UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos
Área de Nutrição Experimental

Renata Alves Carnauba

Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população Brasileira

São Paulo
2021

Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população Brasileira

Renata Alves Carnauba

Versão corrigida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Franco Maria Lajolo

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da
publicação: Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

Carnauba, Renata Alves
C288e Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população
 Brasileira / Renata Alves Carnauba. -- São Paulo, 2021 .
 117 p.

 Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
 da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e
 Nutrição Experimental.
 Orientador: Lajolo, Franco Maria

 1 . Compostos bioativos dos alimentos. 2 . Carotenoides.
 3. Compostos fenólicos. 4 . Glicosinolatos. 5. População Brasileira.
 I . T. II. Lajolo, Franco Maria, orientador.

Renata Alves Carnauba

Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população Brasileira

Comissão julgadora
da
Tese para obtenção de grau de Doutor

Prof. Dr. Franco Maria Lajolo
Orientador/ presidente

Dr. Paulo Cesar Stringheta
1º examinador

Dra. Flavia Mori Sarti
2º examinador

Dra. Eliana Bistriche Giuntini
3º examinador

São Paulo, 26 de janeiro de 2021.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Franco Maria Lajolo, pela oportunidade, orientação e confiança depositada em mim para o desenvolvimento desse projeto;

Ao International Life Sciences Institute (ILSI) Brasil (força-tarefa agroquímicos), pelo fornecimento do banco de dados de consumo alimentar da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009;

À professora Neuza Mariko Aymoto Hassimotto, pelos ensinamentos, auxílio e colaboração no projeto;

À professora Sandra Maria Lima Ribeiro, pelo auxílio nos momentos necessários;

Às professoras Eliana Bistriche Giuntini, Flavia Mori Sarti e Sandra Maria Lima Ribeiro, pelas sugestões levantadas na minha banca de qualificação, contribuindo para a melhoria do projeto em desenvolvimento;

Aos meus pais, Maria Helena e Antonio, e ao meu irmão Leonardo, minhas fontes de amor e apoio incondicionais;

Ao meu noivo Enrico, pelo amor, apoio, incentivo e compreensão nos momentos de ausência;

À Amália Bastos e Mariana Ávila, pela amizade e apoio durante a pós-graduação.

RESUMO

CARNAUBA RA. Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população Brasileira. 2021. 117 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2021.

Introdução: Estudos epidemiológicos mostram associações inversas entre a ingestão de compostos bioativos e o risco de doenças crônicas. No entanto, a escassez de informações sobre a ingestão em nível populacional, especialmente em países na América Latina, tem limitado o avanço nas pesquisas. **Objetivo:** O presente estudo teve como objetivo estimar a ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos pela população Brasileira. **Metodologia:** Foram utilizados dados de consumo alimentar individual de 34.003 indivíduos com idade ≥ 10 anos incluídos na Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. As informações foram obtidas a partir de dois registros alimentares de 24 horas, e as receitas dos alimentos preparados foram desmembradas. O conteúdo de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos nos alimentos foi obtido por meio de bases de dados e publicações. Os resultados são apresentados em mediana e intervalo interquartil, e o teste Kruskal-Wallis foi utilizado para testar a diferenças segundo características sociodemográficas. Os principais contribuintes alimentares para a ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos foram determinados por porcentagem de contribuição. As estimativas foram calculadas utilizando fatores de expansão da amostra para garantir a representatividade da população, com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Os dados foram analisados utilizando o software Stata (versão 14). **Resultados:** A ingestão de compostos fenólicos totais foi de 204 mg/dia. A classe mais consumida foi a dos ácidos fenólicos (83,2 mg/dia), seguida dos flavonoides (64 mg/dia). O café, o suco de laranja e a laranja foram os três principais contribuintes para a ingestão de compostos fenólicos totais. Com relação aos carotenoides, o licopeno e o β -caroteno foram as classes mais consumidas (619,6 e 451,2 mcg/dia, respectivamente), contribuindo de forma importante para a ingestão de carotenoides totais, que foi de 1782,2 mcg/dia. A abóbora, o tomate e a couve foram os maiores contribuintes alimentares para o consumo de carotenoides. Por fim, devido à presença de glicosinolatos em um reduzido número de alimentos, a ingestão desse grupo apresentou-se muito baixa, com valores medianos iguais à zero para todas as estratificações calculadas. **Conclusão:** O presente estudo fornece, pela primeira vez, dados de ingestão dos principais compostos bioativos, cujas medianas são inferiores às encontradas em outras populações. Os resultados encontrados facilitarão a investigação dos efeitos à saúde desses compostos, contribuindo para futuras recomendações de ingestão.

Palavras-chave: Compostos bioativos dos alimentos, carotenoides, compostos fenólicos, glicosinolatos, população Brasileira, consumo alimentar.

ABSTRACT

CARNAUBA RA. Estimated dietary bioactive compounds intake by Brazilian population. 2021. 117p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2021.

Introduction: Epidemiologic studies have suggested an inverse association between bioactive compounds intake and the risk of chronic diseases. However, the lack of comprehensive data on population-level intakes, especially in Latin American countries, has limited researches on this topic. **Objective:** The present study aimed to estimate the intake of carotenoids, phenolic compounds and glucosinolates by the Brazilian population. **Methods:** Data were obtained from the Brazilian Household Budget Survey 2008-2009, which included information on individual food intake of 34,003 subjects aged ≤ 10 years, collected from two 24-hour dietary records. Recipes were broken down into ingredients to estimate the amount of ingredients in each mixed dish. The content of carotenoids, phenolic compounds and glucosinolates in foods was obtained through databases and publications. The results are presented in median and interquartile range, and the Kruskal-Wallis test was used to test differences according to sociodemographic characteristics. The main food contributors to carotenoids, phenolic compounds and glucosinolates intake were determined by percentage of contribution. Estimates were performed using sample weights to allow population representativeness, with significance level of 5% ($p \leq 0.05$), using Stata software version 14. **Results:** The total phenolic compounds intake was 204 mg/d. The most consumed class was phenolic acids (83.2 mg/d), followed by flavonoids (64 mg/d). Coffee, orange juice and orange were the three main contributors to phenolic compounds intake. Regarding carotenoids, lycopene and β -carotene were the most consumed classes (619.6 and 451.2 mcg/d, respectively), contributing significantly to the total carotenoid intake, which was 1782.2 mcg/d. Pumpkin, tomato and kale were the major food contributors to carotenoid intake. Finally, due to the absence of glucosinolates in most of the foods, the intake of this group was very low, with median values equal to zero for all the stratifications. **Conclusion:** The present study provides, for the first time, data on the dietary intake of the main bioactive compounds, whose medians are lower than those found in other populations. The results found will facilitate the association study between the bioactive compounds intake and its health outcomes, and will also be useful for future dietary intake recommendations.

Palavras-chave: Bioactive compounds, carotenoids, phenolic compounds, glucosinolates, Brazilian population, dietary intake.

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	Revisão de literatura	15
	2.1 Carotenoides	15
	2.2 Compostos fenólicos	23
	2.3 Glicosinolatos	34
3	Justificativa	38
4	Objetivos	39
	4.1 Objetivo geral	39
	4.2 Objetivos específicos	39
5	Metodologia	40
	5.1 População	40
	5.2 Avaliação do consumo alimentar e extração dos dados	40
	5.3 Estimativa da ingestão dietética de compostos fenólicos	43
	5.4 Estimativa da ingestão dietética de carotenoides	44
	5.5 Estimativa da ingestão dietética de glicosinolatos	44
	5.6 Dados sociodemográficos	44
	5.7 Análise estatística	45
6	Resultados	46
	6.1 Carotenoides	47
	6.1.1 Contribuintes alimentares para o consumo de carotenoides	50
	6.2 Compostos fenólicos	52
	6.2.1 Compostos fenólicos totais	52
	6.2.2 Ácidos fenólicos	54
	6.2.3 Flavonoides	56
	6.2.4 Estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos	58
	6.2.5 Contribuintes alimentares para o consumo de compostos fenólicos	60
	6.3 Glicosinolatos	62
7	Discussão	63
8	Considerações finais	70
	Sugestões para trabalhos futuros	71
	Referências	72
	Apêndices	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura química dos principais carotenoides encontrados nos alimentos.....	16
Figura 2 -	Principais classes e subclasses de compostos fenólicos.....	23
Figura 3 -	Estrutura química geral das quatro principais classes de compostos fenólicos....	24
Figura 4 -	Absorção e metabolismo de compostos fenólicos em humanos.....	27
Figura 5 -	Estrutura química geral dos glicosinolatos.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Estudos que estimaram a ingestão de carotenoides por diversas populações.....	21
Tabela 2 -	Estudos que estimaram a ingestão de polifenóis por diversas populações.....	31
Tabela 3 -	Variáveis utilizadas para o cálculo das estimativas de consumo alimentar.....	41
Tabela 4 -	Características da população estudada.....	46
Tabela 5 -	Obtenção das informações sobre o teor de carotenoides nos alimentos.....	47
Tabela 6 -	Ingestão de carotenoides (mcg/dia) segundo fatores sociodemográficos.....	48
Tabela 7 -	Distribuição da ingestão de carotenoides (mcg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio.....	50
Tabela 8 -	Contribuição (%) dos grupos alimentares para a ingestão total de carotenoides totais e classes.....	51
Tabela 9 -	Obtenção das informações sobre o teor de compostos fenólicos em alimentos....	52
Tabela 10 -	Número de compostos fenólicos individuais consumidos.....	52
Tabela 11 -	Ingestão de compostos fenólicos totais (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos.....	53
Tabela 12 -	Distribuição da ingestão de compostos fenólicos totais (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio.....	54
Tabela 13 -	Ingestão de ácidos fenólicos (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos.....	55
Tabela 14 -	Distribuição da ingestão de ácidos fenólicos (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio.....	56

Tabela 15 -	Ingestão de flavonoides (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos.....	57
Tabela 16 -	Distribuição da ingestão de flavonoides (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio.....	58
Tabela 17 -	Ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos (mg/dia) segundo fatores sociodemográficos.....	59
Tabela 18 -	Distribuição da ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio.....	60
Tabela 19 -	Contribuição dos grupos alimentares para a ingestão total de compostos fenólicos e suas classes e subclasses.....	61
Tabela 20 -	Ingestão de glicosinolatos totais (mg/dia).....	62

LISTA DE SIGLAS

BCMO1	β -Caroteno 15,15'-mono-oxigenase
BCMO2	β -Caroteno 9',10'-mono-oxigenase
CAT	Catalase
CBA	Compostos bioativos dos alimentos
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
DMRI	Degeneração macular relacionada à idade
ERO	Espécies reativas de oxigênio
ERN	Espécies reativas de nitrogênio
FR	Fator de retenção
GPx	Glutathione peroxidase
GSH	Glutathione
GST	Glutathione S-transferase
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDL	Lipoproteína de densidade intermediária
IIQ	Intervalo interquartil
IMC	Índice de massa corporal
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
miRNA	MicroRNA
NF-kB	Fator nuclear kappa B
POF	Pesquisa de orçamentos familiares
QFA	Questionário de frequência alimentar
R24H	Recordatório alimentar de 24 horas
SGLT1	Transportador de glicose dependente de sódio 1
SOD	Superóxido dismutase
VLDL	Lipoproteína de muito baixa densidade

1 Introdução

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares, câncer e doenças respiratórias crônicas, são atualmente a principal causa de morbidade e mortalidade no mundo. Estima-se que, em 2012, as DCNT foram responsáveis por 38 milhões de mortes, sendo que destas, 42% ocorreram em indivíduos com menos de 70 anos de idade e 80% em países de baixa e baixa-média renda¹. No Brasil, este grupo de doenças foi responsável por 73% do total de óbitos em 2015, ano em que 57 milhões de Brasileiros apresentavam pelo menos uma doença crônica².

A alta incidência e prevalência das DCNT estão associadas ao crescimento de fatores de risco modificáveis, como tabagismo, uso prejudicial de álcool, inatividade física e alimentação não saudável. Por este motivo, é importante o desenvolvimento de políticas públicas efetivas, integradas e fundamentadas em evidências que visem a redução dos fatores de risco supracitados para a prevenção e controle de doenças crônicas e diminuição do número de óbitos em todo o mundo².

No tocante à ingestão de uma alimentação saudável, evidências apontam que a adesão a determinados padrões alimentares está correlacionada com a redução do risco de doenças crônicas. Estudos epidemiológicos revelam que o consumo regular de alimentos de origem vegetal, como frutas, hortaliças, leguminosas e grãos, está inversamente associado com o risco de diabetes mellitus tipo 2, câncer e doenças cardiovasculares^{3,4}. Tais resultados são suportados por revisões sistemáticas meta-analíticas de estudos de coorte prospectivos com baixa heterogeneidade e intervalo de confiança estreito⁵⁻⁷.

Os benefícios do consumo de frutas, hortaliças, leguminosas e grãos à saúde têm sido atribuídos ao fato desses alimentos apresentarem, além dos nutrientes essenciais, os compostos bioativos dos alimentos (CBA), constituintes extra nutricionais* que desempenham importante atividade antioxidante, anti-inflamatória, vasodilatadora e anticarcinogênica, modulando eventos moleculares associados à gênese das DCNT. Por existirem na natureza em grande número, variando extensamente em estrutura química, os CBA podem ser subdivididos em classes com milhares de compostos distintos. Dentre as classes de CBA, destacam-se os compostos fenólicos, carotenoides e glicosinolatos, principais classes de compostos bioativos presentes na alimentação humana habitual⁸.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas encontrados em diversos alimentos de origem vegetal, como frutas, grãos, hortaliças, leguminosas e cereais. Mais de 10.000 compostos fenólicos já foram identificados na natureza, distribuídos em diferentes grupos de acordo com a sua estrutura química, sendo os ácidos fenólicos, flavonoides, lignanas e estilbenos os quatro principais^{9,10}. Evidencia-se que os benefícios à saúde derivados da ingestão

* Extra nutricionais: que não são indispensáveis ou sintetizados pelo organismo humano.

desses compostos sejam atribuídos a mecanismos específicos e não específicos relacionados à capacidade antioxidante e atividade anti-inflamatória, incluindo a neutralização de radicais livres e a modulação da expressão de proteínas chaves envolvidas em diversas vias metabólicas¹¹.

De forma similar, diversos mecanismos de ação têm sido propostos aos carotenoides, sendo a ação antioxidante a de maior importância, justificada pelo seu papel na captura ou sequestro dos radicais oxigênio singlete e peróxido. Além da ação antioxidante, outros mecanismos de ação já foram relatados, como a modulação da diferenciação celular e proteção contra a luz azul. Presentes em diversos alimentos de origem vegetal, como raízes, hortaliças e frutas, e em menor grau em alimentos de origem animal, como ovos e peixes, os carotenoides são divididos em classes, sendo o α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina as principais¹².

Os glicosinolatos são metabólitos secundários de plantas encontrados em vegetais crucíferos, como brócolis, couve, couve-flor, mostarda e repolho. Nos alimentos se encontram biologicamente inativos, devendo ser hidrolisados para exercer ação biológica nos seres humanos. Os produtos de hidrólise de glicosinolatos, como os isotiocianatos, tiocianatos e nitrilas, podem desempenhar atividades variadas, sendo a ação antioxidante e de modulação das reações de detoxificação as principais que se associam com a redução do risco de doenças crônicas^{8,13}.

Assim como qualquer outro nutriente ou componente alimentar, os compostos fenólicos, carotenoides e glicosinolatos necessitam de dados disponíveis sobre seu consumo por diversas populações para que seja possível aprofundar os conhecimentos sobre o papel na saúde humana e estabelecer recomendações de ingestão. Atualmente, os dados sobre o consumo desses compostos são escassos e insuficientes para se sugerir níveis de ingestão ideal. Estudos têm sido conduzidos em diversos países¹⁴⁻¹⁸, mas na população Brasileira, os dados ainda são escassos¹⁹⁻²². Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo estimar a ingestão de compostos fenólicos, carotenoides e glicosinolatos pela população Brasileira.

2 Revisão de literatura

2.1 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipofílicos naturais com ampla distribuição na natureza, responsáveis pelas colorações amarela, laranja e vermelha de muitos alimentos. Considerados metabólitos secundários das plantas, estão presentes em todos os organismos capazes de conduzir fotossíntese, atuando nesse processo como pigmento para absorção de luz e proteção contra danos oxidativos. Estruturalmente, os carotenoides são tetraterpenóides de 40 carbonos, formados a partir de oito unidades isoprenoides de cinco unidades de carbonos. O esqueleto básico dos carotenoides pode ser modificado por diversos processos, os quais incluem isomerização, desidrogenação e introdução de grupos contendo oxigênio, resultando em uma extensa variedade de compostos. Mais de 600 carotenoides diferentes já foram identificados na natureza e aproximadamente 100 em alimentos. Os carotenoides são encontrados em diversos alimentos vegetais, como raízes, folhas, frutas, sementes e flores. Em menor grau, estão presentes em alguns alimentos de origem animal, como ovos e peixes, uma vez que animais são incapazes de sintetizar carotenoides e os mesmos são obtidos a partir da alimentação²³.

A biossíntese dos carotenoides nas plantas envolve várias etapas, permitindo a sua classificação de acordo com características estruturais específicas. Os carotenoides estão presentes nos alimentos nas formas livre ou esterificada com ácidos graxos, e podem ser classificados em carotenos, compostos formados apenas por átomos de carbono e hidrogênio, e em xantofilas, que, além do carbono e hidrogênio, apresentam também oxigênio como parte do grupo funcional. Os carotenoides podem ser também acíclicos (cadeia aberta), monocíclicos (presença de um anel cíclico) ou bicíclicos (presença de dois anéis cíclicos). As últimas etapas da biossíntese dos carotenoides nas plantas são responsáveis pela formação dos principais compostos encontrados nos alimentos, que são o α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína, neoxantina, violaxantina e zeaxantina¹² (Figura 1).

Devido a presença de um anel β (trimetil ciclo-hexano conjugado) e uma cadeia poliênica de 11 carbonos, o α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina desempenham atividade de pró-vitamina A. Dos três, o β -caroteno é o precursor de vitamina A mais importante, tanto em termos de ocorrência nos alimentos como de bioatividade (desempenha 100% da atividade como tal, embora isso seja dependente de fatores como o tipo de alimento e estado nutricional do indivíduo). O α -caroteno e β -criptoxantina desempenham cerca de 50% da bioatividade do β -caroteno. O licopeno, por sua característica acíclica, não exerce atividade de pró-vitamina A. O mesmo vale para a luteína, zeaxantina e violaxantina, em que os dois anéis β são substituídos por radicais hidroxila, epóxido, ceto ou aldeído^{24,25}.

Figura 1 - Estrutura química dos principais carotenoides encontrados nos alimentos

Fonte: Fiedor e Burda²⁴.

Os carotenoides são encontrados nos alimentos principalmente na forma *toda-trans* (ou *all-E*), que é mais estável, embora quantidades de isômeros *cis* (ou *Z*) também possam ocorrer. Alguns tipos de processamento envolvendo calor, corte, ralagem ou trituração estão associados com a transformação dos carotenoides de isômeros *trans* para *cis*²¹. Outros fatores, como a presença de luz e ácidos, também podem provocar a isomerização *trans-cis*, embora de todos os fatores citados, o calor seja o que mais interfira nessa transformação²⁶.

Ações na redução do risco de DCNT

Os carotenoides desempenham atividades biológicas que contribuem para a redução do risco de doenças crônicas. Dentre as ações exercidas, a potente atividade antioxidante ganha destaque. Devido à extensa cadeia de duplas ligações conjugadas, os carotenoides possuem a capacidade de sequestrar diversos tipos de radicais livres, em especial o oxigênio singlete, forma altamente reativa do oxigênio molecular que danifica biomoléculas como enzimas, proteínas, lipídios e DNA, alterando a sinalização celular e implicando em eventos moleculares associados ao aumento do risco de doenças crônicas²⁷. A atividade protetora dos carotenoides contra radicais oxigênio singlete ocorre por dois mecanismos principais: por transferência física de energia do radical para o carotenoide, que consegue dissipar essa energia na forma de calor e retornar ao estado inicial, ou por meio de uma reação química com o oxigênio singlete, que resulta na destruição irreversível do carotenoide²⁶.

Por seu papel como neutralizador de radicais livres, a ingestão de carotenoides tem sido associada com a redução do risco de doenças associadas ao processo de estresse oxidativo, como

doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e câncer²⁸⁻³⁰. Especificamente nesse último, os carotenoides também podem exercer atividade de redução do risco por mecanismos celulares específicos, que incluem a modulação da sinalização intracelular, do ciclo celular e apoptose³¹.

Outro desfecho clínico relevante são as doenças crônicas associadas à visão. Alguns carotenoides, nomeadamente a luteína e a zeaxantina, estão relacionadas ao menor risco de desenvolvimento e progressão da degeneração macular relacionada à idade (DMRI), doença progressiva que afeta a mácula (região central da retina) e é a principal causa de cegueira em idosos. A luteína e a zeaxantina compõem o pigmento de cor amarela da mácula e protegem a visão por atuarem como filtro da luz azul (reduzindo o dano fotooxidativo) e como antioxidante, neutralizando radicais livres³². Na literatura científica, podem ser encontrados estudos epidemiológicos mostrando correlação inversa entre o consumo de xantofilas e o risco de DMRI^{33,34}.

Absorção e metabolismo dos carotenoides

A metabolização dos carotenoides é iniciada na boca, estômago e/ou duodeno com a ruptura mecânica e enzimática da matriz alimentar, liberando os carotenoides que são incorporados em gotículas de lipídios presentes no trato gastrointestinal. No lúmen do intestino delgado, os carotenoides são incorporados em micelas juntamente com outros componentes alimentares lipossolúveis. As soluções micelares são absorvidas através da membrana das microvilosidades da borda estriada do duodeno e do jejuno para dentro do enterócito por difusão simples e, em menor grau, por difusão facilitada via receptores SR-B1 (*scavenger receptor B type I*)^{35,36}.

É no interior dos enterócitos que ocorre a bioconversão de carotenoides em vitamina A. O β -caroteno é convertido em retinol por meio da ação de duas enzimas: β -caroteno 15,15'-mono-oxigenase (BCMO1), que cliva a molécula ao meio, originando duas moléculas de retinalaldeído, e a retinalaldeído redutase, que catalisa a redução do retinal em retinol. Os outros carotenoides com atividade pró-vitamina A podem também ser convertidos em vitamina A por meio das enzimas BCMO1 (que cliva a molécula ao meio originando retinoides) e β -caroteno 9',10'-mono-oxigenase (BCMO2), que gera apocarotenoides de cadeia longa, precursores do ácido retinoico³⁷.

Dentro da célula intestinal, os carotenoides e retinoides são incorporados em quilomícrons contendo ésteres de colesterol, fosfolipídios, triacilgliceróis e apoproteínas. Esses quilomícrons são carregados para o sistema linfático e para a circulação sistêmica, levando carotenoides para muitos tecidos extra-hepáticos, como medula óssea, vesícula, pulmões e rins. Os carotenoides que não foram capturados por tecidos periféricos são transportados para o fígado como parte do quilomícron remanescente, onde poderão ser armazenados ou metabolizados, incorporados e liberados como parte de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), de densidade intermediária (IDL), de baixa densidade (LDL) e de alta densidade (HDL). Os

carotenoides incorporados às lipoproteínas são captados por tecidos a partir de receptores de apoproteínas específicos encontrados em diversos tecidos. Além do fígado, os carotenoides podem ser armazenados no tecido adiposo e em alguns tecidos específicos, como na retina, que armazena luteína e zeaxantina³⁸.

Alguns fatores podem influenciar a absorção dos carotenoides, como idade, gênero, tabagismo, doenças intestinais e variações genéticas. Alguns fatores dietéticos também afetam a absorção desses compostos, como a presença de lipídios, que estimulam a absorção por aumentar a incorporação dos carotenoides em micelas³⁹. Ainda, isômeros *cis* de carotenoides parecem ser mais biodisponíveis que as isoformas *trans*, possivelmente devido a maior solubilidade em micelas. Outro fator determinante para a absorção é o rompimento das barreiras físicas estruturais onde os carotenoides estão localizados no tecido da planta (biacessibilidade). O tratamento térmico e a ingestão de vegetais cortados, em comparação à ingestão da folha intacta, aumentam a liberação dos carotenoides da matriz alimentar^{40,41}.

Carotenoides em alimentos

A necessidade de informações sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos é amplamente reconhecida. A análise do conteúdo de carotenoides é um desafio por diversos motivos, que incluem a existência de um grande número de carotenoides e a grande variabilidade na composição dos alimentos devido a características intrínsecas (estágio de maturação, diferenças entre cultivares e variedades) e extrínsecas (efeito climático e geográfico, parte utilizada do alimento, manejo pós-colheita, cocção e armazenamento), influenciando na qualidade e quantidade dos carotenoides. Por esses motivos, avanços têm sido buscados nos métodos analíticos empregados e na implementação de medidas que asseguram a qualidade e confiabilidade dos resultados²⁶.

