose absorption and the related metabolic response. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 1998-2001, 1978.
15. Jenkins, D. J. A., T. M. S. Wholever, M. J. Thorne, A. L. Jenkins, G. S. Wong, R. G. Josse & A. Csima. The relationship between glyceimic response, digestibility, and factors influencing the dietary habits of diabetics. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**: 1175-1191, 1984.
16. Menezes, E. W. & F. M. Lajolo. Relação entre resposta glicêmica e digestibilidade de diferentes fontes de carboidratos. In: **Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**. São Paulo, 1987. Programas e Resumos. São Paulo, SBAN, 1987, p. 36.
17. Jenkins, D. J. A., T. M. S. Wolever, A. L. Jenkins, R. G. Josse & G. S. Wong. The glycaemic response to carbohydrate foods. *Lancet*, **2**: 388-391, 1984.
18. Jenkins, D. J. A., T. M. Wolever, R. M. Taylor, H. M. Barker & H. Fildes, *et al.* Glycemic index of food: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 362-366, 1981.
19. Jenkins, D. J. A., T. M. S. Wolever & K. Y. Kalmus. Low glycemic index carbohydrate food in the management of hyperlipidemia. *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**: 604-617, 1985.
20. Holt, S., R. C. Heading, D. C. Carter, L. F. Prescott & P. Tothill. Effect of gel fibre on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. *Lancet*, **i**: 636-639, 1979.
21. Goddard, M. S., G. Hounig & R. Marcus. The effect of amylose content on insulin and glucose response to ingested rice. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**: 388-392, 1984.
22. O'Dea, K., P. J. Nestel & L. Antonoff. Physical factors influencing post-prandial glucose and insulin response to starch. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**: 760-765, 1980.
23. Jenkins, D. J. A., A. L. Jenkins, L. H. Thompson & V. R. Rao. Simple and complex carbohydrates. *Nutr. Revs.*, **44(2)**: 44-49, 1986.
24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Carbohidratos en la Nutrición Humana**. Informe de una Reunión de Expertos, Roma, 1980, 105 p. (FAO, Serie de Estudios sobre Alimentación y Nutrición, 15).
25. Glimsman, W. H., M. Irausquim & Y. K. Park. **Evaluation of Health Aspects of Sugars Contained in Carbohydrate Sweeteners**— Report of Sugar Task Force, Washington, D. C., FDA, 1986, 17 p.
26. MacDonald, I. & I. Vrana. Metabolic effects of dietary carbohydrates. *Prog. Biochem. Pharm.*, **21**: 217, 1986.
27. Magren, H. Opening remarks. *Nutr. Revs.*, **44(2)**: 38-39, 1986.
28. Mesquita, M. F., M. P. Seabra & M. J. Halpern. Simple carbohydrates in the diet. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1197-1201, 1987.
29. Hostmark, A. T. & E. H. Glatte. Plasma lipid concentration and lipoprotein

- distribution in exercising and non exercising rats fed a high sucrose diet. *Experimentia*, **35**: 627-629, 1979.
30. Genuth, S. M. Effect of high fat versus high carbohydrate feeding on the development of obesity in weanling ob/ob mice. *Diabetologia*, **12**: 155-159, 1976.
 31. Kritchevsky, D., S. A. Tepper & M. Kitagawa. Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol-free diets. III Comparison of fructose and lactose with other carbohydrates. *Nutr., Repts. Internat.*, **7**: 193-197, 1973.
 32. Analytical Methods Committee. Determination of the crude fiber in national flour. *Analyst*, **68**: 276-278, 1943.
 33. Birch, G. G. & K. J. Parker (Eds.). *Dietary Fibre*. London, Applied Science Publishers, 1983, 304 p.
 34. Burkitt, D. P. Related disease — related cause. *Lancet*, **2**: 1229-1231, 1969.
 35. Bingham, S. Definitions and intakes of dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1226-1231, 1987.
 36. McCance, R. A., E. M. Widdowson, & L. R. B. Shackleton. *The Nutritive Value of Fruits, Vegetables and Nuts*. London, UK, HMSO, 1936 (MRC spec rep. ser. 213).