Métodos para quantificação do conteúdo de carotenoides nos alimentos

Devido às variações que podem comprometer de forma qualitativa e quantitativa a composição de carotenoides nos alimentos, não há um método analítico que possa ser usado indistintamente para todos os alimentos. De forma geral, os passos básicos para a quantificação do conteúdo de carotenoides em alimentos incluem o emprego de pré-tratamentos (como tratamento térmico e desidratação), extração, saponificação, separação e análise. Dentre os métodos possíveis de extração, a extração de Soxhlet e a extração com fluido supercrítico usando gás carbônico supercrítico como solvente são consideradas superiores para a extração eficiente e seletiva de carotenoides⁴².

A saponificação é um procedimento necessário para a quantificação de xantofilas na forma de ésteres (ou seja, que se apresentam nos alimentos estruturalmente ligadas à um ácido graxo). Nesse processo, a clorofila e os lipídios são removidos da molécula do carotenoide,

reduzindo possíveis erros de interferência nos resultados. No entanto, a luteína e zeaxantina não são resistentes ao processo de saponificação e perdas sensíveis podem ocorrer. Por esse motivo, o procedimento só é recomendado quando indispensável⁴². No que se refere às técnicas utilizadas para análise de carotenoides em alimentos, as mais comuns são a cromatografia em camada fina, cromatografia líquida e análise espectrofotométrica. Desses, os métodos preferidos para análise de carotenoides em alimentos são a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e a cromatografia em coluna aberta, devido a obtenção de resultados com tempo curto de análise e alta sensibilidade⁴³.

Bases de dados de carotenoides em alimentos

A partir da obtenção do teor de carotenoides em alimentos, algumas bases de dados foram desenvolvidas. Em 2008, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas e da Universidade Estadual Paulista publicaram a *Tabela Brasileira de Composição de Carotenoides em Alimentos*, uma das maiores fontes de informações sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos brasileiros. A base de dados foi construída a partir de publicações, dissertações, teses e dados internos de laboratórios e, para assegurar a qualidade das informações, foram selecionados apenas dados obtidos por meio de análise individual de pelo menos três amostras diferentes e por HPLC ou ultra HPLC. A versão final da tabela reúne informações sobre o conteúdo de carotenoides em mais de 270 alimentos *in natura* e processados²⁶.

Além dessa, outra base com dados sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos brasileiros encontra-se disponível. A *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*, desenvolvida pela Rede Brasileira de Dados de Composição de Alimentos, Universidade de São Paulo e Food Research Center, fornece informações sobre o conteúdo de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína, zeaxantina e violaxantina em alimentos da biodiversidade brasileira. Para cada tipo de carotenoide, dados relativos ao conteúdo total e de suas formas isoméricas *trans* e *cis* em alimentos *in natura* e na sua forma pronta para consumo estão disponíveis⁴⁴.

Mais recentemente, pesquisadores de universidades de Portugal, Espanha, Brasil e Colômbia desenvolveram uma base de dados sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos Ibero-americanos, construída a partir de informações disponibilizadas em publicações. Foram selecionados dados obtidos a partir de métodos analíticos adequados (HPLC e ultra HPLC) em alimentos comumente consumidos pelas populações dos 24 países incluídos. Informações sobre alimentos silvestres ou pouco consumidos também foram incluídos. Foram compilados dados sobre o conteúdo de α -Caroteno, β -Caroteno, β -Criptoxantina, licopeno, luteína, zeaxantina e violaxantina em alimentos distribuídos em 17 grupos alimentares, que incluiu ervas aromáticas, brássicas, frutas, hortaliças, raízes, tubérculos, cereais e farinhas⁴⁵.

A BD-Carotenoides é um banco construído a partir de informações disponibilizadas em publicações sobre o conteúdo de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina em 89 alimentos comumente consumidos na Espanha, crus ou na sua forma pronta para consumo, obtidos por HPLC⁴⁶. Finalmente, a base de dados desenvolvida pela USDA é outra fonte de informações sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos. Dados sobre o conteúdo de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno e luteína+zeaxantina em 215 alimentos americanos foram compilados a partir de publicações prévias. Informações como valores médios, erro-padrão e número de estudos foram reportadas para cada alimento incluído no banco de dados⁴⁷.

Estimativa da ingestão de carotenoides

Devido às diferenças estruturais entre os diversos carotenoides presentes na alimentação e sua contribuição para a manutenção da saúde e redução do risco de doenças crônicas, é de extrema importância conhecer a ingestão de carotenoides. A estimativa da ingestão por grupos e populações permite a discussão sobre recomendações desse componente alimentar, especialmente úteis em programas governamentais de alimentação para a manutenção da saúde⁴⁵.

Nesse sentido, estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estimar a ingestão total de carotenoides e suas classes. A média de ingestão é variável, sendo menor em países do continente Americano (Tabela 1). No único estudo realizado com a população Brasileira, o cálculo foi feito com base no consumo alimentar individual dos participantes da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 e no teor de carotenoides em alimentos crus. Não foi realizado o desmembramento das receitas dos alimentos processados e preparados consumidos pelos participantes da pesquisa, que permite uma estimativa mais adequada de ingestão. Além disso, no estudo citado, foi avaliada apenas a contribuição de frutas e hortaliças para a ingestão de carotenoides²². Considerando a importância de análises mais aprofundadas, o desenvolvimento de estudos que estimem de maneira mais apurada a ingestão de carotenoides pela população Brasileira é oportuno.

Tabela 1 - Estudos que estimaram a ingestão de carotenoides por diversas populações

Referência	País	Participantes	Método de avaliação do consumo alimentar	Base de dados utilizada	Valor médio de ingestão encontrado
Beltrán-De-Miguel, Estévez-Santiago e Olmedilla-Alonso ¹⁶	Espanha	3.000 participantes, idade 18-64 anos	R24H	BD-Carotenoides	α -Caroteno: 0,3mg/d β -Caroteno: 1,5mg/d β -Criptoxantina: 0,3mg/d $\alpha + \beta$ -Caroteno: 7,6mg/d β -Criptoxantina: 1,4mg/d
Biehler et al. ¹⁷	Luxemburgo	1.452 participantes, idade 18-69 anos	QFA	Dados publicados obtidos por HPLC	Licopeno: 1,8mg/d Luteína: 1,5mg/d Violaxantina: 1,2mg/d Zeaxantina: 0,3mg/d α -Caroteno: 0,6mg/d β -Caroteno: 1,6mg/d β -Criptoxantina: 0,1mg/d
Durán-Cabral et al. ⁴⁸	República Dominicana	50 participantes, idade 22-69 anos	R24H	BD-Carotenoides	Licopeno: 1,1mg/d Luteína: 0,4mg/d Zeaxantina: 0,03mg/d Licopeno: 3,1mg/d Luteína: 0,7mg/d Zeaxantina: 0,06mg/d α -Caroteno: 0,2mg/d β -Caroteno: 2,6mg/d β -Criptoxantina: 0,2mg/d
Estévez-Santiago, Beltrán-de-Miguel e Olmedilla-Alonso ⁴⁹	Espanha	3.000 participantes, idade 18-64 anos	R24H	BD-Carotenoides	Luteína + Zeaxantina: 4mg/d Licopeno: 7,4mg/d
Lucarini et al. ⁵⁰	Itália	1.978 participantes, idade >1 ano	Diário alimentar de 7 dias	Dados publicados obtidos por HPLC	

Continua

					Conclusão
Referência	País	Participantes	Método de avaliação do consumo alimentar	Base de dados utilizada	Valor médio de ingestão encontrado
Manzi et al. ⁵¹	Austrália	3.654 participantes, idade ≥ 55 anos	QFA	USDA	α -Caroteno: 2,6mg/d β -Caroteno: 7,3mg/d β -Criptoxantina: 0,3mg/d Luteína + Zeaxantina: 0,9mg/d Licopeno: 3,7mg/d
Nebeling et al. ⁵²	Estados Unidos	8.341 participantes, idade 18-69 anos	QFA	USDA	β -Caroteno: 2,9mg/d Licopeno: 2,3mg/d Luteína: 2,2mg/d α -Caroteno: 0,3mg/d β -Caroteno: 1,8mg/d
Pelz, Schmidt-Faber & Heseker ⁵³	Alemanha	23.209 participantes, idade ≥ 4 anos	Diário alimentar de 7 dias	USDA	β -Criptoxantina: 0,05mg/d Licopeno: 1,3mg/d Luteína: 1,9mg/d α -Caroteno: 0,2mg/d β -Caroteno: 0,9mg/d
Vargas-Murga et al. ²²	Brasil	34.003 participantes, idade >10 anos	R24H	Dados publicados e obtidos por HPLC	β -Criptoxantina: 0,1mg/d Licopeno: 0,7mg/d Luteína: 0,8mg/d Zeaxantina: 0,6mg/d

QFA: questionário de frequência alimentar; R24H: recordatório alimentar de 24 horas.

2.2 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são um amplo grupo de moléculas encontradas em alimentos de origem vegetal. Considerados metabólitos secundários das plantas, estão envolvidos na defesa contra a radiação ultravioleta e agressão de patógenos, além de atribuir cor, sabor e outras características aos vegetais. Estruturalmente, os compostos pertencentes ao grupo são caracterizados pela presença de grupos hidroxila ligados a anéis aromáticos. Embora apresentem características estruturais comuns, os compostos fenólicos são altamente diversos, variando de moléculas simples a polímeros de alto peso molecular. Desta forma, de acordo com o número de anéis aromáticos e de elementos estruturais que ligam os anéis entre si, os compostos fenólicos podem ser agrupados em diferentes grandes classes, sendo os ácidos fenólicos, flavonoides, lignanas e estilbenos as quatro maiores⁵⁴ (Figura 2).

Figura 2 - Principais classes e subclasses de compostos fenólicos

Fonte: Belscak-Cvitanovic et al.⁵⁴.

Os flavonoides são os compostos fenólicos mais amplamente distribuídos em alimentos de origem vegetal, sendo encontrados em uma vasta variedade de frutas, hortaliças e grãos. Todos os constituintes do grupo flavonoide possuem estrutura básica de 15 carbonos com dois anéis aromáticos (anéis A e B) unidos por uma cadeia linear de três carbonos formando um anel heterocíclico (anel C) (Figura 3). De acordo com a posição do anel B e do grau de oxidação do anel C, os flavonoides podem ser divididos em diversas classes. As principais classes de flavonoides presentes na alimentação são os flavonóis, flavanóis, flavonas, flavanonas,

isoflavonas, antocianinas e chalconas. Dentro de cada subclasse, os compostos individuais podem variar estruturalmente de acordo com o número e posição de hidroxilas nos anéis aromáticos⁵⁵.

Os ácidos fenólicos são compostos caracterizados pela presença de pelo menos um anel aromático, um grupo carboxílico e um ou mais grupos hidroxila. São divididos principalmente em dois grandes grupos, os ácidos hidroxibenzoicos e ácidos hidroxicinâmicos, derivados de moléculas não fenólicas dos ácidos benzoico e cinâmico, respectivamente (Figura 3). Outras subclasses de ácidos fenólicos, como os ácidos hidroxifenilacéticos e hidroxifenilpropanoicos (derivados dos ácidos fenilacético e fenilpropanoico, respectivamente) são encontradas em menor distribuição nos alimentos. Presentes principalmente em cereais, café, chás e algumas frutas e oleaginosas, os ácidos fenólicos constituem cerca de um terço dos compostos fenólicos da dieta humana⁵⁶.

Figura 3 - Estrutura química geral das quatro principais classes de compostos fenólicos

Fonte: Belscak-Cvitanovic et al.⁵⁴.

As lignanas são formadas por duas unidades fenilpropano (Figura 3). Sintetizadas pela planta a partir dos ácidos hidroxicinâmicos, usualmente estão presentes em pequenas quantidades em cereais, grãos, frutas e alguns vegetais, com exceção das sementes de linhaça e gergelim, cujas concentrações apresentam-se cerca de 1.000 vezes mais altas do que em outros alimentos⁵⁷.

Por fim, os estilbenos são caracterizados por estrutura química contendo um núcleo de difeniletileno (Figura 3). Embora já tenham sido caracterizados mais de 400 compostos pertencentes a este grupo, os estilbenos estão presentes em um pequeno grupo de alimentos, sendo encontrados, portanto, em baixas quantidades na dieta humana. O resveratrol é o constituinte mais conhecido da classe, extensamente estudado por seus efeitos anticarcinogênicos⁵⁸.

Ações na redução do risco de DCNT

Estudos epidemiológicos mostram que o consumo de compostos fenólicos está associado ao menor risco de hipertensão^{59,60}, acidente vascular encefálico⁶¹, diabetes mellitus tipo 2⁶², doenças neurodegenerativas^{63,64} e alguns tipos de câncer^{65,66}. Os mecanismos moleculares pelos quais os compostos fenólicos exercem seus potenciais benefícios sobre a gênese das referidas doenças são diversos.

Um mecanismo possível para explicar os efeitos protetores é por meio da redução do estresse oxidativo. Os compostos fenólicos exercem atividade antioxidante de forma direta, por meio do sequestro e/ou neutralização de espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio (ERN), reduzindo danos em células; e de forma indireta, por meio da modulação da expressão de enzimas antioxidantes e de destoxificação, como GST, catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e glutathione peroxidase (GPx). Adicionalmente, os compostos fenólicos podem reduzir a absorção de produtos oxidados, como hidroperóxidos lipídicos. Por esses motivos, são considerados potentes agentes antioxidantes, reduzindo danos oxidativos em lipídios, proteínas, carboidratos e DNA, auxiliando para a manutenção da homeostase celular e redução do risco de doenças^{11,67,68}.

Outro mecanismo de ação proposto aos compostos fenólicos é a sua atividade anti-inflamatória. A ação sobre a inflamação relaciona-se a alvos moleculares envolvidos na cascata de sinalização da inflamação, principalmente da via do fator nuclear kappa B (NF-κB). O NF-κB modula a expressão de diversos genes que codificam enzimas e citocinas com ação pró-inflamatória. Evidencia-se que alguns compostos fenólicos inibem a ativação do NF-κB, regulando negativamente a expressão de genes envolvidos na resposta inflamatória, além de modular positivamente a produção de moléculas anti-inflamatórias, como as interleucinas 4 (IL-4), 10 (IL-10) e 13 (IL-13). Assim, de modo geral, os compostos fenólicos podem atuar em eventos celulares promovendo equilíbrio entre inflamação e estado celular normal^{68,69}.

Além das atividades mencionadas, estudos têm apontado que os compostos fenólicos podem induzir a alterações epigenéticas importantes por meio do estímulo ou inibição de microRNAs (miRNA), um grupo de RNA não-codificantes com importante papel na regulação pós-transcricional da expressão gênica. Os miRNA estão envolvidos na regulação do desenvolvimento, diferenciação e proliferação celular, da inflamação e metabolismo em processos patológicos e de senescência^{11,70}. Parece que os compostos fenólicos estão envolvidos na inibição de miRNA associados com inflamação crônica, hipertensão, doenças cardiovasculares e câncer⁷¹⁻⁷³.

Absorção intestinal, metabolismo e biodisponibilidade

A absorção dos compostos fenólicos é dependente de sua estrutura química, sendo, portanto, altamente variável. Os compostos fenólicos podem estar presentes nos alimentos na sua

forma livre (aglicona) ou na forma de ésteres, glicosídeos ou polímeros. Quando na forma aglicona, os compostos fenólicos são diretamente absorvidos no intestino delgado por difusão passiva, o que não ocorre para as formas de ésteres, glicosídeos e polímeros. O peso molecular do composto também pode afetar a sua absorção intestinal - enquanto os ácidos fenólicos são facilmente absorvidos no intestino delgado por difusão passiva, moléculas grandes, como os flavonoides proantocianidinas, são pouco absorvidos^{8,74}.

Os compostos fenólicos nas formas de ésteres, glicosídeos e polímeros necessitam de hidrólise por enzimas intestinais ou pela microflora colônica antes de serem absorvidas. Os flavonoides glicosídeos, que usualmente estão ligados a moléculas como glicose, arabinose, galactose e xilose, podem ser deglicosilados por enzimas presentes no intestino delgado, como a β -glicosidase (presente no citosol dos enterócitos) e a lactase florizina hidrozilase (presente na membrana dos enterócitos)⁷⁴. Parece que alguns transportadores de membrana estão envolvidos nesse processo, como o transportador de glicose dependente de sódio (SGLT1), que carrega flavonoides glicosídeos até o interior do enterócito para que ocorra a deglicosilação pela β -glicosidase⁷⁵. Os demais compostos fenólicos que não são absorvidos no intestino delgado, ao alcançar o cólon, são expostos a microflora colônica, que promove a hidrólise e a extensa metabolização dos compostos^{8,75}.

Os metabólitos resultantes desse processo são transportados até o fígado, via veia porta, onde podem ser novamente metabolizados por processos de conjugação. Os processos de conjugação são altamente eficientes e incluem reações de metilação, sulfatação e glucoronidação. Como resultado desses processos, obtêm-se compostos mais polares, que circulam no plasma ligados a proteínas plasmáticas, como a albumina^{8,76}. O efluxo de compostos fenólicos pode ocorrer via bile ou urina. Os compostos excretados pela bile no duodeno e, ao alcançar o cólon, são submetidos novamente à ação de enzimas bacterianas, podendo ser reabsorvidos ou submetidos à reciclagem entero-hepática (Figura 4), sendo essa última relacionada com a longa permanência de alguns compostos fenólicos no organismo⁸.

O processo de metabolização sofrido por um composto fenólico específico é determinado por dois fatores principais: estrutura química, que determina sítios passíveis de conjugações, e composição da microbiota intestinal do indivíduo. Alguns processos de metabolização podem ser desempenhados por uma ampla gama de cepas intestinais, enquanto outras são mais específicas e requerem a presença de determinadas espécies microbianas intestinais. A metabolização dos compostos fenólicos no intestino e posteriormente no fígado pode reduzir a quantidade total de compostos agliconas circulantes no plasma, entretanto, esse processo resulta na formação de metabólitos ativos promovedores dos efeitos biológicos nos mais diversos tecidos-alvo⁸.

Figura 4 - Absorção e metabolismo de compostos fenólicos em humanos

Fonte: Adaptado de Horst, Cruz e Lajolo⁸.

Nos últimos anos, o papel da metabolização pela microbiota intestinal tem ganhado a atenção de muitos pesquisadores, sendo considerado como um dos principais determinantes para a produção de metabólitos biologicamente ativos. A bioconversão colônica é altamente variável, sendo parte desta heterogeneidade atribuída à variabilidade interindividual na composição de bactérias colônicas, o que permite a classificação de indivíduos em baixos ou altos conversores de compostos fenólicos. Sugere-se que nos indivíduos considerados como altos conversores de compostos fenólicos, pode ocorrer a produção de metabólitos com atividade biológica aumentada⁷⁶.

Alguns fatores são conhecidos por influenciar a biodisponibilidade dos compostos fenólicos, e consequentemente, a sua absorção. Embora os fenólicos sejam largamente distribuídos nos alimentos, a resposta biológica à dose ingerida é variável, estando associada a fatores como idade, índice de massa corporal, função renal, genética, uso recente de antibióticos, composição da microbiota intestinal e gênero. Compostos fenólicos na forma aglicona podem ser absorvidos com maior eficiência que as suas respectivas formas ligadas a moléculas de açúcar, embora tenha sido evidenciado que a glicosilação não afeta a natureza dos metabólitos circulantes. Os efeitos da matriz alimentar sobre a biodisponibilidade dos compostos fenólicos é outro ponto que também merece atenção. Interações diretas entre os fenólicos e alguns componentes alimentares, como proteínas e polissacarídeos, podem ocorrer e interferir na absorção. A biodisponibilidade do flavonoide quercetina na forma glicosilada é maior quando consumido a partir de alimentos fontes isolados, como cebola e maçã, em comparação com a ingestão dos mesmos alimentos junto com uma alimentação completa^{8,76}. Além desses fatores, o

processamento térmico também exerce influência sobre a biodisponibilidade dos compostos fenólicos, com destaque para o pré-tratamento ou cocção com água fervente impactando de forma negativa⁷⁷.

Compostos fenólicos em alimentos

Os compostos fenólicos são encontrados em uma ampla variedade de alimentos de origem vegetal, como frutas, hortaliças, cereais e leguminosas, além de estarem presentes em bebidas preparadas com matérias-primas vegetais, como chás, café e vinho. Por diversos motivos, a estimativa do consumo médio de compostos fenólicos representa um desafio na prática. Em primeiro lugar, a diversidade das estruturas químicas e dos métodos analíticos utilizados para a quantificação dos compostos fenólicos em alimentos resulta na dispersão das informações em diversas fontes na literatura. Devido à falta de padronização dos métodos analíticos, os valores do conteúdo de determinado fenólico em um dado alimento não são facilmente comparados. Outro ponto importante que dificulta a realização de análises mais aprofundadas é a variação no conteúdo de compostos fenólicos em alimentos segundo fatores como variedade, condições de cultivo, armazenamento e processamento. Deste modo, informações detalhadas e abrangentes sobre a natureza e quantidade de compostos fenólicos presentes nos alimentos são essenciais⁷⁸.

Métodos para quantificação do conteúdo de compostos fenólicos em alimentos

Diversos métodos analíticos podem ser empregados para quantificação do teor de compostos fenólicos em alimentos. A espectrofotometria é uma técnica relativamente simples, amplamente utilizados para quantificar fenólicos totais. No entanto, os ensaios espectrofotométricos envolvem a utilização de reagentes não específicos para compostos fenólicos e os resultados podem sofrer interferência de constituintes alimentares não fenólicos. Os ensaios colorimétricos são outra técnica espectrofotométrica largamente utilizada para mensuração de compostos fenólicos em alimentos e, embora sejam simples e econômicos, fornecem uma estimativa da concentração de compostos fenólicos acima de um certo nível mínimo e não quantificam os fenólicos individualmente^{14,79}.

Além destas, outra técnica utilizada para quantificação de compostos fenólicos em alimentos é a eletroforese capilar, método que identifica compostos de baixo e médio peso molecular de forma rápida, eficiente e com alta resolução, permitindo a separação e quantificação em pequeno volume de amostra e de reagentes⁷⁹.

Dos métodos atualmente disponíveis para análise do conteúdo de compostos fenólicos em alimentos, a HPLC e a cromatografia gasosa são considerados métodos úteis, precisos e adequados, permitindo a detecção de diferentes classes de fenólicos de forma sensível e específica. Assim, a utilização das técnicas cromatográficas é recomendada, pois fornecem resultados confiáveis em tempos de análise curtos⁸⁰. Outros métodos cromatográficos que podem

ser utilizados para detecção dos compostos fenólicos, porém com menor especificidade e precisão, é a cromatografia de papel e cromatografia em camada fina, empregados para separação e identificação de fenólicos de folhas de chás e vegetais folhosos⁷⁹.

Bases de dados de compostos fenólicos em alimentos

Com base nas informações sobre o conteúdo de compostos fenólicos em alimentos, nas últimas décadas, várias bases de dados foram desenvolvidas. A Phenol-Explorer (<http://phenol-explorer.eu/>) é considerada a mais completa base de dados sobre o conteúdo de fenólicos em alimentos, com informações sobre 500 compostos fenólicos diferentes em mais de 400 alimentos. Desenvolvida pelo Instituto Nacional da Pesquisa Agrônômica da França, a Phenol-Explorer reúne dados sobre os compostos fenólicos nas suas formas glicosilada e aglicona, extraídos de estudos que utilizaram métodos analíticos de alta precisão (cromatografia gasosa e HPLC). A Phenol-Explorer inclui também informações sobre metabólitos plasmáticos e urinários de polifenóis, bem como dados farmacocinéticos detalhados. Na sua mais recente atualização, o efeito do processamento sobre o conteúdo de fenólicos em alimentos é descrito por meio do fator de retenção, importante para a obtenção de medidas mais acuradas, minimizando o risco de sub ou superestimação da ingestão desses compostos^{81,82}.

As bases de dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) são uma das mais completas fontes de informações sobre o conteúdo de flavonoides em alimentos. Disponíveis no site da USDA (<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>), as tabelas reúnem informações sobre o conteúdo de flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianinas em mais de 300 alimentos. Os teores reportados dos flavonoides correspondem principalmente às formas agliconas, com raras informações para as formas glicosiladas. Com relação aos métodos analíticos utilizados para as quantificações, foram reunidos resultados obtidos a partir de métodos como cromatografia (HPLC e cromatografia gasosa) e eletroforese capilar de zona. Não foram incluídos resultados de análises obtidas por testes com baixa especificidade, como ensaios colorimétricos^{83,84}.

Com relação às informações referentes a alimentos brasileiros, recentemente, foi lançada uma nova versão da *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*, desenvolvida pela Rede Brasileira de Dados de Composição de Alimentos, Universidade de São Paulo e Food Research Center. A nova versão fornece dados sobre o conteúdo de flavonoides em alimentos da biodiversidade brasileira e de alimentos frequentemente consumidos no país, coletados a partir de publicações contendo informações obtidas por meio de análises realizadas por HPLC⁴⁴.

Com base nas informações disponíveis no banco de dados Phenol-Explorer e da USDA, algumas outras têm sido desenvolvidas reunindo informações referentes aos principais alimentos consumidos em diversos países. A FLAVIOLA (Flavanol Food Composition Database) contém dados sobre o conteúdo de flavanóis em mais de 3.000 itens alimentares consumidos na Europa,

extraídos a partir das tabelas da USDA e Phenol-Explorer⁸⁵. O *Korean Flavonoid Database* é um banco de dados que reúne as informações sobre a quantidade de flavonoides em 3.193 alimentos consumidos pelos indivíduos participantes da maior coorte da Coreia (*Korean National Health and Nutrition Examination Survey*). As informações foram retiradas das tabelas da USDA, Phenol-Explorer e artigos científicos sobre alimentos cultivados no país⁸⁶.

No Japão, outro banco de dados foi construído, baseado na quantificação de compostos fenólicos em 77 alimentos comumente consumidos pela população por colorimetria de Folin-Ciocalteu⁸⁷. Na Finlândia, o banco de dados Fineli foi desenvolvido por meio da compilação de informações referentes às quantidades de compostos fenólicos em 143 alimentos cultivados no país, analisadas por HPLC⁸⁸.

Estimativa da ingestão de compostos fenólicos

Devido às diferenças estruturais entre os diversos compostos fenólicos presentes na alimentação e seus aspectos únicos relacionados à absorção, metabolismo e efeitos biológicos, é de extrema importância conhecer a ingestão de compostos fenólicos individuais. Essa análise permite a avaliação da associação entre a ingestão de compostos específicos e desfechos clínicos, além de possibilitar a discussão de recomendações de ingestão para o estabelecimento de políticas governamentais de alimentação para a manutenção da saúde⁷⁶.

Nesse sentido, estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estimar a ingestão de compostos fenólicos e suas classes por diversos grupos e populações. Os dados disponíveis foram obtidos, em sua maioria, por meio da análise de compostos fenólicos em suas formas agliconas presentes nos alimentos consumidos. A média de ingestão é extremamente variável, sendo maior em países mediterrâneos orientais e menor em países do continente Americano (Tabela 2). No Brasil, os dados ainda são escassos, e as análises mais consistentes foram desenvolvidas em uma pequena parcela da população (adultos e idosos da cidade de São Paulo e idosos da cidade de Viçosa)^{19,20}. Mais recentemente, foi desenvolvido um estudo estimando a ingestão de flavonoides pela população Brasileira com base nas informações de aquisição alimentar domiciliar da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 e em preparações oferecidas em um serviço de alimentação de São Paulo²¹. Considerando que a aquisição domiciliar de alimentos não reflete de maneira sensível a ingestão individual, estudos que estimem de maneira mais apurada a ingestão de compostos fenólicos pela população Brasileira são importantes.

Tabela 2 - Estudos que estimaram a ingestão de compostos fenólicos por diversas populações

Referência	País	Participantes	Método de avaliação do consumo alimentar	Composto fenólico avaliado/ Base de dados utilizada	Valor médio de ingestão encontrado
Anacleto, Lajolo e Hassimoto ²¹	Brasil	55.970 participantes, idade ≥ 10 anos	Informações de aquisição alimentar domiciliar e de serviço de alimentação	Flavonoides/ USDA e Phenol-Explorer	56mg/d (USDA) 64mg/d (Phenol-Explorer)
Arabbi, Genovese e Lajolo ⁸⁹	Brasil	904 participantes, idade ≥ 20 anos	QFA	Flavonoides/ Análise de alimentos por HPLC	59,5-106mg/d
Chun et al. ⁹⁰	Estados Unidos	8.809 participantes, idade ≥ 19 anos	R24H e QFA	Flavonoides/ USDA	189,7mg/d
González et al. ⁹¹	Espanha	304 idosos institucionalizados	QFA	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	H: 358,8mg/d M: 279,6mg/d
Grosso et al. ⁹²	Polônia	10.477 participantes, idade 45-65 anos	QFA	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	1756,5mg/d
Jun et al. ⁹³	Coreia	33.581 participantes, idade ≥ 19 anos	R24H	Flavonoides/ Korean Food Composition Database	318mg/d
Karam, Bibiloni e Tur ⁹⁴	Ilha de Maiorca	211 participantes, idade 55-80 anos	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	332,7mg/d
Kent et al. ⁹⁵	Austrália	883 participantes, Idade 14-17 anos	QFA	Flavonoides/ Phenol-Explorer	208,4mg/d
Kozłowska, Przekop, Szostak-Wegierek ⁹⁶	Espanha	60 participantes, idade 19-46 anos	QFA	Flavonoides/ USDA	297mg/d
Kozłowska, Przekop, Szostak-Wegierek ⁹⁶	Polônia	91 participantes, idade 21-28 anos	QFA	Flavonoides/ USDA	801mg/d

Continua

Referência	País	Participantes	Método de avaliação do consumo alimentar	Composto fenólico avaliado/ Base de dados utilizada	Valor médio de ingestão encontrado
Miranda et al. ¹⁹	São Paulo (Brasil)	1103 participantes, idade ≥ 20 anos	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	300,3mg/d
Murphy et al. ⁹⁷	Austrália	1.183 participantes, Idade 39-65 anos	QFA	Flavonoides/ USDA e Phenol-Explorer	626mg/d
Nascimento-Souza et al. ²⁰	Viçosa (Brasil)	620 idosos institucionalizados	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	533,7mg/d
Ovaskainen et al. ⁸⁸	Finlândia	2007 participantes, idade 25-64 anos	R24H	Compostos fenólicos/ FINELI	863mg/d
Pérez-Jimenez et al. ¹⁴	França	4.942 participantes, idade 45-60 anos	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	820mg/d
Rossi, Basset e Sammán ⁹⁸	Argentina	241 crianças, idades 6-12 anos	QFA e R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	412mg/d
Taguchi et al. ⁸⁷	Japão	610 participantes, idade 52-89 anos	QFA	Compostos fenólicos/ Busca em artigos	1492mg/d
Tetens et al. ⁹⁹	Europa	91.222 participantes, idade 19-79 anos	QFA, R24H e registro alimentar	Lignanas/ FINELI	0,4-0,6mg/d
Tressera-Rimbau et al. ¹⁰⁰	Espanha	7.200 participantes, idade 55-80 anos	QFA	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	820mg/d
Vogiatzoglou et al. ¹⁵	Europa	30.000 participantes, idade 18-64 anos	Registro alimentar e R24H	Flavonoides/ FLAVIOLA	428mg/d
Wisnuwardani et al. ¹⁰¹	Europa	2.428 adolescentes	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	326mg/d
Yahya et al. ¹⁰²	Reino Unido	246 mulheres, idade 18-50 anos	Registro alimentar	Compostos fenólicos/ USDA e Phenol-Explorer	808-1.292mg/d

Referência	País	Participantes	Método de avaliação do consumo alimentar	Composto fenólico avaliado/ Base de dados utilizada	Conclusão
					Valor médio de ingestão encontrado
Zamora-Ros et al. ¹⁰³	Europa	36.037 participantes, idade 35-74 anos	R24H	Ácidos fenólicos/ Phenol-Explorer	158,6-1.265,5mg/d
Zamora-Ros et al. ¹⁰⁴	Europa	36.037 participantes, idade 35-74 anos	R24H	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	584-1786mg/d
Zamora-Ros et al. ¹⁰⁵	México	115.315 mulheres, idade ≥25 anos	QFA	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	536-750mg/d
Zamora-Ros et al. ¹⁰⁶	Espanha	40.685 participantes, idade 35-64 anos	Registro alimentar	Resveratrol e piceid/ Busca em artigos	0,9mg/d
Ziauddeen et al. ¹⁰⁷	Reino Unido	9.374 participantes, idade ≥1,5 ano	Registro alimentar	Compostos fenólicos/ Phenol-Explorer	Crianças: 266,6mg/d Adolescentes: 455mg/d Adultos: 635,9mg/d Idosos: 1.035mg/d

QFA: questionário de frequência alimentar; R24H: recordatório alimentar de 24 horas.

2.3 Glicosinolatos

Os glicosinolatos constituem um diverso grupo de metabólitos secundários de plantas encontrados de forma abundante em vegetais crucíferos, como brócolis, couve-manteiga, couve-de-bruxelas, couve-chinesa, couve-flor, couve-rábano, couve-tronchuda, mostarda, nabo, rabanete, repolho, agrião e rúcula. Estruturalmente, os glicosinolatos são β -tioglicosídeos-N-hidroxissulfatos com um grupo β -D-glicopirranose ligado a um enxofre e uma cadeia lateral variável, derivada de aminoácidos (Figura 5). De acordo com as características do aminoácido precursor, os glicosinolatos podem ser divididos em grupos: alifáticos (derivados de metionina, leucina, isoleucina, valina ou alanina), aromáticos (derivados da tirosina e fenilalanina) e heterocíclicos ou indólicos (derivados do triptofano)^{108,109}.

Figura 5 - Estrutura química geral dos glicosinolatos

Fonte: Adaptado de Horst, Cruz e Lajolo⁸.

Nos alimentos, os glicosinolatos encontram-se biologicamente inativos, necessitando ser hidrolisados para exercer atividade biológica^{8,18}. A hidrólise dos glicosinolatos ocorre por reação enzimática mediada pela enzima mirosinase, uma β -tioglicosidade glicohidrolase que se encontra fisicamente separada dos glicosinolatos quando a célula está intacta. Para que a mirosinase entre em contato com os glicosinolatos, é necessário que a planta sofra algum tipo de dano que proporcione a ruptura das paredes celulares. Os produtos biologicamente ativos resultantes da reação enzimática são os isotiocianatos, tiocianatos, nitrilas, indol-3-carbinol e sulforafano¹⁸ (Figura 5).

Ações na redução do risco de DCNT

A ação mais estudada dos glicosinolatos é sobre a redução do risco de diversos tipos de câncer. Estudos de coorte prospectiva apontam associações inversas entre o consumo de vegetais

crucíferos, como repolho, brócolis e couve-flor, e o risco de câncer de pulmão, estômago e mama^{110,111}. Revisão sistemática com meta-análise reunindo resultados de estudos do tipo caso controle mostrou que o consumo de vegetais crucíferos pelo menos uma vez por semana foi associado com a redução do risco de diversos tipos de câncer, em comparação ao consumo nulo ou inferior a uma vez por semana. O consumo de vegetais crucíferos foi especialmente protetor para câncer do trato digestório superior, colorretal, de mama e rins¹¹².

Os mecanismos de ação associados ao efeito protetor do consumo de vegetais crucíferos estão associados aos produtos da hidrólise dos glicosinolatos. Esses metabólitos podem atuar na redução do risco de câncer por meio da indução de vias de eliminação de compostos carcinogênicos antes que os mesmos possam danificar biomoléculas. Evidências apontam que o isotiocianato, indol-3-carbinol e sulforafano são inibidores parciais das enzimas de fase I e potentes indutores das enzimas de fase II. Algumas substâncias com ação pró-carcinogênica requerem a biotransformação por enzimas de fase I (como as do citocromo P450) para formar metabólitos ativos com potencial de ligação ao DNA, induzindo mutações. Por outro lado, as enzimas de fase II podem exercer efeito protetor contra carcinogênicos e espécies reativas de oxigênio (ERO), por meio de reações que aumentam a solubilidade do composto, propiciando a sua eliminação pelo organismo^{113,114}.

A atividade antioxidante é outra ação exercida por este grupo de compostos bioativos. Acredita-se que a maior parte da ação antioxidante ocorra por mecanismos indiretos, por estímulo à defesa antioxidante endógena, e não por inativação ou neutralização direta de radicais livres^{115,116}. Assim, esse grupo de compostos pode reduzir os danos oxidativos em biomoléculas e modular eventos celulares que se associam à diminuição do risco de doenças crônicas.

Absorção, metabolismo e biodisponibilidade

Poucas informações estão disponíveis sobre a liberação, absorção, distribuição, metabolismo e excreção de glicosinolatos e seus metabólitos. Após a ingestão, a hidrólise dos glicosinolatos pode ocorrer por meio da ação da enzima mirosinase presente no próprio vegetal ou pela ação da enzima β -glicosidase presente na mucosa intestinal. A mastigação exerce um importante papel no rompimento das paredes celulares e liberação da mirosinase, aumentando a formação dos metabólitos ativos. Vale ressaltar que a mastigação só é especialmente importante no caso da ingestão de alimentos não processados, uma vez que altas temperaturas inativam a mirosinase, impedindo, assim, a formação dos compostos com atividade biológica durante a mastigação. No entanto, mesmo com a inativação completa da enzima, ainda há a formação de isotiocianatos pela microbiota do hospedeiro¹¹⁷.

Relata-se que uma porção substancial dos glicosinolatos chegam intactos ao cólon, ocorrendo poucas alterações durante a digestão gástrica e intestinal. Embora no cólon ocorra a hidrólise dos glicosinolatos pela β -glicosidase, a contribuição da metabolização colônica para a

formação de metabólitos ativos a partir dos glicosinolatos ainda não está completamente esclarecida¹¹⁸.

Devido à baixa recuperação de glicosinolatos intactos nas fezes, acredita-se que possam ser absorvidos sem hidrólise prévia através de transporte passivo ou ativo, a depender da estrutura e cadeia lateral do glicosinato em questão. No caso dos glicosinolatos hidrolisados, os produtos de degradação podem ser absorvidos por transporte ativo, possivelmente via transportadores de glicose, ou passivo, devido às características hidrofílicas e baixo peso molecular desses compostos. Após a absorção, os metabólitos são levados para o fígado via veia porta, onde são extensivamente metabolizados com a glutathione (GSH) por meio de reações de conjugação por ação da enzima glutathione S-transferase (GST). Ainda dentro dos enterócitos, podem ocorrer reações de conjugação de metabólitos com a GSH, porém em menor extensão do que no fígado⁸.

Os subprodutos obtidos a partir da metabolização são distribuídos pelo corpo e acumulados em diferentes tecidos. No entanto, a escassez de métodos apropriados para determinar a concentração de metabólitos limita o entendimento de sua distribuição corporal. Os efeitos biológicos estão associados às diferenças na concentração de GSH nos órgãos, uma vez que doses elevadas de metabólitos, em especial isotiocianatos, resultam em superexpressão da GSH. Após a metabolização hepática, os metabólitos são excretados pela urina pela via do ácido mercaptúrico⁸.

Glicosinolatos em alimentos

O conhecimento do teor de glicosinolatos nos alimentos é fundamental para a avaliação de seus efeitos biológicos. No entanto, é difícil ter uma estimativa desse valor devido às variações que podem comprometer de forma qualitativa e quantitativa a composição de glicosinolatos nos alimentos, que pode variar segundo a espécie, variedade e idade fisiológica da planta, condições climáticas, práticas agronômicas, uso de defensivos agrícolas, condições de estocagem e processamento dos alimentos¹⁸.

Por esses motivos, torna-se difícil o desenvolvimento de uma base de dados sobre o conteúdo de glicosinolatos em alimentos. Até o momento, três bancos de dados sobre o teor de glicosinolatos em alimentos encontram-se disponíveis. Em 2003, McNaughton & Marks publicaram uma base de dados reunindo informações sobre o conteúdo total de glicosinolatos em 26 vegetais crucíferos submetidos a diferentes tipos de processamento domésticos, determinado por cromatografia gasosa ou HPLC¹¹⁹. Anos depois, Steinbrecher & Linseisen desenvolveram um banco de dados reunindo informações sobre 26 glicosinolatos individuais em 18 vegetais crucíferos. Os dados foram coletados a partir de artigos publicados que quantificaram o conteúdo de glicosinolatos a partir de cromatografia gasosa ou HPLC¹⁸.

Estimativa da ingestão de glicosinolatos

Devido à escassez de informações aprofundadas sobre o conteúdo de glicosinolatos em alimentos, poucos estudos foram desenvolvidos estimando a ingestão desse grupo de compostos bioativos. Estudo utilizando dados de 2.121 participantes da coorte EPIC-Heidelberg estimou um consumo total de glicosinolatos de 14,2 mg/ dia para homens e 14,8 mg/ dia para as mulheres, sendo o brócolis, couve-de-bruxelas e couve-flor os principais alimentos contribuintes para a ingestão de glicosinolatos nessa população¹⁸. No estudo de Agudo et al., que incluiu dados de consumo alimentar de 40.684 adultos, a ingestão média diária de glicosinolatos estimada foi de 6,5mg¹²⁰. Outro estudo foi desenvolvido nos países do Reino Unido utilizando informações de ingestão do *National Food Survey*. A ingestão média encontrada foi de 29,4 mg/ dia, com uma ampla variação entre os países. Os quatro principais vegetais crucíferos consumidos foram o repolho, couve-flor, couve-de-bruxelas e nabo¹²¹.

Não existem estudos estimando a ingestão de glicosinolatos pela população brasileira. Considerando a escassez de informações sobre o consumo e os efeitos à saúde da ingestão desses compostos, principalmente na redução do risco de câncer, faz-se necessário que análises mais aprofundadas sejam realizadas.

3 Justificativa

As DCNT são um grande problema de saúde pública global e representam uma importante ameaça à saúde, ao desenvolvimento humano e ao crescimento econômico, sendo responsável por uma parcela considerável de mortes prematuras, especialmente em países de baixa e média renda. A alta prevalência desse grupo de doenças associa-se ao crescimento de fatores de risco modificáveis, como tabagismo, sedentarismo, uso prejudicial de álcool e alimentação não saudável. Nesse sentido, políticas de saúde têm sido implementadas visando reduzir os fatores de risco para prevenção e controle das DCNT.

A alimentação exerce forte impacto sobre o risco de DCNT, e alguns componentes alimentares específicos, como os carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos, têm sido associados com o menor risco destas doenças. Dentre as ações desempenhadas por estes compostos, destaca-se a potente atividade antioxidante, anti-inflamatória e de indução de vias de eliminação de xenobióticos, auxiliando na manutenção e promoção da saúde.

Os estudos sobre os carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos têm avançado e, de forma similar a outros nutrientes ou componentes alimentares presentes na dieta habitual, faz-se necessário que dados sobre seu consumo por diversos grupos e populações estejam disponíveis, para que seja possível aprofundar os conhecimentos sobre o papel destes compostos na redução do risco de DCNT e estabelecer recomendações de ingestão. Atualmente, estudos vêm sendo desenvolvidos em diversos países, mas na população brasileira, os dados ainda são escassos. Ainda, esses estudos, em sua maioria, apresentam algumas inconsistências metodológicas, como o não desmembramento das receitas dos alimentos preparados e processados, o que permitiria uma estimativa mais sensível de ingestão.

4 Objetivos

4.1 Objetivo geral

Estimar a ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos pela população brasileira.

4.2 Objetivos específicos

- Verificar a distribuição da ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos segundo características sociodemográficas;
- Determinar quais são os principais alimentos contribuintes para a ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos.

5 Metodologia

5.1 População

Este trabalho é baseado na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009. A POF é uma pesquisa populacional desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com o Ministério da Saúde com o objetivo de investigar a composição dos orçamentos domésticos a partir da mensuração das estruturas de consumo, alocação dos gastos e distribuição dos rendimentos. Periodicamente, as publicações das POFs fornecem dados nacionais sobre a disponibilidade domiciliar de alimentos para análises de tendências de consumo, possibilitando a identificação de padrões e mudanças temporais na alimentação no Brasil. Na mais recente publicação da POF (2008-2009), foram divulgadas, pela primeira vez, informações sobre o perfil nutricional da população, incluindo dados de consumo alimentar individual dentro e fora do domicílio em dois dias não consecutivos.

As pesquisas domiciliares desenvolvidas pelo IBGE apresentam infraestrutura amostral comum (amostra-mestra), que permite a seleção de diversas subamostras de acordo com características específicas da pesquisa que será desenvolvida. A subamostra para a POF 2008-2009 foi selecionada por amostragem aleatória simples, sendo selecionados 4.606 setores censitários de um total de 12.800 pertencentes à amostra-mestra. Os aspectos pertinentes ao planejamento, dimensionamento e seleção da amostra-mestra e da subamostra da POF 2008-2009 podem ser vistos em detalhes em publicação do IBGE¹²². Para a coleta das informações sobre consumo alimentar, foi estabelecido que, a cada quatro domicílios selecionados para a POF 2008-2009, um deles foi selecionado para responder sobre o consumo alimentar pessoal de seus moradores. Desta forma, as informações foram coletadas em 13.569 domicílios, que corresponderam a uma subamostra de 24,3% do total de domicílios investigados na pesquisa, sendo obtidas informações de consumo alimentar pessoal de 34.003 indivíduos.

5.2 Avaliação do consumo alimentar e extração dos dados

Na POF 2008-2009, os dados de consumo alimentar individual foram coletados na mencionada subamostra de domicílios, por meio do Bloco de Consumo Alimentar Pessoal. O instrumento foi estruturado em três quadros, sendo um para identificação e controle do questionário, contendo dados do participante, e outros dois destinados ao registro do consumo de alimentos ao longo de um dia inteiro (registro alimentar) para dois dias não consecutivos, independente do local de consumo (dentro ou fora do domicílio), para todos os residentes com 10 anos ou mais de idade. As informações de consumo alimentar foram registradas pelos próprios moradores e complementadas, quando necessário, pelo agente de pesquisa em entrevistas nas quais o profissional treinado revisava o preenchimento realizado. Para realizar o registro alimentar, os indivíduos foram orientados a registrar detalhadamente, além dos nomes das bebidas

e alimentos consumidos, o tipo de preparação, a quantidade consumida em medidas caseiras, o horário e se o consumo ocorreu no domicílio ou fora dele. Para auxílio das quantidades consumidas, os informantes receberam um material com fotografias de recipientes e utensílios comumente utilizados para servir alimentos e bebidas. Nos casos em que o participante esteve impossibilitado ou impedido de realizar os registros diários, o preenchimento pode ser efetuado com a ajuda de outro morador. Importante ressaltar que nos registros alimentares foram citados apenas os alimentos consumidos, não sendo incluídos suplementos alimentares consumido.

Os dados de consumo alimentar individual são disponibilizados na forma de microdados no site do IBGE. A extração e validação dos microdados para obtenção das informações de consumo alimentar individual foram desenvolvidas por estatístico em parceria com o ILSI Brasil, com o auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS). Os detalhes do processo podem ser encontrados em publicação do ILSI Brasil¹²³. Após tratamento dos microdados com auxílio do programa estatístico, foi obtido um arquivo contendo as variáveis unidade da federação, código do informante, código do tipo de alimento, código da forma de preparação, número do quadro, horário do consumo, fator de expansão 2 e quantidade final em gramas. As variáveis citadas foram utilizadas para o cálculo das estimativas de consumo alimentar. A descrição de cada variável está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Variáveis utilizadas para o cálculo das estimativas de consumo alimentar

Variável	Descrição
Código do informante	Identifica o morador, sua unidade de consumo, seu domicílio e seu setor da amostra
Fator de expansão 2	Identifica o peso amostral, utilizado para o cálculo das estimativas de consumo alimentar
Código do tipo de alimento	Identifica o código do tipo de alimento consumido
Código da forma de preparação	Identifica o código referente a forma de preparação sob a qual o alimento se encontrava no momento em que foi consumido
Número do quadro	Refere-se aos quadros destinados ao preenchimento das informações sobre o consumo de alimentos, identificando o consumo no primeiro e/ ou segundo dia de registro
Quantidade final em gramas	Quantidade final em gramas do alimento consumido
Unidade da federação	Identifica o código da unidade da federação
Estrato geográfico	Identifica a localização do domicílio (área urbana ou rural)

Continua

Variável	Descrição
Idade calculada em anos	Identifica a idade do morador em anos completos
Gênero	Identifica o gênero do morador
Curso mais elevado que frequentou	Identifica o curso mais elevado que o morador frequentou
Conclusão do curso mais elevado	Identifica se o morador concluiu o curso mais elevado que frequentou
Renda per capita da unidade de consumo	Identifica o valor da renda total mensal (somatório dos rendimentos monetários e não monetários mensais) da unidade de consumo dividida pelo número de integrantes da unidade de consumo

Os códigos referentes a cada uma das variáveis acima descritas foram substituídos de acordo com as informações disponíveis na tabela “Código e descrição da fonte de referência da composição de alimentos por 100 gramas de parte comestível”, que pode ser acessada por meio da publicação da POF 2008-2009 “Tabela de composição nutricional de alimentos consumidos no Brasil”¹²⁴.

Os alimentos contidos nos registros alimentares foram citados em sua forma final de consumo e, por este motivo, as receitas dos alimentos preparados e processados foram desmembradas para que seja possível estimar as quantidades dos alimentos/ ingredientes que as compõem. O desmembramento das receitas foi feito com auxílio do programa ILSI – Análise do consumo alimentar médio per capita da população brasileira, que se encontra disponível no site do ILSI Brasil (www.ilsil.org.br). No programa, é possível encontrar as informações referentes às quantidades de cada alimento *in natura* que compõe 100g das receitas citadas nos registros alimentares da POF 2008-2009. As etapas seguidas para o desmembramento das receitas podem ser encontradas em publicação do ILSI Brasil¹²³.