 37. Hellendoorn, E. W. Dietary fiber or indigestible residue? *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 1437-1438, 1981.
 38. Trowell, H., D. A. J. Southgate, J. M. A. Wolever, A. R. Leeds, M. A. Gassul & D. J. A. Jenkins. Dietary fiber redefined. *Lancet*, **1**: 967, 1976.
 39. Southgate, D. A. J. The chemistry of dietary fiber. In: *Fiber in Human Nutrition*. G. A. Spiller and R. J. Amen (Eds.). New York, N. Y., Plenum Press, 1976, p. 31-72.
 40. Selvendran, R. R. The plant cell wall as a source of dietary fiber: Chemistry and structure. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**: 320-327, 1984.
 41. Seigel, S. M. The biochemistry of the plant cell wall. In: *Comprehensive Biochemistry*. Vol. 26. M. Florin and E. H. Stotz (Eds.). Amsterdam, Netherlands, Elsevier, 1968, p. 1-51.
 42. Southgate, D. A. T. The relation between composition and properties of dietary fiber and physiological effects. In: *Dietary Fiber — Basic and Clinical Aspects*. G. Vahouny and D. Fritchevsky (Eds.). New York, N. Y., Plenum Press, 1986. p. 35-48.
 43. Brand, J. C., P. L. Nicholson, A. W. Thorburn & A. S. Truswell. Food processing and the glycemic index. *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**: 1192-1196, 1985.
 44. Wahlqvist, M.L. Dietary fiber and carbohydrate metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1232-1236, 1987.
 45. Schneeman, B. O. Dietary fiber: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. *Food Technol.*, **40**: 104-110, 1986.
 46. Duncan, K. H., J. A. Bacon & R. K. Weinsier. The effects of high-and-low-energy density diets on satiety, energy intake, and eating time of obese and non obese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**: 763, 1983.
 47. Jenkins, D. J., T. M. Wolever & A. R. Leeds, *et al.* Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: Importance of viscosity. *Br. Med. J.*, **1**: 1392-1394, 1978.
 48. Simpson, R. W., J. McDonald, M. L. Wahlqvist, L. Atley & K. Dutch. Food physical factors have different metabolic effects in non-diabetics and diabetics. *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**: 462-469, 1985.
 49. Miettinen, T. A. Dietary fiber and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.*, **5**: 1237-1242, 1987.
 50. Franco, H. M. & R. C. De Angelis. (Comunicação pessoal).

51. Cummings, J.H. & H.N. Englyst. Fermentation in the human large intestine and the available substrates. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1243-1255, 1987.
52. McNeil, N.I., J.H. Cummings & W.P.T. James. Short-chain fatty acid absorption by the human large intestine. *Gut*, **19**: 819-822, 1978.
53. Cummings, J.H., E.W. Pomare, W.J. Branch, C.P.E. Naylor & G.T. Macfarlane. Short-chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic and venous blood. *Gut* (em publicação).
54. Slavin, J.L. & J.A. Marlett. Effect of refined cellulose on apparent energy, fat and nitrogen digestibilities. *J. Nutr.*, **110**: 2020-2026, 1980.
55. Sandberg, A.S., R. Ahderlinne, H. Anderson, S. Hallgren & L. Hulthen. The effect of citrus pectin on the absorption of nutrients in the small intestine. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.*, **37C**: 171-183, 1983.
56. Ruppin, H., S. Bar-Meir, K.H. Soergel, C.M. Wood & M.G. Schmitt. Absorption of short-chain fatty acids by the colon. *Gastroenterology*, **78**: 1500-1507, 1980.
57. Roediger, W.E.W. & A. Moore. Effect of short chain fatty acids in sodium absorption in isolated human colon perfused through the vascular bed. *Dig. Dis. Sci.*, **26**: 100-106, 1981.
58. Mendeloff, A. Dietary fiber and gastrointestinal disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1267-1270, 1987.
59. Fritz, M., G. Siebert & H. Kasper. Dose dependence of breath hydrogen and methane in healthy volunteers after ingestion of a commercial disaccharide mixture, Platinit. *Br. J. Nutr.*, **54**: 389-400, 1985.