Nos registros alimentares, foram citados 414 alimentos com até 15 possibilidades de opções para forma de preparação (cru, cozido, grelhado/na brasa/churrasco, assado, frito, empanado, refogado, molho vermelho, molho branco, ao alho e óleo, com manteiga/óleo, ao vinagrete, ensopado, mingau e sopa), além da opção “não se aplica”. Após o desmembramento das receitas dos alimentos processados e preparados e exclusão dos alimentos sinônimos (exemplo: acajã e cajã, ananás e abacaxi, maricota e tangerina, etc), obteve-se uma lista final de 417 alimentos para pesquisa do teor de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos.

5.3 Estimativa da ingestão de compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos dos alimentos mencionados nos registros alimentares foi calculado com base nas quantidades dos alimentos *in natura* que compõem as receitas. Para o cálculo, inicialmente foram priorizadas informações de alimentos brasileiros obtidas HPLC disponíveis em publicações, dissertações, teses e por meio da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos⁴⁴. A busca de informações referentes a alimentos cultivados em território brasileiro foi realizada no intuito de fornecer estimativas de ingestão mais precisas, sendo especialmente importante para a obtenção de dados sobre o teor de compostos fenólicos em alimentos regionais. Na ausência de dados, as informações foram obtidas a partir da base de dados Phenol Explorer e da USDA⁸²⁻⁸⁴.

Para medições precisas da ingestão de compostos fenólicos, o efeito do processamento foi considerado. Na mais recente atualização da Phenol Explorer, o efeito do processamento sobre o teor de compostos fenólicos é descrito por meio do fator de retenção (FR), que descreve aumentos ou reduções na concentração de compostos fenólicos por meio das alterações de peso do alimento com o processamento. Os valores de FR são obtidos por meio do cálculo mostrado a seguir e foi multiplicado pelo valor de cada composto fenólico no alimento cru. Valores de FR menores que 1 indicam que ocorre redução da concentração do composto fenólico com o processamento, enquanto que valores maiores ou iguais a 1 indicam a completa retenção ou o aumento no teor de fenólicos¹²⁵.

$$\text{Fator de retenção} = \frac{\text{concentração do fenólico no alimento processado}}{\text{concentração do fenólico no alimento cru}} \times \text{fator de rendimento}$$

Sendo:

$$\text{Fator de rendimento} = \frac{\text{peso do alimento após o processamento}}{\text{peso do alimento antes do processamento}}$$

Considerando que alguns tipos de processamentos não promovem alterações de peso no alimento, informações disponíveis em artigos sobre o teor de compostos fenólicos em alimentos processados foram consideradas, assim como no caso de alimentos cujo fator de retenção não estava descrito na base de dados Phenol Explorer.

No que se refere à estrutura química dos compostos fenólicos, o seu teor nos alimentos foi considerado na sua forma aglicona. Para os compostos fenólicos reportados nas suas formas glicosídicas, os valores foram convertidos dividindo pelo seu peso molecular e multiplicando pelo peso molecular da aglicona correspondente.

Alguns alimentos citados nos registros alimentares podem ser combinados com várias possibilidades na base de dados Phenol-Explorer (por exemplo, o azeite de oliva pode corresponder a azeite extra virgem, virgem ou refinado; arroz branco pode corresponder a parboilizado ou refinado) e, assim, o teor de compostos fenólicos desses alimentos será considerado de acordo com o consumo habitual da população brasileira (azeite de oliva virgem e arroz refinado). A ingestão individual de compostos fenólicos a partir de cada alimento foi calculada multiplicando o teor de cada composto pela quantidade total consumida em gramas. A ingestão total de fenólicos foi determinada pela somatória da ingestão de cada composto a partir de todos os alimentos reportados nos registros.

5.4 Estimativa da ingestão de carotenoides

O cálculo da ingestão de carotenoides foi feito com base no consumo de alimentos a partir das receitas desmembradas. Foram selecionadas informações de alimentos brasileiros obtidas a partir de HPLC, disponíveis em publicações, dissertações, teses e por meio da Tabela Brasileira de Composição de Carotenoides em Alimentos²⁶, da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos⁴³ e da Tabela Ibero-Americana de Carotenoides em Alimentos⁴⁵. Na ausência de dados, as informações foram obtidas a partir de dados disponíveis em publicações sobre o teor de carotenoides em alimentos cultivados em outros países e obtidos por HPLC⁴⁵⁻⁴⁷.

Para estimativas de ingestão mais precisas, as informações sobre o conteúdo de carotenoides em alimentos segundo a sua forma de consumo foram priorizadas. A ingestão total de carotenoides foi determinada pela somatória da ingestão de cada carotenoide a partir de todos os alimentos reportados em cada um dos registros alimentares.

5.5 Estimativa da ingestão de glicosinolatos

O cálculo da ingestão de glicosinolatos foi feito com base no consumo de alimentos a partir das receitas desmembradas. Dados analíticos sobre o conteúdo de glicosinolatos em alimentos foram obtidos a partir das tabelas disponíveis em duas publicações^{18,119}. Foram priorizadas informações sobre o conteúdo de glicosinolatos em alimentos segundo a sua forma de consumo. A ingestão total de glicosinolatos foi determinada pela somatória da ingestão de cada glicosinolato individual a partir de todos os alimentos reportados em cada um dos registros alimentares.

5.6 Dados sociodemográficos

Uma vez que a POF fornece informações sobre a composição dos orçamentos domésticos a partir da mensuração das estruturas de consumo, alocação dos gastos e distribuição dos rendimentos, os dados referentes a escolaridade e renda per capita mensal, bem como idade e sexo, foram utilizados para avaliar a distribuição de ingestão de carotenoides, compostos

fenólicos e glicosinolatos. Foi possível, também, analisar os resultados segundo macrorregiões (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste) e situação de domicílio (urbana e rural).

5.7 Análise estatística

As informações de ingestão alimentar obtidas a partir dos dois registros alimentares de 24 horas foram ajustadas estatisticamente para a distribuição usual de ingestão e remoção da variação intrapessoal usando a técnica de modelagem estatística *Multiple Source Method*. A distribuição de normalidade das variáveis contínuas foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Uma vez que as variáveis contínuas não apresentaram distribuição normal, as mesmas foram descritas a partir de medianas e intervalo interquartil para fornecer as informações de ingestão (mg/d) de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos por toda a população estudada. O teste Kruskal-Wallis com post-hoc Dunn (valores de significância ajustados pela correção de Bonferroni) foi utilizado para testar as diferenças de ingestão de acordo com características sociodemográficas. Para todas as análises, a ingestão de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos foi ajustada para o consumo energético, sendo expressa como mg/1000 kcal. Os principais contribuintes alimentares para a ingestão das subclasses de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos foram determinados por porcentagem de contribuição. As análises foram realizadas com o uso do desenho amostral complexo, bem de fatores de expansão para representatividade da população brasileira. Foi considerado nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Todos os dados foram organizados utilizando Microsoft Excel 2010 e analisados utilizando o software Stata (versão 14).

6 Resultados

O presente estudo foi realizado a partir das informações de 34.003 participantes. A idade dos indivíduos variou entre 10 e 104 anos, sendo que mais da metade da população (67,6%) encontrava-se na faixa entre 19 e 59 anos. A região Sudeste do país foi a região com maior número de participantes incluídos na pesquisa (43%), seguida da região Nordeste (27,6%). Analisando a distribuição da população segundo situação de domicílio, é possível observar que uma parcela maior da população (83,5%) residia em áreas urbanas. No que se refere à escolaridade, o tempo total de estudo mais prevalente foi de 1 a 5 anos (33,6%). Com relação à renda, o valor mediano de renda per capita é de R\$511,15. As características gerais da população estudada e suas distribuições entre os sexos estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características da população* estudada. Brasil, 2008-2009.

Características	Homens		Mulheres		População total	
	n	%	n	%	n	%
Idade						
10-13 anos	1.515	8,7	1.569	7,9	3.084	8,3
14-18 anos	1.905	11,7	1.950	10,3	3.855	10,9
19-59 anos	10.287	66,5	12.455	68,5	22.742	67,6
≥60 anos	1.993	13,1	2.329	13,3	4.322	13,2
Região						
Norte	2.513	8,1	2.761	7,6	5.274	7,8
Nordeste	5.748	27,3	6.867	27,9	12.615	27,6
Centro-Oeste	2.130	6,6	2.515	6,8	4.645	6,7
Sudeste	3.351	43	3.951	42,9	7.302	43
Sul	1.958	15	2.209	14,8	4.167	14,9
Situação do domicílio						
Urbano	11.519	82	14.234	84,9	25.753	83,5
Rural	4.181	18	4.069	15,1	8.250	16,5
Curso mais elevado concluído**						
Ensino elementar	1.870	37,5	2.096	35,5	3.966	36,4
Ensino médio	2.157	43,8	2.981	45,7	5.138	44,9
Ensino superior	693	18,7	1.012	18,8	1.705	18,7
Renda						
Renda per capita	R\$503,83±15,71		R\$499,92±21,50		R\$511,15±23,00	

Fonte: Estimativas baseadas nas informações disponibilizadas pelo IBGE (2010).

*Análises consideram o desenho amostral complexo e peso amostral para representatividade da população brasileira.

**Apenas adultos e idosos.

6.1 Carotenoides

6.1.1 Carotenoides totais e subclasses

Da totalidade de 417 alimentos consumidos na sua forma in natura ou processados e preparados, para 200 não foram obtidas informações sobre o teor de carotenoides. De 217 alimentos com informações disponíveis, 131 foram cultivados em território brasileiro, sendo os demais cultivados em outros países e as informações foram extraídas de bases de dados internacionais e artigos publicados (Tabela 5).

Tabela 5 - Obtenção das informações sobre o teor de carotenoides nos alimentos

Total	Alimentos sem informações disponíveis	Alimentos com informações disponíveis
417 alimentos	200	217 131 alimentos brasileiros (60,4%) 86 alimentos de outros países (39,6%)

A ingestão diária de carotenoides totais e classes segundo fatores sociodemográficos encontra-se nas Tabela 6. O valor mediano de ingestão de carotenoides totais é 1782,2 mcg/dia após o ajuste da variável para o consumo energético. De todas as classes analisadas, o licopeno e o β -caroteno estiveram presentes em maior quantidade na dieta da população estudada (619,6 e 451,2 mcg/dia, respectivamente) e a neoxantina, em menor quantidade (1,4 mcg/dia). Analisando o consumo segundo sexo, é possível observar que a ingestão de todas as classes de carotenoides e de carotenoides totais foi maior por mulheres ($p=0,0001$). Na comparação por faixas etárias, nota-se que adultos e idosos apresentaram ingestão de β -caroteno, licopeno, neoxantina, violaxantina e carotenoides totais maior, em comparação ao grupo das crianças e adolescentes ($p\leq 0,019$).

A distribuição do consumo de carotenoides por macrorregião variou muito. Enquanto a ingestão de β -criptoxantina, luteína, neoxantina, violaxantina e zeaxantina foi maior na região Nordeste, a ingestão de β -caroteno e licopeno foi maior na região Centro-Oeste e de α -caroteno, na região Sul. Comparando as prevalências de consumo por situação de domicílio, observa-se que os indivíduos residentes em áreas rurais apresentaram consumo significativamente maior de β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, neoxantina, violaxantina, zeaxantina e carotenoides totais, em comparação às áreas urbanas ($p\leq 0,0047$).

Com relação à escolaridade, observa-se que os indivíduos com ensino superior completo apresentaram consumo de carotenoides totais e classes (com exceção da neoxantina e zeaxantina) significativamente maior ($p=0,0001$), em comparação àqueles com ensino elementar completo.

Tabela 6 - Ingestão de carotenoides totais e classes (mcg/dia) segundo fatores sociodemográficos

Subgrupos	n	α -Caroteno		β -Caroteno		β -Criptoxantina		Licopeno		Luteína	
		Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ
Participantes	34.003	52,6	21,3-175,1	451,2	232,1-807,4	19,8	7,4-58,4	619,6	280,7-1163,8	189,6	133,0-295,6
Sexo											
Masculino	15.700	46,3	19,4-136,7	404,8	206,0-716,0	17,2	6,7-50,6	544,9	249,6-1034,0	180,9	125,5-284,5
Feminino	18.303	59,1	23,7-213,0	494,2	260,1-887,9	22,3	8,1-65,3	687,5	311,6-1268,1	197,1	139,5-303,7
<i>P</i> *		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Idade											
10-13 anos	3.084	49,4	21,6-175,7	394,5	213,8-684,2	21,7	7,9-59,2	506,0	247,0-914,3	180,6	135,1-261,4
14-18 anos	3.855	41,7	17,6-114,2	336,1	174,4-601,8	17,8	6,5-48,5	450,7	213,0-930,5	179,8	129,5-266,3
19-59 anos	22.742	52,0	21,1-169,2	460,7	236,0-806,2	19,1	7,3-57,1	649,5	300,5-1197,8	188,3	132,0-294,5
≥ 60 anos	4.322	71,0	26,8-274,4	583,7	296,9-1088,7	24,2	8,7-80,9	721,4	304,3-1369,8	213,6	142,2-358,2
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Região											
Norte	5.274	55,2	22,0-149,0	348,0	164,6-676,0	17,9	6,7-47,1	434,9	190,9-903,9	152,4	97,8-234,2
Nordeste	12.615	48,2	21,3-166,5	474,3	248,2-823,0	34,4	12,3-79,5	473,8	223,3-979,8	230,8	152,9-366,7
Centro-Oeste	4.645	54,2	23,6-185,0	528,4	272,7-909,9	15,3	6,9-45,6	856,0	416,1-1489,3	162,5	109,6-254,9
Sudeste	7.302	53,0	20,6-172,9	435,0	222,9-790,7	14,8	6,1-44,6	673,2	312,5-1200,1	181,8	131,8-267,6
Sul	4.167	59,4	22,5-203,0	475,3	260,6-847,0	16,1	7,8-61,3	789,5	386,4-1324,7	190,4	141,4-275,7
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Estrato											
Urbano	25.753	53,4	21,4-179,0	444,5	228,6-795,9	18,5	7,2-54,4	637,4	295,1-1181,9	185,9	132,9-279,2
Rural	8.250	47,7	20,7-155,8	488,1	256,2-871,6	28,0	8,9-76,4	523,9	236,7-1052,0	222,6	133,4-391,2
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Curso mais elevado concluído											
Ensino elementar	3.966	56,6	22,6-210,1	486,9	255,9-887,0	17,8	7,2-52,1	705,9	320,0-1265,5	188,6	136,9-288,5
Ensino médio	5.138	50,2	21,5-157,4	463,9	245,8-795,7	17,8	7,0-53,0	696,5	328,3-1276,8	186,0	132,9-277,7
Ensino superior	1.705	76,0	28,5-246,0	648,2	406,2-1020,7	26,5	9,5-94,4	983,7	503,6-1627,2	204,6	150,8-309,4
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0264	

Continua

Subgrupos	n	Conclusão							
		Neoxantina		Violaxantina		Zeaxantina		Carotenoides totais	
		Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ
Participantes	34.003	1,4	0,4-5,9	24,0	10,3-66,7	76,3	50,4-118,8	1782,2	1056,9-2866,2
Sexo									
Masculino	15.700	1,2	0,4-5,1	22,4	9,4-60,7	73,3	47,4-116,3	1604,0	957,6-2578,9
Feminino	18.303	1,6	0,5-6,7	25,4	11,2-72,1	78,6	53,0-120,6	1944,6	1169,7-3122,3
<i>P</i> *		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Idade									
10-13 anos	3.084	1,1	0,4-4,6	22,1	9,8-57,7	81,9	55,2-130,6	1579,4	985,1-2438,7
14-18 anos	3.855	1,2	0,4-4,6	20,3	8,9-52,2	79,0	52,9-122,2	1402,3	846,4-2327,8
19-59 anos	22.742	1,4	0,4-6,1	24,2	10,5-67,4	74,8	49,6-116,1	1816,8	1082,0-2869,7
≥60 anos	4.322	1,7	0,5-8,1	26,9	11,6-83,5	78,3	51,6-123,8	2214,8	1259,2-3673,4
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Região									
Norte	5.274	1,2	0,4-4,4	21,5	8,6-53,9	57,9	31,9-90,6	1334,9	784,8-2288,6
Nordeste	12.615	1,8	0,5-10,8	30,4	11,3-99,2	107,3	63,6-184,4	1828,8	1095,7-2882,1
Centro-Oeste	4.645	1,3	0,4-4,7	20,9	9,6-51,7	60,8	39,6-93,8	1993,5	1165,7-3231,7
Sudeste	7.302	1,3	0,4-5,5	21,3	9,6-61,8	71,4	49,9-101,3	1738,2	1049,0-2848,7
Sul	4.167	1,1	0,4-4,1	25,7	12,5-55,6	75,8	53,1-108,3	1937,8	1168,6-3029,4
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	
Estrato									
Urbano	25.753	1,4	0,4-5,8	23,4	10,3-63,4	74,8	50,7-111,8	1752,2	1048,0-2824,9
Rural	8.250	1,5	0,5-7,5	27,8	10,6-92,4	91,4	48,9-173,8	1899,5	1115,3-3118,5
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0017		0,0047	
Curso mais elevado concluído									
Ensino elementar	3.966	1,4	0,5-5,9	22,7	9,6-60,7	73,4	51,1-109,2	1895,9	1112,2-3057,3
Ensino médio	5.138	1,4	0,4-6,6	25,0	11,0-66,0	73,2	49,6-110,4	1825,6	1111,4-2912,6
Ensino superior	1.705	1,9	0,5-17,6	35,1	14,4-97,9	72,8	50,9-102,8	2457,6	1565,2-3588,2
<i>P</i>		0,0760		0,0001		0,0026		0,0001	

*Comparações entre os grupos foram realizadas usando o teste Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

IIQ: Intervalo interquartil.

Na comparação das prevalências de consumo de carotenoides segundo quartis de renda (Tabela 7) é possível observar que o consumo de α -Caroteno, β -Caroteno, licopeno e carotenoides totais é maior no quartil mais alto de renda, em comparação com o quartil mais baixo ($p=0,0001$). Por outro lado, a ingestão de luteína e zeaxantina foi maior no quartil mais baixo de renda, em comparação com o maior ($p=0,0001$).

Tabela 7 - Distribuição da ingestão de carotenoides (mcg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio

	Quartil 1 (<R\$220,58)	Quartil 2 (R\$220,59-415,58)	Quartil 3 (R\$415,59-780,94)	Quartil 4 (>R\$780,95)	p^*
n	8.505	8.497	8.501	8.500	
α -Caroteno	48,1	49,4	50,6	58,9	0,0001
β -Caroteno	406,6	410,4	424,5	522,5	0,0001
β -Criptoxantina	25,9	18,5	17,2	20,1	0,0001
Licopeno	460,1	532,6	619,3	816,9	0,0001
Luteína	206,7	187,5	185,0	187,9	0,0001
Neoxantina	1,5	1,3	1,2	1,5	0,0001
Violaxantina	24,8	23,1	21,7	26,3	0,0001
Zeaxantina	91,8	78,5	74,1	71,4	0,0001
Carotenoides totais	1674,7	1629,4	1700,0	2049,5	0,0001

*Comparações realizadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Valores de p são referentes às comparações extremas (valores de p para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

6.1.2 Contribuintes alimentares para o consumo de carotenoides

Os grupos alimentares e os três principais alimentos contribuintes para o consumo de carotenoides totais e classes encontram-se na Tabela 8. Observa-se que o grupo das frutas e dos vegetais foram os que mais contribuíram para o consumo de todas as classes de carotenoides. A abóbora foi a principal fonte alimentar para o consumo de α -caroteno e β -caroteno, com contribuição de 36,1% e 20,3%, respectivamente. A β -criptoxantina foi majoritariamente encontrada nas frutas (89,1%) e em bebidas não alcoólicas (9,7%), sendo a laranja, o mamão e a tangerina os três alimentos com maior contribuição para o consumo da classe. O licopeno foi encontrado principalmente nas frutas, como tomate e goiaba.

O grupo dos vegetais foi o que mais contribuiu para o consumo de luteína, com a couve e a abóbora sendo as duas principais fontes alimentares para a ingestão da classe. A manga foi o principal contribuinte alimentar para o consumo de neoxantina e violaxantina (contribuição de 39,8% e 36,5% para o consumo da classe, respectivamente). A zeaxantina foi encontrada principalmente em alimentos do grupo dos vegetais e das frutas, sendo a laranja, milho e a manga os três maiores contribuintes para a ingestão da classe.

Tabela 8 - Contribuição (%) dos grupos alimentares para a ingestão total de carotenoides totais e classes

	Bebidas não alcoólicas	Frutas	Vegetais*	Outros alimentos**	Três principais alimentos contribuintes (% de contribuição)
α -caroteno	0,7	15,1	83,4	0,8	Abóbora (36,1%), cenoura (15,4%), banana (3,2%)
β -caroteno	6,3	8,4	84,4	0,9	Abóbora (20,3%), couve (10,9%), cenoura (6,2%)
β -criptoxantina	9,7	89,1	0,2	0	Laranja (32,5%), mamão (30,6%), tangerina (25,7%)
Licopeno	1,2	76,4	11,9	10,5	Tomate (26,6%), goiaba (13%), molho de tomate (10,2%)
Luteína	0,2	9,3	85,2	5,3	Couve (23,6%), abóbora (20%), milho (2,3%)
Neoxantina	9	40	51	0	Manga (39,8%), couve (33,6%), suco de manga (8,2%)
Violaxantina	3,7	41,8	54,5	0	Manga (36,5%), couve (14,5%), suco de laranja (6%)
Zeaxantina	2,6	26,8	62,8	7,8	Laranja (53,1%), milho e derivados (15,5%), manga (8,7%)
Carotenoides totais	7,5	24,9	64,7	2,9	Abóbora (14,5%), tomate (9,8%), couve (7,2%)

*Inclui hortaliças, tubérculos, raízes, cereais e leguminosas.

**Inclui carnes, ovos e peixes.

6.2 Compostos fenólicos

6.2.1 Compostos fenólicos totais

Da totalidade de 417 alimentos consumidos na sua forma in natura ou processados e preparados, para 188 não foram obtidas informações sobre o teor de compostos fenólicos, sendo que destes, 177 eram de origem animal. De 229 alimentos com informações disponíveis, apenas 52 foram cultivados em território brasileiro (Tabela 9).

Tabela 9 – Obtenção das informações sobre o teor de compostos fenólicos em alimentos

Total	Alimentos sem informações disponíveis	Alimentos com informações disponíveis
417 alimentos	188 117 origem animal (62,2%)	229 52 alimentos brasileiros (22,7%) 177 alimentos de outros países (77,3%)

Um total de 253 compostos fenólicos que corresponderam a 124 diferentes agliconas foram encontrados nos alimentos consumidos pelos indivíduos incluídos na pesquisa. Os maiores grupos foram os ácidos hidroxicinâmicos (57 compostos), flavonóis (32 compostos) e antocianinas (26 compostos), sendo que todos mostraram uma grande diversidade de padrões de hidroxilação, glicosilação ou esterificação (Tabela 10).

Tabela 10. Número de compostos fenólicos individuais consumidos

	Agliconas, glicosídeos e ésteres	Agliconas
Ácidos fenólicos		
Ácidos hidroxibenzoicos	11	10
Ácidos hidroxicinâmicos	57	17
Ácidos fenilacéticos	4	4
Ácidos fenilpropanoicos	2	2
Flavonoides		
Flavan3ol	19	13
Flavona	14	6
Flavonol	32	3
Flavanona	8	3
Antocianina	26	6
Isoflavona	13	4
Lignana	13	13
Estilbeno	9	6
Outros compostos fenólicos*	45	37
Total	253	124

*Outros compostos fenólicos: Somatório das classes alquilfenóis, alquilmetoxifenóis, catecóis, furanocumarinas, hidroxibenzaldeídos, hidroxycumarinas, pirogalols, terpenos fenólicos e tirosóis.

Os resultados de ingestão diária de compostos fenólicos totais segundo fatores sociodemográficos encontram-se na Tabela 11. O valor mediano de ingestão foi de 204 mg/dia após o ajuste da variável para o consumo energético. Estratificando a população segundo sexo, é possível observar que as mulheres apresentaram maior mediana de ingestão, em comparação aos homens (214,4 e 194,2 mg/dia, respectivamente; $p=0,0001$).

A análise da distribuição da ingestão por faixas etárias mostrou que o grupo etário dos idosos consumiu maior quantidade de compostos fenólicos totais (225,3 mg/dia), em comparação aos demais grupos etários ($p\leq 0,017$). De modo contrário, o grupo das crianças apresentou menor mediana de consumo (173,3 mg/dia), comparando com os adolescentes, adultos e idosos ($p\leq 0,038$).

A partir da estratificação da ingestão por macrorregiões é possível observar o maior consumo de compostos fenólicos totais nas regiões Sul (217,7 mg/dia) e Sudeste (210,2 mg/dia), em comparação com as demais regiões ($p=0,0001$). A região Centro-Oeste foi a que apresentou menor consumo (170,6 mg/dia), com diferença significativa na comparação com as regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul ($p\leq 0,033$). Comparando as prevalências de consumo por situação de domicílio, observa-se que a ingestão de compostos fenólicos totais foi maior nas áreas rurais, em relação às áreas urbanas (214,6 e 202 mg/dia, respectivamente), embora sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,1017$).

Analisando o consumo de compostos fenólicos totais por escolaridade, verifica-se que aqueles com ensino superior completo apresentaram maior consumo do que as demais faixas de escolaridade ($p\leq 0,023$).

Tabela 11 – Ingestão de compostos fenólicos totais (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos

Subgrupos	n	Compostos fenólicos totais (mg/dia)	
		Mediana	IIQ
Participantes	34.003	204,0	111,4-543,1
Sexo			
Masculino	15.700	194,2	104,6-515,1
Feminino	18.303	214,4	118,0-567,8
<i>P*</i>			0,0001
Idade			
10-13 anos	3.084	173,3	96,0-487,7
14-18 anos	3.855	186,6	99,7-521,8
19-59 anos	22.742	204,9	113,0-550,3
≥ 60 anos	4.322	225,3	129,3-564,7
<i>P</i>			0,0001

Continua

Subgrupos	n	Compostos fenólicos totais (mg/dia)		Conclusão
		Mediana	IIQ	
Região				
Norte	5.274	202,4	100,5-539,1	
Nordeste	12.615	198,8	106,2-474,7	
Centro-Oeste	4.645	170,6	94,6-532,0	
Sudeste	7.302	210,2	117,4-564,6	
Sul	4.167	217,7	117,8-633,9	
<i>P</i>				0,0001
Estrato				
Urbano	25.753	202,0	111,2-551,6	
Rural	8.250	214,6	113,8-509,8	
<i>P</i>				0,1017
Curso mais elevado concluído				
Ensino elementar	3.966	210,2	120,5-553,0	
Ensino médio	5.138	207,5	113,1-596,1	
Ensino superior	1.705	215,4	121,3-669,6	
<i>P</i>				0,0085

*Comparações entre os grupos foram realizadas usando o teste Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

IIQ: Intervalo interquartil.

A análise da distribuição da ingestão de compostos fenólicos totais segundo quartis de renda per capita mensal encontra-se na Tabela 12. Observa-se que as medianas de consumo variaram pouco entre os quartis ($p=0,0425$).

Tabela 12 – Distribuição da ingestão de compostos fenólicos totais (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio

	Quartil 1 (<R\$220,58)	Quartil 2 (R\$220,59-415,58)	Quartil 3 (R\$415,59-780,94)	Quartil 4 (>R\$780,95)	<i>p</i> *
n	8.505	8.497	8.501	8.500	
Compostos fenólicos totais	207,2	198,0	205,0	205,2	0,0425

*Comparações realizadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

6.2.2 Ácidos fenólicos

A estimativa de ingestão diária de ácidos fenólicos e subclasses para a população total e segundo características sociodemográficas estão apresentados na Tabela 13. A mediana de ingestão de ácidos fenólicos totais foi de 83,2 mg/dia. Os ácidos hidroxicinâmicos foi a subclasse que mais contribuiu para o consumo de ácidos fenólicos totais (ingestão mediana de 82,6 mg/dia).

Analizando a distribuição de ingestão de ácidos fenólicos totais e subclasses de acordo com fatores sociais e demográficos, nota-se o maior consumo de ácidos hidroxicinâmicos e de ácidos fenólicos totais por mulheres ($p=0,0001$). Na comparação da ingestão segundo faixa etária,

observa-se os idosos apresentaram maior ingestão de ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinâmicos e ácidos fenólicos totais, em relação aos demais grupos etários ($p=0,0001$). As faixas etárias mais baixas (crianças e adolescentes) apresentaram menor consumo de ácidos fenólicos totais e subclasses na comparação com adultos e idosos ($p=0,0001$).

A análise por macrorregiões mostrou que o consumo de ácidos hidroxicinâmicos e ácidos fenólicos totais foi menor nas regiões Norte e Centro-Oeste, em comparação com as demais ($p=0,0001$). Na comparação por situação de domicílio, os indivíduos residentes em áreas rurais apresentaram ingestão maior de ácidos hidroxicinâmicos e ácidos fenólicos totais, em comparação àqueles residentes em áreas urbanas ($p=0,0001$). Na análise por escolaridade, os indivíduos com ensino elementar completo apresentaram consumo maior de ácidos hidroxicinâmicos e ácidos fenólicos totais, na comparação com àqueles nas demais faixas de escolaridade ($p=0,0001$).

Tabela 13 - Ingestão de ácidos fenólicos (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos

Subgrupos	n	Ácidos hidroxibenzoicos		Ácidos hidroxicinâmicos		Ácidos fenólicos totais	
		Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ
Participantes	34.003	0,4	0,3-0,6	82,6	40,3-146,5	83,2	41,0-147,1
Sexo							
Masculino	15.700	0,4	0,3-0,6	79,9	37,9-142,4	80,5	38,7-143,3
Feminino	18.303	0,4	0,3-0,6	85,0	42,4-150,2	85,5	43,1-150,8
<i>P*</i>		0,0001		0,0001		0,0001	
Idade							
10-13 anos	3.084	0,4	0,3-0,5	55,5	18,8-115,1	55,9	19,3-115,5
14-18 anos	3.855	0,4	0,3-0,5	59,5	20,1-121,0	59,9	20,7-121,3
19-59 anos	22.742	0,4	0,3-0,6	85,0	44,1-147,4	85,6	44,8-148,1
≥60 anos	4.322	0,5	0,3-0,7	108,0	57,2-181,0	108,4	58,0 -181,3
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	
Região							
Norte	5.274	0,4	0,3-0,6	68,2	35,3-121,3	68,9	35,9-122,1
Nordeste	12.615	0,4	0,3-0,6	94,7	47,7-171,2	95,4	48,1-171,7
Centro-Oeste	4.645	0,5	0,3-0,6	66,4	31,0-120,5	67,2	31,8-121,1
Sudeste	7.302	0,4	0,3-0,6	83,1	39,3-142,7	83,8	40,1-143,4
Sul	4.167	0,4	0,3-0,6	76,0	38,3-138,7	77,4	39,1-139,6
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	
Estrato							
Urbano	25.753	0,4	0,3-0,6	79,2	38,2-140,7	79,9	39,0-141,4
Rural	8.250	0,4	0,3-0,6	101,3	52,9-178,1	101,8	53,5-178,4
<i>P</i>		0,0379		0,0001		0,0001	
Curso mais elevado concluído							
Ensino elementar	3.966	0,5	0,3-0,7	98,9	53,6-165,8	101,6	56,5-170,6
Ensino médio	5.138	0,4	0,3-0,6	74,1	36,4-131,2	75,7	37,6-132,7
Ensino superior	1.705	0,5	0,3-0,9	63,9	33,7-114,0	66,8	35,6-118,9
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	

*Comparações entre os grupos foram realizadas usando o teste Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

IIQ: Intervalo interquartil.

Analisando a distribuição da ingestão segundo quartis de renda per capita mensal (Tabela 14), observa-se que o consumo de ácidos hidroxicinâmicos e ácidos fenólicos totais diminui com o aumento da renda. Os participantes no maior quartil de renda apresentaram consumo de ácidos hidroxicinâmicos e de ácidos fenólicos totais significativamente menor do que àqueles no quartil mais baixo de renda ($p=0,0001$).

Tabela 14 - Distribuição da ingestão de ácidos fenólicos (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio

	Quartil 1 (<R\$220,58)	Quartil 2 (R\$220,59-415,58)	Quartil 3 (R\$415,59-780,94)	Quartil 4 (>R\$780,95)	p^*
n	8.505	8.497	8.501	8.500	
Ácidos hidroxibenzoicos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0001
Ácidos hidroxicinâmicos	105,3	89,7	80,7	70,3	0,0001
Ácidos fenólicos totais	105,7	90,2	81,5	71,2	0,0001

*Comparações realizadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Valores de p são referentes às comparações extremas (valores de p para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

6.2.3 Flavonoides

A estimativa de ingestão diária de flavonoides totais e subclasses para a população total e segundo características sociodemográficas estão apresentados Tabela 15. A mediana de ingestão de flavonoides totais é de 64 mg/dia, sendo a flavanona a subclasse presente em maior quantidade na dieta da população estudada (31 mg/dia). Na comparação das prevalências de consumo segundo fatores sociodemográficos, nota-se que o consumo de flavonoides totais e todas as subclasses (com a exceção da isoflavona) foi maior por mulheres ($p=0,0001$).

A distribuição do consumo por faixas etárias mostrou que os adolescentes e crianças apresentaram maior ingestão diária de flavonoides totais (73,8 e 69,5 mg/dia, respectivamente), e os idosos, menor consumo (55,5 mg/dia). Nota-se que a distribuição de ingestão das subclasses de flavonoides variou entre as faixas etárias, sendo o consumo de flavan3ols e flavonas menor por idosos, e de flavanona maior por adultos.

Em relação ao consumo segundo macrorregiões, a ingestão de flavan3ols, flavonas, flavonols, flavanonas e flavonoides totais foi maior na região Sul, na comparação com as demais ($p=0,0001$). O consumo de flavan3ols e flavonoides totais foi menor na região Nordeste, e de antocianinas maior na região Norte ($p=0,0001$ na comparação com as demais regiões). Com relação à situação de domicílio, o consumo de flavan3ols, flavonas, flavonols, flavanonas e flavonoides totais foi superior nas áreas urbanas ($p=0,0001$). No tocante à escolaridade, observa-se que o consumo de todas as classes de flavonoides (com exceção à isoflavona e antocianinas) e de flavonoides totais é maior por aqueles com ensino superior completo, comparando com a faixa mais baixa de escolaridade ($p=0,0001$).

Tabela 15 - Ingestão de flavonoides (mg/dia) ajustada pelo consumo energético segundo fatores sociodemográficos

Subgrupos	n	Flavan3ol		Flavona		Flavonol		Flavanona		Isoflavona		Antocianinas		Flavonoides totais	
		Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ
Participantes	34.003	3,7	0,9-15,1	3,3	2,2-4,4	2,0	1,0-3,7	31,0	3,6-381,2	0	0-0	0,03	0,004-0,3	64,0	17,2-423,9
Sexo															
Masculino	15.700	3,0	0,7-12,3	3,2	2,0-4,3	1,8	0,9-3,2	25,5	3,2-348,4	0	0-0	0,03	0,004-0,2	57,2	14,9-398,9
Feminino	18.303	4,5	1,3-17,3	3,4	2,4-4,5	2,2	1,0-4,0	35,3	3,9-400,1	0	0-0	0,04	0,01-0,3	70,7	19,5-444,8
<i>P*</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,6011		0,0001		0,0001	
Idade															
10-13 anos	3.084	9,5	2,2-35,2	3,3	2,2-4,3	1,7	0,8-3,1	19,4	3,1-343,2	0	0-0	0,03	0,004-0,2	69,5	23,5-385,2
14-18 anos	3.855	7,3	1,4-27,7	3,3	2,2-4,5	1,5	0,8-3,1	28,5	3,1-384,6	0	0-0	0,03	0,004-0,2	73,8	22,5-433,8
19-59 anos	22.742	3,3	0,8-13,2	3,3	2,2-4,5	2,0	1,0-3,7	33,3	3,6-383,7	0	0-0	0,03	0,005-0,3	63,4	16,4-427,6
≥60 anos	4.322	3,2	1,0-7,8	3,2	2,1-4,3	2,2	1,1-4,3	28,3	3,8-373,0	0	0-0	0,04	0,005-0,3	55,5	15,8-413,1
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0177		0,3478		0,4765		0,0001	
Região															
Norte	5.274	3,0	0,7-10,7	2,8	1,6-4,0	1,3	0,6-2,7	30,8	3,1-322,9	0	0-0	0,05	0,006-0,6	75,7	16,9-441,5
Nordeste	12.615	2,8	0,7-8,9	3,1	1,8-4,4	1,6	0,7-3,4	17,9	2,7-282,9	0	0-0	0,03	0,004-0,3	41,8	14,0-311,3
Centro-Oeste	4.645	3,7	0,9-13,8	3,1	2,1-4,1	2,2	1,1-3,8	35,6	4,2-410,5	0	0-0	0,03	0,004-0,2	63,5	16,1-440,1
Sudeste	7.302	4,4	1,2-19,7	3,3	2,4-4,4	2,1	1,0-3,7	35,8	3,8-412,3	0	0-0	0,03	0,004-0,3	71,8	19,2-447,6
Sul	4.167	5,0	1,2-22,2	3,8	2,8-5,0	2,5	1,4-4,5	46,7	4,5-480,7	0	0-0	0,03	0,005-0,3	81,9	23,8-524,0
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,3388		0,0001		0,0001	
Estrato															
Urbano	25.753	4,0	1,0-16,8	3,4	2,4-4,5	2,0	1,0-3,7	34,1	3,7-397,9	0	0-0	0,03	0,004-0,3	67,3	18,1-442,1
Rural	8.250	2,8	0,7-8,6	2,5	1,3-3,7	1,7	0,8-3,5	18,0	3,0-276,4	0	0-0	0,03	0,005-0,3	46,3	14,2-341,0
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,1192		0,0046		0,0001	
Curso mais elevado concluído															
Ensino elementar	3.966	3,1	0,8-9,8	3,4	2,3-4,5	2,1	1,0-3,9	27,3	3,9-366,0	0	0-0	0,03	0,005-0,3	48,4	13,7-341,3
Ensino médio	5.138	3,8	1,1-17,4	3,4	2,4-4,5	2,2	1,1-3,9	45,4	4,2-465,5	0	0-0	0,03	0,004-0,3	74,8	20,2-497,1
Ensino superior	1.705	6,8	1,9-26,6	3,5	2,5-4,7	3,3	1,9-5,5	59,5	6,0-540,3	0	0-0	0,07	0,006-0,8	107,5	36,7-555,6
<i>P</i>		0,0001		0,0002		0,0001		0,0001		0,0535		0,0001		0,0001	

*Comparações entre os grupos foram realizadas usando o teste Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

IIQ: Intervalo interquartil.

De modo contrário ao observado para ácidos fenólicos, a análise da distribuição da ingestão de flavonoides segundo quartis de renda per capita mensal (Tabela 16) mostrou que a ingestão de flavonoides totais e de todas as subclasses (com única exceção da isoflavona) é maior no quartil mais alto de renda, em comparação com o quartil mais baixo ($p \leq 0,001$).

Tabela 16 - Distribuição da ingestão de flavonoides (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio

	Quartil 1 (<R\$220,58)	Quartil 2 (R\$220,59-415,58)	Quartil 3 (R\$415,59-780,94)	Quartil 4 (>R\$780,95)	p^*
n	8.505	8.497	8.501	8.500	
Flavan3ol	2,8	3,1	3,7	5,6	0,0001
Flavona	2,9	3,3	3,3	3,4	0,0001
Flavonol	1,4	1,7	1,9	2,6	0,0001
Flavonona	14,7	18,1	30,3	50,5	0,0001
Isoflavona	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1111
Antocianina	0,03	0,03	0,03	0,04	0,0001
Flavonoides totais	41,4	51,2	61,9	89,8	0,0001

*Comparações realizadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Valores de p são referentes às comparações extremas (valores de p para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

6.2.4 Estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos

A ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos (alquilfenóis, alquilmetoxifenóis, catecóis, furanocumarinas, hidroxibenzaldeídos, hidroxycumarinas, pirogalols, terpenos fenólicos e tirosóis) foi muito menor em comparação aos ácidos fenólicos e flavonoides. Os estilbenos estiveram presentes em quantidades muito baixas na dieta da população estudada (valores inferiores a 0,1 mg/ dia), contribuindo pouco para a ingestão total de compostos fenólicos totais. Analisando a ingestão segundo fatores sociodemográficos (Tabela 17), observa-se que o consumo de lignanas foi ligeiramente maior por adultos e idosos, em comparação com crianças e adolescentes ($p=0,0001$).

A estratificação da ingestão por macrorregiões mostra que as medianas de ingestão variaram pouco, sendo as lignanas consumidas em menor quantidade pela população da região Norte ($p=0,0001$ na comparação com as demais regiões), e os outros compostos fenólicos consumidos em maior quantidade nas regiões Sul e Sudeste ($p=0,0001$ em relação às outras regiões). No tocante à ingestão por situação de domicílio, a ingestão de lignanas foi maior nas áreas rurais, em comparação às áreas urbanas ($p=0,0001$). Com relação ao consumo de estilbenos, embora presentes em quantidades baixíssimas, os valores medianos apresentaram-se ligeiramente maiores nas regiões Nordeste e Sul e para os indivíduos residentes em áreas urbanas ($p=0,0001$).

É possível observar também que os indivíduos com ensino superior completo apresentaram ingestão maior ($p=0,0001$) de outros compostos fenólicos, na comparação com

àqueles na faixa mais baixa de escolaridade. De modo contrário, o consumo de lignanas foi maior por aqueles com ensino básico completo ($p=0,0001$).

Tabela 17 - Ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos (mg/dia) segundo fatores sociodemográficos

Subgrupos	n	Estilbenos		Lignanas		Outros compostos fenólicos**	
		Mediana	IIQ	Mediana	IIQ	Mediana	IIQ
Participantes	34.003	0,0003	0,0001-0,001	0,6	0,3-1,0	1,0	0,7-1,4
Sexo							
Masculino	15.700	0,0002	0,0001-0,001	0,6	0,4-1,0	1,0	0,6-1,4
Feminino	18.303	0,0003	0,0001-0,001	0,5	0,3-0,9	1,0	0,7-1,5
<i>P</i> *		0,0001		0,0001		0,0001	
Idade							
10-13 anos	3.084	0,0003	0,0001-0,001	0,5	0,3-0,9	1,0	0,7-1,4
14-18 anos	3.855	0,0003	0,0001-0,001	0,5	0,3-0,9	1,0	0,7-1,4
19-59 anos	22.742	0,0003	0,0001-0,001	0,6	0,3-1,0	1,0	0,7-1,5
≥60 anos	4.322	0,0002	0,0001-0,001	0,7	0,4-1,1	1,0	0,6-1,4
<i>P</i>		0,1011		0,0001		0,0001	
Região							
Norte	5.274	0,0002	0,0001-0,001	0,4	0,2-0,8	0,8	0,5-1,3
Nordeste	12.615	0,0003	0,0001-0,001	0,6	0,3-0,9	0,9	0,5-1,4
Centro-Oeste	4.645	0,0002	0,0001-0,001	0,6	0,4-1,0	0,9	0,6-1,3
Sudeste	7.302	0,0002	0,0001-0,001	0,6	0,4-1,0	1,0	0,7-1,4
Sul	4.167	0,0004	0,0001-0,001	0,6	0,3-1,1	1,2	0,9-1,7
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	
Estrato							
Urbano	25.753	0,0003	0,0001-0,001	0,6	0,3-0,9	1,1	0,7-1,5
Rural	8.250	0,0002	0,0001-0,001	0,7	0,4-1,1	0,7	0,4-1,2
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	
Curso mais elevado concluído							
Ensino elementar	3.966	0,0002	0,0001-0,001	0,7	0,4-1,0	0,6	0,6-1,4
Ensino médio	5.138	0,0003	0,0001-0,001	0,6	0,3-0,9	1,1	0,7-1,5
Ensino superior	1.705	0,0003	0,0001-0,001	0,5	0,3-0,9	1,2	0,8-1,7
<i>P</i>		0,0001		0,0001		0,0001	

*Comparações entre os grupos foram realizadas usando o teste Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

**Outros compostos fenólicos: Somatório das classes alquilfenóis, alquilmetoxifenóis, catecóis, furanocumarinas, hidroxibenzaldeídos, hidroxycumarinas, pirogalols, terpenos fenólicos e tirosóis. IIQ: Intervalo interquartil.

A análise da distribuição da ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos segundo quartis de renda per capita mensal (Tabela 18) mostra que os indivíduos no menor quartil apresentaram ingestão de lignanas maior do que aqueles no quartil mais alto de renda ($p=0,0001$). Por outro lado, o oposto foi observado para o consumo de outros compostos fenólicos ($p=0,0001$).

Tabela 18 - Distribuição da ingestão de estilbenos, lignanas e outros compostos fenólicos (mg/dia) ajustada pela energia segundo quartis de renda per capita mensal do domicílio

	Quartil 1 (<R\$220,58)	Quartil 2 (R\$220,59-415,58)	Quartil 3 (R\$415,59-780,94)	Quartil 4 (>R\$780,95)	<i>p</i> *
n	8.505	8.497	8.501	8.500	
Estilbenos	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001
Lignanas	0,7	0,6	0,6	0,5	0,0001
Outros compostos fenólicos	0,9	1,0	1,0	1,1	0,0001

*Comparações realizadas utilizando o teste de Kruskal-Wallis.

Valores de *p* são referentes às comparações extremas (valores de *p* para as demais comparações encontram-se na seção Apêndice).

6.2.5 Contribuintes alimentares para o consumo de compostos fenólicos

Os grupos alimentares e os três principais alimentos contribuintes para o consumo de fenólicos totais, classes e subclasses encontram-se na Tabela 19. As bebidas não alcoólicas e as frutas foram principais grupos alimentares para o consumo de fenólicos totais (76,3% e 13%, respectivamente), seguido do grupo dos cereais (3,5%) e vegetais (3,1%). Os alimentos que mais contribuíram para o consumo de fenólicos totais foram o café (59,4%) e o suco de laranja (16,3%). O grupo das bebidas não alcoólicas foi um importante contribuinte para a ingestão de ácidos fenólicos e ácidos hidroxicinâmicos, sendo o café, a batata e o feijão as três principais fontes alimentares para o consumo da classe e da subclasse.

Para o consumo de flavonoides, os alimentos que mais contribuíram foram o suco de laranja (57,2%) e a laranja (15,8%). O mesmo foi encontrado para as flavanonas, cujo consumo de suco de laranja e laranja representou 75% e 21% da ingestão total, respectivamente. Para as flavonas, os alimentos que continham farinha de trigo em sua composição, como o pão, foram importantes contribuintes alimentares para a ingestão da subclasse. Os alimentos à base de cacau, como chocolate, achocolatado e preparações à base de chocolate, foram os que mais contribuíram para a ingestão de flavan3ol, com contribuição de 66,8%. As antocianinas foram encontradas principalmente no açaí e na uva (contribuição de 71% e 17%, respectivamente).

Os alimentos do grupo dos vegetais foram os que mais contribuíram para o consumo de lignanas, sendo o repolho o maior alimento contribuinte para o consumo da classe. Os estilbenos foram encontrados majoritariamente nas frutas, sobretudo nas uvas (contribuição de 86,5% para o consumo da classe). Os alimentos a base de farinha de trigo, como pão, macarrão e bolacha cream cracker foram os que mais contribuíram para o consumo de outros fenólicos (contribuição de 67,7%).

Tabela 19 - Contribuição (%) dos grupos alimentares para a ingestão total de compostos fenólicos e suas classes e subclasses

	Bebidas não alcoólicas	Bebidas alcoólicas	Frutas	Vegetais*	Cereais	Óleos, sementes e oleaginosas	Produtos a base de cacau	Outros alimentos	Três principais alimentos contribuintes (% de contribuição)
Compostos fenólicos totais	76,3	0,3	13	3,1	3,5	0,7	2,2	0,9	Café (59,4%), suco de laranja (16,3%), laranja (4,5%)
Ácidos fenólicos	91	0,8	0,5	3,9	2,5	0,5	0,5	0,3	Café (90,6%), batata (2,5%), feijão (0,7%)
Ácidos hidroxibenzoicos	0,0	12	0,0	28	55	5	0,0	0,0	Arroz (54,7%), cerveja (8%), vinho (4%)
Ácidos hidroxicinâmicos	92	0,2	0,5	3,8	2,2	0,4	0,5	0,4	Café (91,8%), batata (2,6%), feijão (1%)
Flavonoides	58	0,3	28,9	2,5	3,5	0,7	4,5	1,6	Suco de laranja (57,2%), laranja (15,8%), chocolate (4,7%)
Flavan3ols	4,7	1,5	14,9	4,3	0,0	7,8	66,8	0,0	Chocolate (51,3%), chocolate em pó (14%), banana (2,3%)
Flavonas	19,3	0,0	4,6	2,8	60,6	0,0	1,4	11,3	Pão (31,7%), suco de laranja (17,8%), bolacha cream cracker (2%)
Flavonols	8	2	8,5	63,5	6	0,0	0,0	12	Couve (28%), feijão (11,3%), maçã (7,6%)
Flavanonas	76	0,0	24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Suco de laranja (75%), laranja (21%), limão (0,5%)
Antocianinas	0,0	8,5	91,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Açaí (71%), uva (17%), vinho (8,5%)
Lignanas	0,0	0,0	17,5	69,5	10	3	0,0	0,0	Repolho (35,5%), laranja (17,4%), oleaginosas (3%)
Estilbenos	0,0	5,8	88,7	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Uva (86,5%), amendoim (5,4%), vinho (5%)
Outros compostos fenólicos	8,4	11,7	0,6	2	72,3	5	0,0	0,0	Produtos a base de farinha de trigo (67,7%), cerveja (11,4%), café (8,1%)

*Inclui hortaliças, tubérculos, raízes e leguminosas.