60. Toma, R.B. & D.J. Curtis. Dietary fiber: Effect on mineral bioavailability. *Food Technol.*, **40**: 111-116, 1986.
61. Southgate, D.A.T. Mineral, trace elements, and potential hazards. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1256-1266, 1987.
62. Dunaif, G. & B.O. Schneeman. The effect of dietary fiber on human pancreatic enzyme activity *in vitro*. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 1034-1035, 1981.
63. Schneeman, B.O. Effect of plant fiber on lipase, trypsin and chymotrypsin activity. *J. Food. Sci.*, **43**: 634-635, 1978.
64. Cummings, J.H. Dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**: 1040-1043, 1987.
65. Van Soest, P.J. & R.W. McQueen. The chemistry and estimation of fiber. *Proc. Nutr. Soc.*, **32**: 123-130, 1973.
66. Southgate, D.A.T., B. Bailey, E. Collinson & A.F. Walker. A guide to calculating intakes of dietary fiber. *J. Hum. Nutr.*, **30**: 303-313, 1976.
67. Englyst, H. Determination of carbohydrate and its composition in plant materials. In: *The Analysis of Dietary Fiber in Food*. W.P.P. James and O. Theander (Eds.). New York, N.Y. Marcel Dekker, Inc., 1981, p. 71-93.
68. Englyst, H.N. & J.H. Cummings. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetate. *Analyst*, **109**: 937-942, 1984.
69. Englyst, H.N. & G.J. Hudson. Colorimetric method for routine measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography. *Food Chem.*, **24**: 63-76, 1987.
70. Hellendoorn, E.W., M.G. Noordhoff & J. Slagman. Enzymatic determination of the indigestible residue content of human food. *J. Sci. Food Agric.*, **26**: 1461-1469, 1975.
71. Asp, N.G., C.G. Johansson, H. Halmer & M. Silijestrom. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, **31**: 476-482, 1983.
72. Prosky, L., N.G. Asp, I. Furda, J.W. De Vries, J.F. Schwetzer & B.F. Harland.

- Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Inter-laboratory study. *J. Assoc. Official Anal. Chem.*, **67**: 1044-1052, 1984.
73. Organización Mundial de la Salud. **Necesidades de Energía y de Proteínas**. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. Ginebra, OMS, 1985, p. 122-127 (Serie de Informes Técnicos 724).
 74. Filisetti Cozzi, T.M.C.C. & F.M. Lajolo. Determinação de fibra da dieta: Método enzimático. In: **Congresso Brasileiro de Alimentação e Nutrição**. I, São Paulo, 1987. Programa e Resumos. São Paulo, Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 1987, p. 142.
 75. Wu Leung, Woot-Tsuen, con la colaboración de Marina Flores. **Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina**. Preparada bajo los auspicios del Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional, Instituto Nacional para Artritis y Enfermedades Metabólicas, Institutos Nacionales de la Salud, Bethesda, Maryland, EE.UU. y del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala, C.A. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, junio, 1961, 132 p.
 76. Bingham, S. Dietary fibre intake. In: **Dietary Fibre, Fibre-Depleted Food and Disease**. H. Trowell, D. Burkitt, and K. Heaton (Eds.). London, Academic Press Inc., 1985, p. 77-104.
 77. Minowa, M., S. Bingham & J.H. Cummings. Dietary fiber intake in Japan. *Hum. Nutr.*, **37A**: 113-119, 1983.
 78. Southgate, D.A.T., S. Bingham & J. Robertson. Dietary fibre in British diet. *Nature*, **274**: 51-52, 1978.
 79. Cintra, R.M.G.C., R.P. Dantas, C. Colli & S.M.F. Cozzolino. Dieta Regional de São Paulo: Análise química e adequação de consumo. In: **Congresso Brasileiro de Alimentação e Nutrição**. I. São Paulo, 1987. Programa e Resumos, São Paulo, Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 1987, p. 113.
 80. Bingham, S., J.H. Cummings & H.I. McNeil. Intakes and source of dietary fiber in the British population. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 1313-1319, 1976.
 81. National Advisory Committee for Nutrition Education. **Proposals for Nutritional Guidelines for Health Education in Britain**. London, Health Education Council, 1983.