6.3 Glicosinolatos

Da totalidade de 417 alimentos consumidos na sua forma in natura ou processados e preparados, apenas para oito foram obtidas informações sobre o conteúdo de glicosinolatos (agrião, brócolis, couve, couve-flor, nabo, repolho, rabanete e rúcula). As estimativas de ingestão apresentaram-se muito baixas, com medianas de consumo iguais a zero para a população total e para todas as estratificações sociodemográficas (Tabela 20). Para 29.399 indivíduos, a ingestão foi igual a zero após o ajuste estatístico para a ingestão usual. Esse resultado é justificado pela escassez de dados sobre o teor de glicosinolatos em alimentos, à sua presença em um reduzido número de alimentos (brássicas) e ao baixo consumo desses alimentos pela população Brasileira.

Tabela 20 - Ingestão de glicosinolatos totais (mg/dia)

Média (EP)	Porcentagem com ingestão zero	Percentil				
		10	25	50	75	90
3,9 (0,08)	86,5%	0	0	0	0	9,7

7 Discussão

7.1 Carotenoides

Esse é o segundo estudo que descreve detalhadamente o consumo de carotenoides pela população Brasileira. Embora o estudo anterior também tenha sido desenvolvido com os dados de consumo alimentar individual da POF 2008-2009, é possível destacar algumas diferenças entre as análises. No estudo citado, desenvolvido por Vargas-Murga et al.²², a estimativa de consumo não foi calculada com base na ingestão de todos os alimentos citados nos registros alimentares, e sim, apenas de frutas e vegetais. Ainda que essas sejam as principais fontes alimentares de carotenoides, desconsiderar os demais alimentos consumidos pode subestimar a estimativa de ingestão. Outro ponto importante é o desmembramento das receitas dos alimentos preparados. Nas análises de Vargas-Murga et al.²², as únicas receitas desmembradas foram “salada de frutas” e “salada crua”, enquanto que, em nosso estudo, foi realizado o desmembramento de todas as receitas dos alimentos processados e preparados consumidos. Acreditamos que tais diferenças tornam as medianas de consumo aqui apresentadas mais precisas.

Ainda na comparação das duas análises, observa-se que os valores aqui descritos são inferiores para a maioria das classes de carotenoides. Isso é justificado pelo fato de que no estudo anterior²², as estimativas de ingestão são apresentadas em média e, na presente análise, dada a grande variabilidade interindividual e a presença de muitos *outliers* na amostra, apresentamos as estimativas por meio de medianas e intervalos interquartis, cujos valores são inferiores à média. Importante ressaltar que, para dados sem distribuição normal, essa é a melhor medida a ser adotada. Outro ponto importante é que apresentamos estimativas ajustadas pelo consumo calórico, procedimento que não foi adotado no estudo de Vargas-Murga et al.²².

Em nosso estudo, o licopeno foi a classe que mais contribuiu para o consumo de carotenoides totais, seguido do β -caroteno e luteína. Esse resultado é diferente do encontrado no estudo de Vargas-Murga et al.²², cujas principais classes para o consumo de carotenoides totais foram o β -caroteno, a luteína e a violaxantina. A maior contribuição do licopeno em nosso estudo pode ser justificada pelo desmembramento das receitas dos alimentos preparados e processados. Muitas receitas não consideradas no estudo anterior²², ao serem desmembradas, continham tomate em sua preparação (por exemplo, macarrão ao molho vermelho e carnes ensopadas). Outra justificativa é a diferença no desmembramento da preparação “salada crua”, que consideramos conter apenas tomate, e o mencionado estudo considerou conter alface, rúcula, agrião, tomate, cebola e cenoura.

Comparando os dados aqui apresentados com os de estudos conduzidos em outros países, nota-se que as estimativas do consumo de carotenoides para a população Brasileira são inferiores. No estudo desenvolvido com dados da *Spanish National Dietary Intake Survey*, o somatório dos valores de ingestão de carotenoides pró-vitamina A¹⁶ e não pró-vitamina A⁴⁹ é quatro vezes maior

do que o encontrado no presente estudo. No entanto, é importante ressaltar que as estimativas não foram ajustadas para o consumo energético. Com relação às classes de carotenoides, corroborando com nossos resultados, o licopeno foi a classe que mais contribuiu para o consumo de carotenoides, seguido do β -Caroteno^{16,49}.

Outras pesquisas, estas realizadas com idosos Australianos⁵¹ e adultos Estadunidenses⁵², apontam estimativas de ingestão de carotenoides também mais altas do que a que encontramos. Nessas populações, o β -Caroteno foi o principal contribuinte para o consumo de carotenoides, com grande variação entre as classes. O único estudo disponível realizado em outro país Latino-Americano (República Dominicana)⁴⁸ mostra medianas de consumo superiores às nossas, no entanto, os resultados não foram ajustados para o consumo energético. Considerando os nossos resultados sem ajuste calórico, encontramos medianas superiores de licopeno, luteína e zeaxantina, e inferiores de carotenoides pró-vitamina A. O β -Caroteno foi o principal contribuinte para o consumo de carotenoides, seguido do licopeno⁴⁸.

As diferenças observadas entre os estudos podem ser atribuídas a diversos fatores, como aos diferentes hábitos e preferências alimentares entre as populações, às diferenças entre as bases de dados sobre o teor de carotenoides em alimentos (que podem divergir com relação ao método analítico empregado, às classes analisadas e ao conteúdo de carotenoides em alimentos) e os métodos de avaliação de consumo alimentar utilizados por estudos. Para alguns alimentos regionais, como abiu, araçá, bacaba, beralha, butiá, caqui, chicória, ciriguela, coco muçajá, mangaba, pitomba e umbu, não encontramos informações sobre o conteúdo de carotenoides. Ainda que, em comparação aos compostos fenólicos, mais dados sobre o teor de carotenoides em alimentos brasileiros estejam disponíveis, ressalta-se a necessidade de mais pesquisas investigando o teor de carotenoides em alimentos locais.

Os principais contribuintes para o consumo de α -caroteno foram a abóbora e a cenoura. O tomate e a goiaba foram os principais contribuintes para o consumo de licopeno, enquanto a laranja foi a principal fonte para a ingestão de β -criptoxantina. Essas informações corroboram com os achados de Vargas-Murga et al.²². Algumas variações entre as duas análises podem ser observadas (por exemplo, em nosso estudo os produtos derivados do milho apareceram como os principais contribuintes para o consumo de zeaxantina). Tais diferenças podem ser atribuídas às diferenças metodológicas discutidas anteriormente (maior número de alimentos incluídos na presente análise e o desmembramento das receitas). Ainda explorando as diferenças entre os resultados, no estudo de Vargas-Murga et al.²² a preparação “salada crua” apresentou contribuição importante para o consumo de α -caroteno, β -caroteno, luteína, neoxantina e violaxantina. Tal diferença é justificada pelos alimentos que os autores consideraram no desmembramento da preparação citada (alface, rúcula, agrião, tomate, cebola e cenoura).

A análise por características sociodemográficas mostrou que o consumo de carotenoides totais e classes foi maior por mulheres, corroborando com o estudo de Manzu et al.⁵¹. Na

comparação por faixas etárias, adultos e idosos apresentaram maior ingestão de carotenoides totais, em comparação ao grupo das crianças e adolescentes. De fato, adolescentes consomem menos alimentos marcadores de padrões alimentares saudáveis, como frutas e verduras, além de consumirem mais refrigerantes, biscoitos recheados e sanduíches, em comparação aos adultos e idosos¹²². Essas diferenças no padrão alimentar podem justificar as diferenças de consumo entre as faixas etárias.

O consumo de carotenoides totais e classes foi maior pelos indivíduos que residiam em áreas rurais. Isso pode ser justificado pela maior prevalência de consumo das principais fontes alimentares de carotenoides, como abóbora, manga, laranja e milho e derivados¹²². Com relação à renda, a ingestão de carotenoides totais e classes como α -caroteno, β -caroteno e licopeno foi maior por aqueles no maior quartil de renda. Justificamos isso pelo o aumento do consumo de frutas e hortaliças com o aumento da renda¹²², indo de encontro com resultados encontrados para a população do Vietnã¹²⁶.

Na comparação das estimativas de consumo de carotenoides totais e classes pela população Brasileira com as de estudos de coorte que avaliam a associação com o risco doenças, verifica-se que os valores são muito inferiores àqueles relacionados com o menor risco de doenças crônicas. A estimativa de ingestão de carotenoides totais e classes é cerca de três vezes menor do que àquelas associadas com a redução do risco de doenças como diabetes mellitus tipo 2^{127,128}, degeneração macular relacionada à idade³⁴ e doenças cardiovasculares¹²⁹. Em conjunto, essas informações apontam para a baixa qualidade da dieta Brasileira e a necessidade de políticas públicas eficientes que estimulem o consumo de frutas, hortaliças, leguminosas e outros alimentos fontes de carotenoides para manutenção da saúde e redução do risco de doenças crônicas.

7.2 Compostos fenólicos

Esse é o primeiro estudo que descreve detalhadamente a ingestão de compostos fenólicos totais e classes, bem como as principais fontes alimentares contribuintes para o consumo pela população brasileira. Os estudos prévios focaram em classes específicas (flavonoides)^{21,89} ou, quando as estimativas envolveram as quatro maiores classes de compostos fenólicos, as análises foram desenvolvidas em uma pequena parcela da população^{19,20}. Na comparação das estimativas de ingestão de fenólicos totais com a dos outros dois estudos conduzidos no Brasil^{19,20}, observa-se valores inferiores. No estudo de Miranda et al.¹⁹, o valor mediano de ingestão encontrado foi de 292,2 mg/dia para a população adulta (*versus* 204,9 mg/dia para o grupo etário equivalente em nosso estudo) e 348,6 mg/dia para a população idosa (*versus* 225,3 mg/dia para o grupo etário equivalente em nosso estudo) da cidade de São Paulo. Já na análise desenvolvida com idosos da cidade de Viçosa (Minas Gerais), a ingestão mediana de compostos fenólicos totais foi estimada em 533,7mg/dia²⁰.

É possível apontar algumas justificativas para as diferenças encontradas entre os nossos e os resultados estudos mencionados. No estudo desenvolvido na cidade de Viçosa²⁰, os autores referiram um consumo per capita diário de 247,6 g/dia de frutas e hortaliças. De acordo com os dados da POF¹²², o consumo per capita diário do mencionado grupo alimentar é de 69,1 g/dia para homens e de 92,6 g/dia para mulheres. O menor consumo de frutas e hortaliças pela população Brasileira pode justificar as diferenças na estimativa de ingestão, já que tais alimentos são importantes fontes de compostos fenólicos na dieta.

Com relação ao estudo desenvolvido por Miranda et al.¹⁹, nota-se diferenças metodológicas importantes. Uma delas é o ajuste da ingestão de compostos fenólicos segundo o consumo calórico, o que fornece uma estimativa mais sensível, considerando que a ingestão de compostos fenólicos aumenta com o consumo de alimentos. Outra diferença observada é sobre a forma química. Nesse estudo, não há informação sobre a conversão das formas glicosídeas para agliconas, o que pode superestimar a ingestão de compostos fenólicos. Tais diferenças podem justificar, pelo menos em parte, os valores de ingestão inferiores encontrados no presente estudo.

Assim, é possível comparar as estimativas aqui obtidas somente com as de compostos fenólicos agliconas de estudos publicados anteriormente. Embora as estimativas de ingestão variem muito entre os estudos, o valor mediano de ingestão de fenólicos totais de 204 mg/dia pela população brasileira é inferior ao encontrado para outros países, como para adultos participantes da coorte Francesa SU.VI.MAX (820 mg/dia)¹⁴, para adultos participantes da coorte Finlandesa FINDIET (863 mg/dia)⁸⁸ e para mulheres adultas do Reino Unido (1.080 mg/dia)¹⁰². Com relação às classes de compostos fenólicos, a mediana de ingestão de flavonoides totais encontrada em nosso estudo também é inferior à de estudos prévios, como nas análises desenvolvidas por Chun et al.⁹⁰ para a população adulta Americana (189,7 mg/dia *versus* 24,4 mg/dia para o grupo etário equivalente em nosso estudo) e por Jun et al.⁹³ para a população adulta Coreana (318 mg/dia de flavonoides). O mesmo foi observado para ácidos fenólicos e estilbenos – embora as medianas de ingestão variem entre as populações, nota-se valores cerca de quatro vezes mais elevados em outras populações^{92,102}.

As diferenças supracitadas podem ser explicadas pelos distintos hábitos e preferências alimentares entre as diferentes populações, que se relacionam com a disponibilidade de alimentos, crença e cultura locais. Especificamente sobre as análises aqui desenvolvidas, é importante destacar que não foram encontradas informações sobre o conteúdo de compostos fenólicos em alguns alimentos regionais, como beralha, cajá, cará, coco mucajá, feijão andu, fruta pão, jambu, pitomba, serralha, entre outros. Tal observação ressalta a necessidade de mais estudos investigando o teor de compostos fenólicos em alimentos regionais, bem como a compilação mais abrangente destas informações.

Além desta, pode-se citar outras questões metodológicas que podem explicar as diferenças observadas entre os estudos. Atualmente, existem diferentes bases de dados reunindo

informações sobre o teor de compostos fenólicos em alimentos, que divergem com relação às classes analisadas e com relação ao conteúdo dos compostos nos alimentos. Assim, a comparação da ingestão por diferentes populações torna-se difícil devido à heterogeneidade de dados de composição alimentar. Ainda, os estudos utilizam diferentes métodos de avaliação do consumo alimentar, como a aplicação de recordatórios de 24 horas, registros alimentares e questionários de frequência alimentar. De acordo com Fisberg, Marchioni e Colucci¹³⁰, a aplicação de recordatórios de 24 horas e registros alimentares é mais apropriada quando se deseja quantificar e avaliar a ingestão de nutrientes, uma vez que são capazes de coletar informações detalhadas sobre o consumo.

Os ácidos fenólicos foram os principais contribuintes para o consumo de compostos fenólicos totais, seguido dos flavonoides. Em países não mediterrâneos¹⁰⁴ e latino-americanos, como México¹⁰⁵ e Argentina⁹⁸, embora as estimativas de ingestão sejam maiores do que as encontradas para a população Brasileira, os ácidos fenólicos apresentaram contribuição semelhante, aproximadamente 57%, 63% e 76%, enquanto que os flavonoides contribuíram cerca de 38%, 33% e 23%, respectivamente. As demais classes foram consumidas em quantidades muito baixas, com contribuição menor que 1%, fato este que pode ser atribuído ao seu baixo conteúdo nos alimentos, ao baixo consumo das suas principais fontes alimentares e à escassez de informações sobre o seu conteúdo nos alimentos. Embora essas classes de compostos fenólicos exibam propriedades biológicas interessantes, sua baixa ingestão diária pela população Brasileira e outras^{14,92,99-102,105} levanta questões sobre sua importância na manutenção da saúde e redução do risco de doenças.

O principal contribuinte alimentar para o consumo de compostos fenólicos totais e ácidos fenólicos foi o café, corroborando com o estudo desenvolvido em São Paulo¹⁹, Viçosa²⁰ e com outros desenvolvidos em populações ocidentais^{14,100-102}. O suco de laranja e a laranja foram os principais contribuintes para o consumo de flavonoides. Indo de encontro com essa informação, outros estudos apontam que a laranja é a principal fonte alimentar de flavonoides para a população Brasileira^{19,21,89}. Apesar disso, de acordo com a publicação da POF 2008-2009, o consumo de frutas e hortaliças pela população Brasileira é inferior ao recomendado pelo Ministério da Saúde (400g/ dia)^{122,131}. De fato, comparando os dados de aquisição alimentar domiciliar per capita da POF atual com a edição anterior (2002-2003), é possível observar a redução no consumo de alimentos como cereais, leguminosas e hortaliças e aumento de alimentos processados e bebidas com adição de açúcar^{132,133}. Como mencionado anteriormente, essa pode ser uma justificativa adicional para o baixo consumo de compostos fenólicos pela população Brasileira.

Na presente análise, a contribuição do feijão para o consumo de compostos fenólicos totais foi inferior a encontrada nos estudos desenvolvidos em São Paulo e Viçosa. Nas análises dos dois estudos mencionados, a Phenol-Explorer foi utilizada para o cálculo das estimativas de consumo. Na referida base de dados, as informações disponíveis sobre o teor de compostos

fenólicos no feijão são referentes ao alimento cru e, até o momento, não estão disponíveis valores de fator de retenção para todos os compostos encontrados no feijão. Assim, considerar tais informações pode superestimar a ingestão de compostos fenólicos. No presente estudo, o teor de compostos fenólicos no feijão foi extraído a partir de um estudo brasileiro avaliando o conteúdo após o cozimento, que estimou perdas com o remolho em água e cozimento para todos os compostos encontrados¹³⁴. Esse fato pode justificar a menor contribuição do feijão para o consumo de compostos fenólicos, em comparação aos estudos anteriores.

A análise do consumo por características sociodemográficas mostrou a maior ingestão de compostos fenólicos totais e classes por mulheres, após o ajuste para a ingestão energética. Este achado vai de encontro com o de estudos prévios, sugerindo que o consumo mais elevado por homens é devido à maior ingestão de alimentos, enquanto que a ingestão mais elevada por mulheres pode ser justificada pelo maior consumo de alimentos ricos em compostos fenólicos¹⁰⁷. Na comparação do consumo segundo os grupos de faixa etária, observou-se o maior consumo de compostos fenólicos totais e ácidos fenólicos por adultos e idosos, em comparação com crianças e adolescentes. Esse fato também pode ser justificado pelo maior consumo do principal contribuinte alimentar de compostos fenólicos totais e ácidos fenólicos (café) por essas faixas etárias, em comparação com as demais.

A ingestão de compostos fenólicos e classes variou pouco de acordo com as cinco regiões do país, sendo ligeiramente maior nas regiões sul e sudeste. A estratificação por situação do domicílio mostrou que as medianas de consumo de compostos fenólicos totais e ácidos fenólicos foram maiores na zona rural. De fato, observa-se que a população de áreas urbanas consome uma maior quantidade de produtos prontos para consumo ou processados, itens considerados como parte de uma dieta não saudável¹²². Em oposição a este fato, o consumo de flavonoides foi maior nas áreas urbanas. Uma possível explicação para o menor consumo de flavonoides pela área rural é que a população destas áreas tende a consumir mais frutas e hortaliças regionais, que possuem pouca ou nenhuma informação documentada sobre o conteúdo de compostos fenólicos, o que pode resultar em uma subestimação da ingestão pela população de áreas rurais.

O consumo de compostos fenólicos totais e ácidos fenólicos foi maior pelos indivíduos com menor escolaridade e menor renda. Isso é consistente com achados de estudos conduzidos no Brasil^{19,20} (São Paulo e Viçosa) e Europa¹⁰³. Por outro lado, corroborando com dados para a população Americana⁹⁰ e Coreana⁹³, verificou-se um aumento crescente na ingestão de flavonoides com o aumento do tempo de estudo total e da renda. É possível observar que o consumo de frutas e verduras aumentam muito com o aumento de renda¹²², fato este que pode justificar o maior consumo de flavonoides pelas faixas mais elevadas de renda.

Na comparação das estimativas de consumo obtidas na presente análise com as de estudos que avaliam a associação com o risco doenças, verifica-se que a população Brasileira consome quantidades muito inferiores às relacionadas com o menor risco de doenças crônicas¹³⁵⁻¹⁴⁰. Em

meta-análises que incluíram análises do tipo dose-resposta, um incremento na ingestão de ácidos fenólicos em 600 mg/dia representa um risco 34% menor de diabetes mellitus tipo 2¹⁴¹ e um aumento no consumo de flavonoides em 100 e 50 mg/dia representa a redução do risco de infarto agudo do miocárdio em 9%¹⁴² e a redução de 2% no risco de morte por doenças cardiovasculares¹⁴³, respectivamente. Com base nessas informações, é possível observar que as medianas de consumo de compostos fenólicos e classes pela população Brasileira são, no mínimo, duas vezes menores que os incrementos sugeridos para redução do risco de doenças. Ressaltamos a necessidade de ações de saúde pública voltadas para a promoção do consumo de frutas, hortaliças, cereais, leguminosas e grãos, alimentos que são fontes importantes de compostos fenólicos e desempenham ações na manutenção da saúde e redução do risco de doenças crônicas.

7.3 Glicosinolatos

Esse é o primeiro estudo que descreve a ingestão de glicosinolatos pela população Brasileira. Diferentemente do esperado, a mediana de ingestão de glicosinolatos totais foi igual a zero para a população total e para todas as estratificações sociodemográficas. Os outros estudos disponíveis foram desenvolvidos em países europeus e estimaram ingestão média variando de 6,5 a 29,4mg/dia^{18,121}.

As baixas medianas de consumo encontradas para a população Brasileira podem ser justificadas por dois fatores principais. O primeiro deles refere-se ao baixo consumo de alimentos com conteúdo conhecido de glicosinolatos, uma vez que a grande maioria dos indivíduos incluídos na pesquisa (86,5%) apresentou ingestão igual a zero. Outro fator que pode estar relacionado com a baixa ingestão de glicosinolatos é a escassez de dados sobre o teor de glicosinolatos em alimentos. As tabelas disponíveis foram desenvolvidas por pesquisadores da Austrália, Alemanha e Espanha e contém até 16 alimentos, sendo que alguns são pouco consumidos no Brasil (armorácia, couve-galega, couve-rábano, couve-lombarda, nabo-sueco, rábano e chucrute). Os alimentos consumidos pelos Brasileiros com informações disponíveis sobre o teor de glicosinolatos foram agrião, brócolis, couve, couve-flor, nabo, repolho, rabanete e rúcula. Vegetais crucíferos como acelga e mostarda, e outras hortaliças como chicória, beralha, serralha e taioba, que podem apresentar glicosinolatos, não possuem informações disponíveis sobre o teor desses compostos. Tais fatos atentam para a necessidade de mais pesquisas avaliando a presença de glicosinolatos em alimentos, sobretudo brasileiros.

8 Considerações finais

A modificação do padrão alimentar do Brasileiro vem sendo descrita ao longo das últimas décadas. O consumo de alimentos com alto teor energético e reduzido aporte de nutrientes tem aumentado e, de acordo com as informações de consumo alimentar da POF 2008-2009 e da mais recente (2017-2018)¹⁴⁴, há uma alta prevalência de inadequação no consumo de fibras alimentares e micronutrientes, como vitamina A, vitamina D, vitamina E, vitamina C, cálcio e magnésio. Complementando esses resultados, nosso estudo mostra que o consumo de compostos bioativos é mais baixo do que o reportado por outras populações e do que aquele relacionado com a redução do risco de doenças crônicas. A ingestão das principais classes de compostos fenólicos e carotenoides é maior por adultos e idosos e para os indivíduos em faixas mais altas de renda e escolaridade. Em conjunto, essas informações apontam para a baixa qualidade da alimentação no país e salientam a necessidade de intervenções de educação alimentar e nutricional em nível populacional, com maior atenção a grupos cujo consumo é mais baixo, como crianças, adolescentes e faixas mais baixas de renda.

Os resultados encontrados no presente estudo facilitarão o estudo das associações entre a ingestão de compostos bioativos e desfechos de saúde, e serão úteis para a investigação do potencial à saúde de certos alimentos consumidos em maior quantidade pela população Brasileira, como o café e o suco de laranja.

Sugestões para trabalhos futuros

Verificamos que para alguns alimentos consumidos ainda não existem informações sobre o teor de carotenoides, compostos fenólicos e glicosinolatos, sendo a maioria frutas e hortaliças regionais. Salientamos a necessidade de mais pesquisas investigando o teor de compostos bioativos nesses alimentos. Especificamente sobre os glicosinolatos, as poucas bases de dados disponíveis foram desenvolvidas em países Europeus. Considerando o grande potencial da biodiversidade Brasileira, sugerimos o desenvolvimento de uma tabela sobre o teor de glicosinolatos em alimentos cultivados no país, incluindo hortaliças regionais.

O monitoramento contínuo da ingestão de compostos bioativos, bem como o cruzamento dessas informações com desfechos de saúde, deve ser incentivado. Sugerimos que as análises aqui desenvolvidas sejam periodicamente realizadas a partir de novas Pesquisas de Orçamentos Familiares, possibilitando, assim, a identificação de padrões e mudanças na ingestão de compostos bioativos no Brasil.

Referências¹

- 1 World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2014. Geneva: World Health Organization; 2014.
- 2 World Health Organization. Noncommunicable Diseases Progress Monitor, 2017. Geneva: World Health Organization; 2017.
- 3 Buil-Cosiales P, et al. Association between dietary fiber intake and fruit, vegetable or whole-grain consumption and the risk of CVD: results from the PREvención con DIeta MEDiterránea (PREDIMED) trial. *Br J Nutr*. 2016 Aug; 116(3):534-46.
- 4 Miller V, et al. Fruit, vegetable, and legume intake, and cardiovascular disease and deaths in 18 countries (PURE): a prospective cohort study. *Lancet*. 2017 Nov; 390(10107):2037-2049.
- 5 Aune D, et al. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality-a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Int J Epidemiol*. 2017 Jun; 46(3):1029-1056.
- 6 Cooper AJ, et al. Fruit and vegetable intake and type 2 diabetes: EPIC-InterAct prospective study and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr*. 2012 Oct; 66(10):1082-92.
- 7 Wu L, Sun D, He Y. Fruit and vegetables consumption and incident hypertension: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *J Hum Hypertens*. 2016 Oct; 30(10):573-80.
- 8 Horst MA, Cruz AC, Lajolo FM. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. 6. ed. São Paulo (Barueri): Editora Manole; 2020. p. 549-573.
- 9 Li NA, et al. Resources and biological activities of natural polyphenols. *Nutrients*. 2014 Dec; 6(12):6020-6047.
- 10 Tsao R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*. 2010 Dec; 2(12):1231-1246.
- 11 Hassimoto NMA, Lajolo FM. Polifenóis. In: Cominetti C, Rogero MM, Horst MA. Genômica nutricional: dos fundamentos à nutrição molecular. 1. ed. São Paulo (Barueri): Editora Manole; 2017. p. 230-242.
- 12 Mercadante AZ, et al. Carotenoid esters in foods: a review and practical directions on analysis and occurrence. *Food Res Int*. 2017 Sep; 99(2):830-850.
- 13 Dinkova-Kostova AT, Kostov RV. Glucosinolates and isothiocyanates in health and disease. *Trends Mol Med*. 2012 Jun; 18(6):337-47.
- 14 Pérez-Jiménez J, et al. Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *Am J Clin Nutr*. 2011 Jun; 93(6):1220-8.

¹ De acordo com o estilo Vancouver.

- 15 Vogiatzoglou A, et al. Flavonoid intake in European adults (18 to 64 years). *PLoS One*. 2015 May; 10(5):e0128132.
- 16 Beltrán-De-Miguel B, Estévez-Santiago R, Olmedilla-Alonso B. Assessment of dietary vitamin A intake (retinol, α -carotene, β -carotene, β -cryptoxanthin) and its sources in the National Survey of Dietary Intake in Spain (2009-2010). *Int J Food Sci Nutr*. 2015 Aug; 66(6):706-12.
- 17 Biehler E, et al. Contribution of violaxanthin, neoxanthin, phytoene and phytofluene to total carotenoid intake: Assessment in Luxembourg. *J Food Compos Anal*. 2012 Feb; 25(1):56-65.
- 18 Steinbrecher A, Linseisen J. Dietary intake of individual glucosinolates in participants of the EPIC-Heidelberg cohort study. *Ann Nutr Metab*. 2009 Mar; 54(2):87-96.
- 19 Miranda AM, et al. Dietary intake and food contributors of polyphenols in adults and elderly adults of Sao Paulo: a population-based study. *Br J Nutr*. 2016 Mar; 115(6):1061-70.
- 20 Nascimento-Souza MA, et al. Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in elderly of Viçosa, Brazil: a population-based study. *Eur J Nutr*. 2016 Mar; 57(2):617-627.
- 21 Anacleto SL, Lajolo FM, Hassimoto NMA. Estimation of dietary flavonoid intake of the Brazilian population: A comparison between the USDA and Phenol-Explorer databases. *J Food Compos Anal*. 2019 May; 78:1-8.
- 22 Vargas-Murga L, et al. Fruits and vegetables in the Brazilian Household Budget Survey (2008–2009): carotenoid content and assessment of individual carotenoid intake. *J Food Compos Anal*. 2016 Jul; 50:88-96.
- 23 Fraser PD, Bramley PM. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Prog Lipid Res*. 2004 May; 43(3):228-265.
- 24 Fiedor J, Burda K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*. 2014 Jan; 6(2):466-488.
- 25 Yonekura L, et al. Vitamina A (retinol) e carotenoides. In: Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. 6. ed. São Paulo (Barueri): Editora Manole; 2020. p. 173-195.
- 26 Rodrigues-Amaya DB, Kimura M, Amaya-Farfan J. Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF; 2008. 99 p.
- 27 Edge R, Truscott TG. Singlet oxygen and free radical reactions of retinoids and carotenoids: a review. *Antioxidants*. 2018 Jan; 7(1):pii:e5.
- 28 Aune D, et al. Dietary compared with blood concentrations of carotenoids and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 2012 Aug; 96(2):356-73.
- 29 Aune D, et al. Dietary intake and blood concentrations of antioxidants and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 2018 Nov; 108(5):1069-1091.
- 30 Sluijs I, et al. Dietary intake of carotenoids and risk of type 2 diabetes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2015 Apr; 25(4):376-81.

- 31 Milani A, et al. Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. *Br J Pharmacol*. 2017 Jun; 174(11):1290-1324.
- 32 Johnson EJ. Role of lutein and zeaxanthin in visual and cognitive function throughout the lifespan. *Nutr Rev*. 2014 Sep; 72(9):605-12.
- 33 SANGIOVANNI, J.P. et al. The relationship of dietary carotenoid and vitamin A, E, and C intake with age-related macular degeneration in a case-control study: AREDS Report No. 22. *Arch Ophthalmol*. 2007 Sep; 125(9):1225-32.
- 34 WU, J. et al. Intakes of lutein, zeaxanthin, and other carotenoids and age-related macular degeneration during 2 decades of prospective follow-up. *JAMA Ophthalmol*. 2015 Dec; 133(12):1415-24.
- 35 Harrison EH. Mechanisms involved in the intestinal absorption of dietary vitamin A and provitamin A carotenoids. *Biochim Biophys Acta*. 2012 Jan; 1821(1):70-7.
- 36 Kotake-Nara E, Nagao A. Absorption and metabolism of xanthophylls. *Mar Drugs*. 2011 Jun; 9(6):1024-1037.
- 37 Gropper SS, Smith JL, Groff JL. Vitamina A e carotenoides. In: Gropper SS, Smith JL, Groff JL. *Nutrição Avançada e metabolismo humano*. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning; 2011. p. 373-393.
- 38 Bohn T, et al. Host-related factors explaining interindividual variability of carotenoid bioavailability and tissue concentrations in humans. *Mol Nutr Food Res*. 2017 Jun; 61(6):1600685.
- 39 Vallverdú-Queralt A, et al. Carotenoid profile of tomato sauces: effect of cooking time and content of extra virgin olive oil. *Int J Mol Sci*. 2015 Apr; 16(5):9588-99.
- 40 Castenmiller JJ, et al. The food matrix of spinach is a limiting factor in determining the bioavailability of beta-carotene and to a lesser extent of lutein in humans. *J Nutr*. 1999 Feb; 129(2):349-55.
- 41 Updike AA, Schwartz SJ. Thermal processing of vegetables increases cis isomers of lutein and zeaxanthin. *J Agric Food Chem*. 2003 Oct; 51(21):6184-90.
- 42 Saini RK, Keum YS. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chem*. 2018 Feb; 240:90-103.
- 43 Rivera SM, Canela-Garayoa R. Analytical tools for the analysis of carotenoids in diverse materials. *J Chromatogr A*. 2012 Feb; 1224:1-10.
44. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 6.0. São Paulo, 2017. [Acesso em: 22/10/2020]. Disponível em: <http://www.tbca.net.br/>
- 45 Dias MG, et al. A comprehensive database of carotenoid contents in Ibero-american foods: A valuable tool in the context of functional foods and the establishment of recommended intakes of bioactives. *J Agric Food Chem*. 2018 May; 66(20):5055-5107.

- 46 Beltrán B, et al. Carotenoid data base to assess dietary intake of carotenes, xanthophylls and vitamin A; its use in a comparative study of vitamin A nutritional status in young adults. *Nutr Hosp.* 2012 Jul-Aug; 27(4):1334-43.
- 47 Holden JM, et al. Carotenoid Content of U.S. Foods: An Update of the Database. *J Food Compos Anal.* 1999 Sep; 12(3):169-196.
- 48 Durán-Cabral M, et al. Assessment of individual carotenoid and vitamin A dietary intake in overweight and obese Dominican subjects. *Nutr Hosp.* 2017 Mar; 34(2):407-415.
- 49 Estévez-Santiago R, Beltrán-De-Miguel B, Olmedilla-Alonso B. Assessment of dietary lutein, zeaxanthin and lycopene intakes and sources in the Spanish survey of dietary intake (2009-2010). *Int J Food Sci Nutr.* 2016 Feb; 67(3):305-13.
- 50 Lucarini M, et al. Intake of vitamin A and carotenoids from the Italian population – Results of an Italian Total Diet Study. *Int J Vitam Nutr Res.* 2006 May; 76(3): 103-109.
- 51 Manzi F, et al. The intake of carotenoids in an older Australian population: The Blue Mountains Eye Study. *Public Health Nutr.* 2002 Apr; 5(2):347-52.
- 52 Nebeling LC, et al. Changes in carotenoid intake in the United States: the 1987 and 1992 National Health Interview Surveys. *J Am Diet Assoc.* 1997 Sep; 97(9):991-6.
- 53 Pelz R, Schmidt-Faber B, Heseker H. Carotenoids intake in the German National Food Consumption Survey. *Z Ernährungswiss.* 1998; 37(4), 319–27.
- 54 Belscak-Cvitanovic A, et al. Overview of polyphenols and their properties. Galanakis CM. *Polyphenols: properties, recovery, and applications.* 1. ed. Inglaterra (Sawston): Woodhead Publishing, 2018. p. 3-44.
- 55 Nijveldt RJ, et al. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am J Clin Nutr.* 2001 Oct; 74(4):418-25.
- 56 Heleno AS, et al. Bioactivity of phenolic acids: metabolites versus parent compounds: a review. *Food Chem.* 2015 Apr; 173:501-13.
- 57 Peterson J, et al. Dietary lignans: physiology and potential for cardiovascular disease risk reduction. *Nutr Rev.* 2010 Oct; 68(10):571-603.
- 58 Riviere C, Pawlus AD, Mérillon JM. Natural stilbenoids: distribution in the plant kingdom and chemotaxonomic interest in Vitaceae. *Nat Prod Rep.* 2012 Nov; 29(11):1317-33.
- 59 Lajous M, et al. Flavonoid intake and incident hypertension in women. *Am J Clin Nutr.* 2016 Apr; 103(4):1091-8.
- 60 Miranda AM, et al. Association between polyphenol intake and hypertension in adults and older adults: a population-based study in Brazil. *PLoS One.* 2016 Oct; 11(10):e0165791.
- 61 Mursu J, et al. Flavonoid intake and the risk of ischaemic stroke and CVD mortality in middle-aged Finnish men: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *Br J Nutr.* 2008 Oct; 100(4):890-5.

- 62 Liu YJ, et al. Dietary flavonoids intake and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Clin Nutr*. 2014 Feb; 33(1):59-63.
- 63 Hagan KA, et al. Epidemiology of major neurodegenerative diseases in women: contribution of the Nurses' Health Study. *Am J Public Health*. 2016 Sep; 106(9):1650-5.
- 64 Shishtar E, et al. Flavonoid intake and MRI markers of brain health in the Framingham Offspring Cohort. *J Nutr* 2020 Jun; 150(6):1545-1553.
- 65 Luo J, et al. Urinary polyphenols and breast cancer risk: results from the Shanghai Women's Health Study. *Breast Cancer Res Treat*. 2010 Apr; 120(3):693-702.
- 66 Cui L, et al. Flavonoids, flavonoid subclasses, and esophageal cancer risk: a meta-analysis of epidemiologic studies. *Nutrients*. 2016 Jun; 8(6):350.
- 67 Tan AC, et al. Molecular pathways for cancer chemoprevention by dietary phytochemicals. *Nutr Cancer*. 2011 Apr; 63(4):495-505.
- 68 Vauzour D, et al. Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients*. 2010 Nov; 2(11):1106-1131.
- 69 Joseph SV, Edirisinghe I, Burton-Freeman BM. Fruit polyphenols: a review of anti-inflammatory effects in humans. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016 Jan; 56(3):419-44.
- 70 Ross SA, Davis CD. The emerging role of microRNAs and nutrition in modulating health and disease. *Annu Rev Nutr*. 2014 Jul; 34:305-36.
- 71 Parasramka MA, et al. MicroRNAs, diet, and cancer: new mechanistic insights on the epigenetic actions of phytochemicals. *Mol Carcinog*. 2012 Mar; 51(3):213-30.
- 72 Tili E, et al. Resveratrol modulates the levels of microRNAs targeting genes encoding tumor-suppressors and effectors of TGF β signaling pathway in SW480 cells. *Biochem Pharmacol*. 2010 Dec; 80(12):2057-65.
- 73 Tomé-Carneiro J, et al. One-year supplementation with a grape extract containing resveratrol modulates inflammatory-related microRNAs and cytokines expression in peripheral blood mononuclear cells of type 2 diabetes and hypertensive patients with coronary artery disease. *Pharmacol Res*. 2013 Jun; 72:69-82.
- 74 Chen L, Cao H, Xiao J. Polyphenols: absorption, bioavailability, and metabolomics. Galanakis, C.M. Polyphenols: properties, recovery, and applications. 1. ed. Ingleterra(Sawston): Woodhead Publishing, 2018. p. 45-68.
- 75 Wolfram S, Block M, Ader P. Quercetin-3-glucoside is transported by the glucose carrier SGLT1 across the brush border membrane of rat small intestine. *J Nutr*. 2002 Apr; 132(4):630-5.
- 76 Cassidy A, Minihane AM. The role of metabolism (and the microbiome) in defining the clinical efficacy of dietary flavonoids. *Am J Clin Nutr*. 2017 Jan; 105(1):10-22.
- 77 Dolinsky M, et al. Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables. *J Culinary Sci Tec*. 2015 Dec, 14(1):1-12.

- 78 Neveu V, et al. Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. Database. 2010; 2010: bap024.
- 79 Khoddami A, Wilkes MA, Roberts TH. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. Molecules. 2013 Feb; 18(2):2328-75.
- 80 Kalili KM, De Villiers A. Recent developments in the HPLC separation of phenolic compounds. J Sep Sci. 2011 Apr; 34(8):854-76.
- 81 Rothwell JA, et al. Phenol-Explorer 2.0: a major update of the Phenol-Explorer database integrating data on polyphenol metabolism and pharmacokinetics in humans and experimental animals. Database. 2012 Aug; 2012:bas031.
- 82 Rothwell JA, et al. Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. Database. 2013 Oct; 2013:bat070.
- 83 Bhagwat S, Haytowitz DB, Holden JM. 2014. USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods, Release 3.1. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory Home Page: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata/flav>.
- 84 Bhagwat S, Haytowitz DB, Holden JM. 2008. USDA Database for the Isoflavone Content of Selected Foods, Release 2.0. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory Home Page: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata/isoflav>.
- 85 Vogiatzoglou A, et al. Flavonoid Intake in European Adults (18 to 64 years). PLoS One. 2015 May; 10(5):e0128132.
- 86 Yang YK, Kim JY, Kwon O. Development of flavonoid database for commonly consumed foods by Koreans. Korean J Nutr. 2012 Jun; 45(3):283-292.
- 87 Taguchi C, et al. Estimated dietary polyphenol intake and major food and beverage sources among elderly Japanese. Nutrients. 2015 Dec; 7(12):10269-10281.
- 88 Ovaskainen ML, et al. Dietary intake and major food sources of polyphenols in Finnish adults. J Nutr. 2008 Mar; 138(3):562-6.
- 89 Arabbi PR, Genovese MI, Lajolo FM. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. J Agric Food Chem. 2004 Dec; 52(5):1124-31.
- 90 Chun OK, Chung SJ, Song WO. Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. J Nutr. 2007 May; 137(5):1244-52.
- 91 González S, et al. Dietary intake of polyphenols and major food sources in an institutionalised elderly population. J Hum Nutr Diet. 2014 Apr; 27(2):176-83.
- 92 Grosso G, et al. Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in the Polish arm of the HAPIEE study. Nutrition. 2014 Nov; 30(11-12):1398-403.
- 93 Jun S, Shin S, Joung H. Estimation of dietary flavonoid intake and major food sources of Korean adults. Br J Nutr. 2016 Feb; 115(3):480-9.

- 94 Karam J, Bibiloni MDM, Tur JA. Polyphenol estimated intake and dietary sources among older adults from Mallorca Island. *PLoS One*. 2018 Jan; 13(1):e0191573.
- 95 Kent K, et al. Estimated intake and major food sources of flavonoids among Australian adolescents. *Eur J Nutr*. 2020.
- 96 Kozłowska A, Przekop D, Szostak-Węgierek D. Flavonoids intake among Polish and Spanish students. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 2015; 66(4):319-25.
- 97 Murphy KJ, et al. Estimation of daily intake of flavonoids and major food sources in middle-aged Australian men and women. *Nutr Res*. 2019 Jan; 61:64-81.
- 98 Rossi MC, Bassett MN, Sammán NC. Dietary nutritional profile and phenolic compounds consumption in school children of highlands of Argentine Northwest. *Food Chem*. 2018 Jan; 238:111-116.
- 99 Tetens I, et al. Dietary intake and main sources of plant lignans in five European countries. *Food Nutr Res*. 2013 Jun; 57:10.
- 100 Tresserra-Rimbau A, et al. Dietary intake and major food sources of polyphenols in a Spanish population at high cardiovascular risk: the PREDIMED study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2013 Oct; 23(10):953-9.
- 101 Wisnuwardani RW, et al. Estimated dietary intake of polyphenols in European adolescents: the HELENA study. *Eur J Nutr*. 2019 Sep; 58(6):2345-2363.
- 102 Yahya HM, et al. Dietary intake of 20 polyphenol subclasses in a cohort of UK women. *Eur J Nutr*. 2016 Aug; 55(5):1839-47.
- 103 Zamora-Ros R, et al. Dietary intakes and food sources of phenolic acids in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Br J Nutr*. 2013 Oct; 110(8):1500-11.
- 104 Zamora-Ros R, Knaze V, Rothwell JA. Dietary polyphenol intake in Europe: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Eur J Nutr*. 2016 Jun; 55(4):1359-75.
- 105 Zamora-Ros R, et al. Dietary polyphenol intake and their major food sources in the Mexican Teachers' Cohort. *Br J Nutr*. 2018 Aug; 120(3):353-360.
- 106 Zamora-Ros R, et al. Concentrations of resveratrol and derivatives in foods and estimation of dietary intake in a Spanish population: European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Spain cohort. *Br J Nutr*. 2008 Jul; 100(1):188-96.
- 107 Ziauddeen N, et al. Dietary intake of (poly)phenols in children and adults: cross-sectional analysis of UK National Diet and Nutrition Survey Rolling Programme (2008-2014). *Eur J Nutr*. 2018 Dec; 58(8):3183-3198.
- 108 Verkerk R, et al. Glucosinolates in brassica vegetables: the influence of the food supply chain on intake, bioavailability and human health. *Mol Nutr Food Res*. 2009 Sep; 53(2):S219.

109. Blazevic I, et al. Glucosinolate structural diversity, identification, chemical synthesis and metabolism in plants. *Phytochemistry* 2020 Jan; 169: 112100.
- 110 Terry P, et al. Brassica vegetables and breast cancer risk. *JAMA*. 2001 Jun; 285(23):2975-7.
- 111 Verhoeven DT, et al. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1996 Sep; 5(9):733-48.
- 112 Bosetti C, et al. Cruciferous vegetables and cancer risk in a network of case-control studies. *Ann Oncol*. 2012 Aug; 23(8):2198-203.
- 113 Conaway CC, Yang YM, Chung FL. Isothiocyanates as cancer chemopreventive agents: their biological activities and metabolism in rodents and humans. *Curr Drug Metab*. 2002 Jun; 3(3):233-55.
- 114 Riso P, et al. DNA damage and repair activity after broccoli intake in young healthy smokers. *Mutagenesis*. 2010 Nov; 25(6):595-602.
- 115 Plumb GW, et al. Are whole extracts and purified glucosinolates from cruciferous vegetables antioxidants?. *Free Radic Res*. 1996 Jul; 25(1):75-86.
- 116 Vicas SL, et al. Glucosinolates profile and antioxidant capacity of Romanian Brassica vegetables obtained by organic and conventional agricultural practices. *Plant Foods Hum Nutr*. 2013 Sep; 68(3):313-21.
- 117 Barba FJ, et al. Bioavailability of glucosinolates and their breakdown products: impact of processing. *Front Nutr*. 2016 Aug; 3:24.
- 118 Johnson IT. Glucosinolates: bioavailability and importance to health. *Int J Vitam Nutr Res*. 2002 Jan; 72(1):26-31.
- 119 McNaughton SA, Marks GC. Development of a food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of cruciferous vegetables. *Br J Nutr*. 2003 Sep; 90(3):687-97.
- 120 Agudo A, et al. Consumption of cruciferous vegetables and glucosinolates in a Spanish adult population. *Eur J Clin Nutr*. 2008 Mar; 62(3):324-31.
- 121 Sones K, Heaney RK, Fenwick GR. An estimate of the mean daily intake of glucosinolates from cruciferous vegetables in the UK. *J Sci Food Agric*. 1984 Jun; 35(6):712-720.
- 122 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2010.
- 123 Pais MCN, Valerio LB. Avaliação do consumo de alimentos in natura da população brasileira por meio da pesquisa de orçamentos familiares – bloco de consumo alimentar pessoal. São Paulo: International Life Sciences Institute, 2015.
- 124 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008-2009: Tabela de medidas referidas para os alimentos consumidos no Brasil. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2010.

- 125 Rothwell JA, et al. Effects of food processing on polyphenol contents: a systematic analysis using Phenol-Explorer data. *Mol Nutr Food Res*. 2015 Jan; 59(1):160-70.
- 126 Khan NC, et al. Intakes of retinol and carotenoids and its determining factors in the Red River Delta population of northern Vietnam. *Eur J Clin Nutr*. 2008 Jul, 62:810-816.
- 127 Sluijs I, et al. Dietary intake of carotenoids and risk of type 2 diabetes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2015 Apr; 25(4):376-81.
- 128 Quansah DY, et al. Associations of dietary antioxidants and risk of type 2 diabetes: data from the 2007-2012 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Molecules*. 2017 Oct; 22(10):e1664.
- 129 Osganian SK, et al. Dietary carotenoids and risk of coronary artery disease in women. *Am J Clin Nutr*. 2003 Jun; 77(6):1390-9.
- 130 Fisberg RM, Marchioni DML, Colucci ACA. Avaliação do consume alimentar e da ingestão de nutrientes na prática clínica. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2009; 53(5):617-624.
- 131 World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: World Health Organization; 2003
- 132 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2002-2003: Aquisição alimentar domiciliar per capita, Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2004.
- 133 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008-2009: Aquisição alimentar domiciliar per capita, Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2010.
- 134 Ranilla LG, Genovese MI, Lajolo FM. Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *J Agric Food Chem* 2009 Jun; 57(13):5734-42.
- 135 Grosso G, et al. Dietary polyphenol intake and risk of type 2 diabetes in the Polish arm of the Health, Alcohol and Psychosocial factors in Eastern Europe (HAPIEE) study. *Br J Nutr*. 2017 Jul; 118(1):60-68.
- 136 Grosso G, et al. Dietary polyphenol intake and risk of hypertension in the Polish arm of the HAPIEE study. *Eur J Nutr*. 2018 Jun; 57(4):1535-1544.
- 137 Zamora-Ros R, et al. Dietary intakes of individual flavanols and flavonols are inversely associated with incident type 2 diabetes in European populations. *J Nutr*. 2014 Mar; 144(3):335-43.
- 138 Ponzo V, et al. Dietary flavonoid intake and cardiovascular risk: a population-based cohort study. *J Transl Med*. 2015 Jul; 13:218.
- 139 Vogiatzoglou A, et al. Associations between flavan-3-ol intake and CVD risk in the Norfolk cohort of the European Prospective Investigation into Cancer (EPIC-Norfolk). *Free Radic Biol Med*. 2015 Jul; 84:1-10.

- 140 Zamora-Ros R, et al. The association between dietary flavonoid and lignan intakes and incident type 2 diabetes in European populations: the EPIC-InterAct study. *Diabetes Care*. 2013 Dec; 36(12):3961-70.
- 141 Rienks J, et al. Polyphenol exposure and risk of type 2 diabetes: dose-response meta-analyses and systematic review of prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr*. 2018 Jul; 108(1):49-61.
- 142 Tang Z, et al. Dietary flavonoid intake and the risk of stroke: a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open*. 2016 Jun; 6(6):e008680.
- 143 Kim Y, Je Y. Flavonoid intake and mortality from cardiovascular disease and all causes: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Clin Nutr ESPEN* 2017; 20:68-77.
144. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2017-2018: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2020.

APÊNDICES

Apêndice 1. Valores de significância do teste post-hoc Dunn-Bonferroni

Tabela 1. Valores de significância da análise post-hoc Dunn-Bonferroni para a variável faixa etária

Polifenóis totais		Ácidos fenólicos totais		Ácido hidroxibenzoico		Ácido hidroxicinâmico	
Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>
1-2	0,038	1-2	0,013	1-2	1,0000	1-2	0,014
1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	0,0001
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
2-3	0,065	2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,017	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
Flavonoides totais		Flavan3ol		Flavona		Flavonol	
1-2	1,0000	1-2	0,0001	1-2	1,0000	1-2	1,000
1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	1,0000	1-3	0,0001
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,926	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,001	3-4	0,001	3-4	0,0001	3-4	0,002
Flavanona		Lignanas		Outros polifenóis		Carotenoides totais	
1-2	0,198	1-2	0,707	1-2	1,000	1-2	0,012
1-3	0,019	1-3	0,0001	1-3	0,571	1-3	0,0001
1-4	1,000	1-4	0,0001	1-4	0,001	1-4	0,0001
2-3	1,000	2-3	0,0001	2-3	0,304	2-3	0,0001
2-4	1,000	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,731	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
α-Caroteno		β-Caroteno		β-Criptoxantina		Licopeno	
1-2	0,0001	1-2	0,012	1-2	0,0001	1-2	0,620
1-3	0,891	1-3	0,0001	1-3	0,451	1-3	0,0001
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
Luteína		Neoxantina		Violaxantina		Zeaxantina	
1-2	0,940	1-2	1,000	1-2	1,000	1-2	0,066
1-3	0,439	1-3	0,001	1-3	0,019	1-3	0,0001
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,003	2-3	0,0001	2-3	0,003
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,903
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,459

1: 10 a 13 anos, 2: 14 a 18 anos, 3: 19 a 59 anos, 4: 60 a 104 anos.

Tabela 2. Valores de significância da análise post-hoc Dunn-Bonferroni para a variável região

Polifenóis totais		Ácidos fenólicos totais		Ácido hidroxibenzoico		Ácido hidroxicinâmico	
Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>
1-2	1,0000	1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001
1-3	0,033	1-3	1,0000	1-3	1,0000	1-3	1,0000
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,242	2-4	0,0001	2-4	0,202
2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,001	2-5	0,0001
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
3-5	0,0001	3-5	0,0001	3-5	0,0001	3-5	0,0001
4-5	0,001	4-5	0,0001	4-5	0,004	4-5	0,0001
Flavonoides totais		Flavan3ol		Flavona		Flavonol	
1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001
1-3	0,608	1-3	0,012	1-3	0,0001	1-3	0,0001
1-4	1,0000	1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	0,0001
1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	1,0000	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,0001
3-4	1,0000	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	1,0000
3-5	0,0001	3-5	0,0001	3-5	0,0001	3-5	0,0001
4-5	0,0001	4-5	0,0001	4-5	0,0001	4-5	0,0001
Flavanona		Antocianinas		Estilbenos		Lignanais	
1-2	0,110	1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001
1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	1,0000	1-3	0,0001
1-4	0,208	1-4	0,0001	1-4	0,132	1-4	0,0001
1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,178	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	1,000	2-4	0,0001	2-4	0,0001
2-5	0,0001	2-5	1,000	2-5	0,0001	2-5	0,0001
3-4	0,012	3-4	0,784	3-4	1,0000	3-4	1,0000
3-5	0,0001	3-5	0,019	3-5	0,0001	3-5	0,0001
4-5	0,0001	4-5	0,861	4-5	0,0001	4-5	0,0001
Outros polifenóis		Carotenoides totais		α-Caroteno		β-Caroteno	
1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001
1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	1,0000	1-3	0,0001
1-4	0,0001	1-4	0,0001	1-4	1,0000	1-4	0,0001
1-5	0,0001	1-5	0,0001	1-5	0,033	1-5	0,0001
2-3	0,374	2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,001
2-4	0,0001	2-4	0,174	2-4	0,0001	2-4	0,055
2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,014
3-4	0,0001	3-4	1,0000	3-4	1,0000	3-4	1,0000
3-5	0,0001	3-5	0,958	3-5	0,223	3-5	1,0000
4-5	0,0001	4-5	1,0000	4-5	0,457	4-5	1,0000

Tabela 2. Valores de significância da análise post-hoc Dunn-Bonferroni para a variável região

β-Criptoxantina		Licopeno		Luteína	
Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>
1-2	0,0001	1-2	1,0000	1-2	0,0001
1-3	0,0001	1-3	0,0001	1-3	0,0001
1-4	0,011	1-4	0,0001	1-4	0,0001
1-5	0,005	1-5	0,0001	1-5	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
2-5	0,0001	2-5	0,0001	2-5	0,0001
3-4	1,0000	3-4	0,0001	3-4	0,0001
3-5	0,0001	3-5	1,0000	3-5	0,0001
4-5	0,0001	4-5	0,0001	4-5	1,0000
Neoxantina		Violaxantina		Zeaxantina	
1-2	0,0001	1-2	0,0001	1-2	0,0001
1-3	1,0000	1-3	1,0000	1-3	0,696
1-4	0,0001	1-4	0,016	1-4	0,0001
1-5	1,0000	1-5	0,0001	1-5	0,0001
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
2-5	0,0001	2-5	0,001	2-5	0,0001
3-4	0,001	3-4	0,057	3-4	0,0001
3-5	1,0000	3-5	0,0001	3-5	0,0001
4-5	0,0001	4-5	0,0001	4-5	0,133

1: Norte, 2: Nordeste, 3: Centro-oeste, 4: Sudeste, 5: Sul.

Tabela 3. Valores de significância da análise post-hoc Dunn-Bonferroni para a variável curso mais elevado concluído

Polifenóis totais		Ácidos fenólicos totais		Ácido hidroxibenzoico		Ácido hidroxicinâmico	
Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>
2-3	1,0000	2-3	0,005	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,003	2-4	0,0001	2-4	0,300	2-4	0,0001
3-4	0,023	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
Flavonoides totais		Flavan3ol		Flavona		Flavonol	
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,005	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
Flavanona		Antocianinas		Estilbenos		Lignanas	
2-3	0,0001	2-3	0,209	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,024	3-4	1,0000
Outros polifenóis		Carotenoides totais		α-Caroteno		β-Caroteno	
2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001	2-3	0,0001
2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001	3-4	0,0001
β-Criptoxantina		Licopeno		Luteína		Violaxantina	
2-3	0,031	2-3	2-3	2-3	1,0000	2-3	0,616
2-4	0,0001	2-4	2-4	2-4	0,0001	2-4	0,0001
3-4	0,0001	3-4	3-4	3-4	0,0001	3-4	0,0001
Zeaxantina							
2-3	0,0001						
2-4	0,0001						
3-4	0,001						

2: Ensino elementar, 3: Ensino médio, 3: Ensino superior.

Tabela 4. Valores de significância da análise post-hoc Dunn-Bonferroni para a variável renda per capita mensal

Polifenóis totais		Ácidos fenólicos totais		Ácido hidroxibenzoico		Ácido hidroxicinâmico	
Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>	Comparação	<i>p</i>
Q1-Q2	1,0000	Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	1,000	Q1-Q2	0,0001
Q1-Q3	1,0000	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,010	Q1-Q3	0,0001
Q1-Q4	0,776	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001
Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	0,0001	Q2-Q3	0,001	Q2-Q3	0,0001
Q2-Q4	0,177	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001
Q3-Q4	0,043	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001
Flavonoides totais		Flavan3ol		Flavona		Flavonol	
Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001
Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001
Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001
Q2-Q3	0,013	Q2-Q3	0,0001	Q2-Q3	0,0001	Q2-Q3	0,0001
Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001
Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,001	Q3-Q4	0,0001
Flavanona		Antocianinas		Estilbenos		Lignanás	
Q1-Q2	0,001	Q1-Q2	0,001	Q1-Q2	1,0000	Q1-Q2	0,177
Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,005	Q1-Q3	1,0000	Q1-Q3	0,337
Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001
Q2-Q3	0,121	Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	1,0000
Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001
Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001
Outros polifenóis		Carotenoides totais		α-Caroteno		β-Caroteno	
Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	1,0000	Q1-Q2	0,326	Q1-Q2	0,444
Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,367	Q1-Q3	0,0001
Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001
Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	0,0001	Q2-Q3	1,000	Q2-Q3	0,005
Q2-Q4	0,002	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001
Q3-Q4	0,002	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001
β-Criptoxantina		Licopeno		Luteína		Neoxantina	
Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001
Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001
Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,0001	Q1-Q4	0,069
Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	0,0001	Q2-Q3	0,020	Q2-Q3	1,0000
Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	1,0000	Q2-Q4	0,065
Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,372	Q3-Q4	0,254
Violaxantina		Zeaxantina					
Q1-Q2	0,0001	Q1-Q2	0,0001				
Q1-Q3	0,0001	Q1-Q3	0,0001				
Q1-Q4	0,200	Q1-Q4	0,0001				
Q2-Q3	1,0000	Q2-Q3	0,0001				
Q2-Q4	0,0001	Q2-Q4	0,0001				
Q3-Q4	0,0001	Q3-Q4	0,0001				

Apêndice 2. Artigos

Economic outcomes of nutritional interventions with functional bioactive compounds

Artigo publicado na revista Nutrire

Renata A. Caraubal¹, Franco Maria Lajolo¹, Denise Cavallini Cyrillo²

¹ Department of Food and Experimental Nutrition, Faculty of Pharmaceutical Sciences, University of São Paulo.

² Department of Economy, Faculty of Economics, Administration and Accounting at the University of São Paulo.

Purpose: The aim of this short review is to present and discuss the available evidence regarding the effects of consumption of compounds with functional properties on economic aspects.

Methods: MEDLINE (PubMed), EMBASE and Scielo were used to search intervention studies published between 2000-2018 on the effects of functional bioactive compounds ingestion (via diet or supplement use) and economic outcomes, such productivity and cost savings.

Results: The fatty acids Omega-3 is the one with most studies published and, through simulations developed in several countries, like the United States, Canada and Italy, the supplementation of Omega-3 has proven to be a cost-effective strategy for the reduction of cardiovascular diseases (considering only direct costs, not including costs of work absence and productivity losses). Also, it is reported that the increase of 1g/day in consumption of dietary fibers can generate an important economy through the reduction of direct and indirect costs with diabetes mellitus, cardiovascular diseases and intestinal constipation. Lastly, estimates point to the fact that regular dietary intake of phytosterols can reduce the incidence of cardiovascular diseases and the costs associated.

Conclusions: Interventions involving functional bioactive compounds, such as n-3, dietary fibers and phytosterols, are strategies that promote favorable health outcomes with viable costs. It is important to discuss the need for the development of models for economic evaluation in nutrition, to better estimate the absolute and relative monetary impact of nutritional interventions.

Keywords: Economy, public policy, chronic disease, functional food.

Background

Chronic non-communicable diseases (NCDs), such as Diabetes mellitus type 2, cardiovascular diseases, cancer and chronic respiratory diseases, are currently the main cause of morbidity and mortality in the world. In 2011, NCDs were responsible for 36 million deaths, 25% of which affected individuals with less than 60 years of age and 80% in middle and low-income countries [1]. In Brazil, this group of diseases was responsible for 72.5% of deaths in 2014, a year in which 57.4 million Brazilians had at least one chronic disease [2].

Besides impacting the health of the afflicted individuals, NCDs compromise economic development and growth, since they lead to the reduction of productivity and the diminishment of resources of the families, and they generate substantive pressure upon healthcare systems [3]. Affliction by NCDs represents the loss of 48% of healthy years of life, reducing, therefore, the economic production capacity. Furthermore, estimates from the World Health Organization indicate that the cost of NCDs represented 48% of the global gross domestic product (GDP) in 2010 and that, at around 2030, this would amount to \$30 trillion [1].

Considering the aforementioned scenario, efforts are made to reduce NCDs modifiable risk factors. Since the emergence of NCDs is strongly associated to the process of globalization of unhealthy lifestyles [3,4], strategies involving the promotion of consumption of foods of plant origin could lead to an economy of up to \$24 billion/year [5,6,7,8]. The mentioned benefits can be justified by the presence of compounds with functional properties capable of modulating physiological responses associated with the emergence of NCDs. These compounds, called bioactive food compounds, acting as anti-inflammatory, antioxidants and chemopreventives agents, may be useful in interventions which aim to reduce the occurrence of NCDs [9,10].

Therefore, the importance of detailed analyses on the impact of interventions involving compounds with functional properties is reinforced. Although still rare, studies have pointed out that regular consumption of certain compounds exerts relevant influence over the reduction of healthcare costs. Given the relevance of the subject, this review aims to unite and analyze the available evidence on the economic benefits of interventions involving compounds with functional properties.

Methods

Selection of studies

Inclusion criteria

In the present review, we included only studies assessing the economic impact (such cost-benefit) of nutritional interventions including compounds with functional properties. There was no restriction of participants age, sex or health status, as well as there was no articles language restriction.

Exclusion criteria

Studies with economic analysis of non-nutritional (such medical procedures) or nutritional interventions involving conventional foods or nutrients (such dairy consumption and sodium ingestion) were excluded. Reviews, comments and proceedings from scientific meetings were also excluded.

Search strategy

We searched Medline (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>), EMBASE (<http://www.embase.com>) and Scielo (<https://www.scielo.org/>) for articles published between the years 2000 and 2019 and using following words/ expressions and theirs combinations: “functional food”, “bioactive compounds”, “economic impact”, “cost-benefit analysis” and “cost savings”. The reference lists from relevant studies were inspected to identify any additional published studies not identified in the literature searches.

A PRISMA flow diagram of the study selection process is shown in Figure 1. The following 72 articles were identified: 42 articles from Pubmed, 13 articles from EMBASE, and 12 articles from Scielo. Four articles were identified through manual searches. After removing duplicates and non-eligible studies, twelve articles were included in our review.

Figure 1. Flow diagram of study-selection process

Results

Economic evaluation of the intake of compounds with functional properties

Polyunsaturated fatty acids omega 3

Polyunsaturated fatty acids omega-3 (n-3) have been extensively studied in the reduction of the risk of NCDs. Evidence shows that n-3 act by inhibiting signaling of pro-inflammatory pathways associated with cardiovascular diseases, diabetes mellitus and obesity. Therefore, interventions that promote the intake of n-3, through feeding or supplementation, can be interesting in the reduction of NCDs incidence and, thus, generate a strong positive impact on the economy [11].

Martikainen et al. investigated the economic impact of a dietary intervention involving the replacement of saturated fatty acids (-1% of total energy value) with polyunsaturated fatty acids (+1% of total energy value) through projections developed for the year 2030 for the population of Finland. Through analyses which estimated the changes in the levels of serum cholesterol, it was found that the intervention could prevent the occurrence of approximately 5,400 fatal and 7,400 non-fatal cardiovascular events. The reduction of the incidence of cardiovascular events could result in a cost of €45,000 per quality-adjusted life year (inside the variation considered as cost-effective) and save up to €225 million between the years of 2010 to 2030 [12].

Studies point to the fact that the clinical and economic benefits mentioned above can also be reached with the intake of n-3 supplements. N-3 supplementation for a short (1 year) and long term (3.5 years) resulted in fewer cases of fatal heart attacks and lower cardiovascular mortality rates in males with a history of heart attacks, versus those without omega-3 supplementation. The evaluation of the medical costs and diminishment of productivity showed that supplementation is cost-effective, producing favorable outcomes with lower costs even in simulations of significant rises in treatment [13]. In an estimate of the economic benefits of n-3 supplementation on patients with severe hypertriglyceridemia (≥ 500 mg/ dl) aged 45-75 years, Samuel et. al. revealed that the supplementation of 4g/ day of n-3 for a period of 20 years would reduce up to 36% the incidence of adverse cardiovascular events and up to 24% the incidence of ischemic strokes. In the simulation run, n-3 supplementation could generate a cost of U\$47,000 per quality-adjusted life year, inside the range of cost-effective strategies for the prevention of cardiovascular diseases [14]. Another study has indicated that n-3 supplementation (1g of highly concentrated n-3 polyunsaturated fatty acid) by patients surviving a recent (≤ 3 months) myocardial infarction in Canada, Poland, Australia, Belgium and Germany was cost-effective in comparison to the standard model of secondary prevention [15].

Corroborating these results, Franzosi et. al. have shown that n-3 supplementation (850 to 882mg eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA)) for 3.5 years reduced the mortality rates of fatal heart attacks and cerebrovascular accidents in individuals with a history of recent myocardial infarction, in comparison to the non-supplementation. Additionally, number needed to treat (NNT) analyses demonstrate that, for a patient to be saved, 172 patients need to be treated with omega 3 for a year, representing an annual cost of €68,000. In comparison to NNT analyses for simvastatin and pravastatin, which pointed to a higher number of patients necessary

to treat and more elevated costs (simvastatin: 163:1, cost of €78,000/ year and pravastatin: 202:1, cost of €190,000/ year), the treatment with omega 3 has shown to be a favorable cost-effective strategy [16].

Finally, data from the report *Health cost savings of Omega 3 Food Supplements in the European Union* reveal that the intake of 1g/ day of omega 3 by adults with ages ≥ 55 years and in high cardiovascular risk could lead to an economy of €12.9 billion/ year. It is important to highlight that these data account only for the costs with hospitalization due to cardiovascular events, not including indirect costs, such as work absence and productivity losses. The report also shows that supplementation could generate an economy of €7.3 billion/ year, with costs with treatment already deduced, indicating that, for every €1 spent with supplementation, there would be €2.29 returned to society through the reduction of the costs in healthcare with cardiovascular diseases [17].

Dietary fibers

The regular consumption of dietary fibers has been associated with relevant effects on the gut microbiota, mineral bioavailability, and glucose and lipid metabolism, and thus, with the reduction of the risk of diabetes mellitus, cardiovascular diseases, and some types of cancer. Since its consumption is considered low in several populations, it is stated that the increase in the consumption of dietary fibers can reduce the incidence of NCDs and generate important reflexes in the economy [18].

Abdullah et. al. have shown that the increase of 1g/ day on total fiber intake by the Canadian adult population would lead to an economy of C\$2.6 to C\$5.1 million/ year, associated with the total costs on diabetes, and of C\$4.6 to C\$92.1 million/ year associated with the total costs with cardiovascular diseases. Considering a very pessimistic scenario, in case the established recommendation for the consumption of dietary fibers (25 to 35 g/ day) were reached by only 15% of the population, there would be an economy of up to C\$45.2 million/ year with the reduction of the incidence of diabetes [19]. Complementary analysis reveals that the consumption of 100g/ day of fiber-rich foods by the Canadian adult population could lead to an annual economy of up to C\$62.4 million associated with the costs with diabetes and up to C\$315.5 million associated with the costs of cardiovascular diseases [20].

Moreover, estimates indicate that the effects of fibers on the intestinal transit could entail relevant economic benefits. Schmier et al. have demonstrated that the rise of 1g/ day in the consumption of fibers by the American adult population could generate an economy of US\$12.7 billion/ year, associated with the reduction of incidence of intestinal constipation. Additional analyses have shown that, in case 50% of the population increased the consumption of fibers in 3g/ day, the costs with medical care would be reduced in more than US\$2 billion/ year [21]. The same authors published similar analyses for European countries and found that gradual increases

in the consumption of fibers by a portion of the adult population (increases of 3, 4, 5 and 11g/ day by 25%, 15%, 25% and 15% of the populations respectively) of the United Kingdom, Ireland and Spain could generate an economy of £127 million, £7 million, and €121 million/ year respectively, with the reduction of the incidence of intestinal constipation [22].

Phytosterols

Phytosterols are compounds which structure similar to that of cholesterol and, for that reason, it is believed that phytosterols can reduce intestinal absorption of cholesterol, lowering, thus, its plasmatic concentrations. Furthermore, it is said that phytosterols can increase the expression of LDL hepatic receptors and lower the endogenous synthesis of LDL cholesterol, contributing to the reduction potential of the circulating levels of cholesterol [23].

Gyles et. al. have shown that the consumption of sterol-enriched foods could generate an economy from U\$38 million (considering a scenario of very low acceptance and efficacy below expectations) to U\$2.45 billion/ year (admitting the high-efficacy standards) to the Canadian healthcare system [5]. Other estimates reveal that the consumption of sterol-enriched margarine for a period of 10 years can prevent 117.000 cases of coronary artery disease and reduce the costs with the treatment of the disease in up to €1.3 billion [24]. Complementing these findings, a study showed that the regular dietary consumption of stanols is cost-effective in men aged between 30 to 50 years and in women aged ≥ 60 years (cost per quality-adjusted life year varying from €7.254 to €20.999 for men and €25.602 to €38.889 for women; inside the range of cost-effective strategies) [25].

More recently, Yang et al. developed a decision analytical model to synthesize epidemiological, clinical, and economic data to assess the effectiveness and cost-effectiveness of plant sterol or stanol-enriched functional foods in the prevention of cardiovascular events in England. Were included participants of Health Survey for England 2011 cohort, without history of cardiovascular event aged ≥ 45 years and with total cholesterol level ≥ 4 mmol/l. This study found that the dietary ingestion of recommended levels of plant sterol prevent 69 cardiovascular events (59 non-fatal and 10 fatal events) per 10,000 men and 40 (33 non-fatal and 7 fatal) per 10,000 women, assuming 50% compliance level. If the British National Health Service pays the cost of enriching spreads with plant sterol, the probability of cost-effectiveness is 100% for men aged over 64 years and women over 74 years [26].

Discussion

The economic evaluation of healthcare is indispensable for decision-making and allocation of resources, helping in the choice of more rational and efficient alternatives [27] Consequently, the development and implementation of economic evaluation methodologies aimed at different areas of healthcare are important. In nutrition, the economic analysis of nutritional strategies is

recent, and studies have been using models developed for drugs, such as cost-benefit, cost-effective and cost-utility analyses [28].

In studies with the economic analysis of nutritional supplements, the use of pharmaeconomic methodologies is suitable, due to the existing similarities between supplements and drugs. In models of economic evaluation of foods, the use of the aforementioned methods without adaptations is not sufficient. The complexity with which foods interact with genetic, physiological, metabolic and psychological aspects demands a wider approach, differently from the pharmaceutical field, where the use of a certain drug is typically aimed at specific functions. The other characteristics that limit the direct use of pharmaeconomic models in nutrition involve the basic differences between food and drugs. While food can be of easy access and consumption to a large portion of the population, drugs are restricted to specific patient groups. Another important point is that, unlike a medically prescribed drug, the choice for a specific food is made by the consumer, influenced by habits, preferences, nutritional marketing strategies and perceived benefits. Finally, the relation between the consumption of food and the future state of health is harder to establish than for drug treatment [28].

Due to the aforementioned difficulties, the need for the development and adaptation of models of economic evaluation in nutrition is reinforced, to offer reliable guidance for the allocation of resources to interventions aimed at food and nutritional safety. Even if studies analyzing the consumption of compounds with functional properties point to the reduction of diseases and their associated costs, the economic analysis of such foods will allow their comparison, in economic terms, to other interventions. Economic analyses of nutritional interventions, including foods or supplements with functional properties can add value to these products, involving not only the promotion of favorable outcomes in healthcare but also the reduction of its costs [29]. Therefore, economic evaluation in nutrition constitutes an important field of research to be explored [28].

In the present review, the available studies show that supplementation of omega-3 polyunsaturated fatty acids is a cost-effective strategy for the reduction of the risks and costs with cardiovascular diseases. Although there is currently no indication of omega-3 supplementation for primary or secondary prevention of cardiovascular events, these results indicated an important point to be discussed within the academic and medical community. Regarding the limitations of the omega-3 studies included in this study, it is noted that the authors do not specify the amounts and type of omega-3 supplemented (EPA or DHA), as well as some specific information referring to the sample.

Regarding dietary fibers, the findings described here emphasized the economic value of the regular consumption of this dietary component. Studies show that the increase of 1g/ day on the consumption of fibers generates important reductions in the total costs of chronic diseases, such as diabetes and cardiovascular diseases. Considering that the replacement of fruit juices for fruits

provides an increase in the fiber intake of 4.8 g/ day, with an increase in the cost for the consumer of U\$0.54/ day, policies that promote fiber-rich food consumption can be viable and valuable economic strategies.

Finally, studies indicate that the consumption of sterol or stanol-enriched foods is a cost-effective strategy to prevent cardiovascular events and related costs. An important limitation of included studies is that large cohorts or individual studies data were used, and the authors did not specify in the methodology important characteristics about the sample and the amounts of sterol or stanol consumed.

More studies are necessary to evaluate the impact of nutritional interventions involving functional bioactive compounds and their economic consequences, especially in the Brazilian population, considering differences in habits, lifestyle and climate. Thus, it emphasizes the need for more sophisticated and accurate econometric methods for proving the results of interventions. Considering that the consumption of the compounds included here is low by the general population due to globalization of unhealthy lifestyles (which include increased consumption of processed foods and reduced consumption of healthy foods), the data shown here are important to encourage public agencies for the development of food and nutrition policies that include these compounds, since they promote health benefits at low cost.

Conclusion

Nutritional interventions involving compounds with functional properties, such as n-3 fatty acids, dietary fibers, and phytosterols, are strategies whose economic value is made evident by studies, since they can promote favorable outcomes to healthcare with viable costs. The need for the development of models for economic evaluation in nutrition is highlighted, to predict the economic impact of interventions with functional foods and supplements and promote the development of public policies and the reduction of the incidence of NCDs.

References

1. Bloom DE, Cafiero ET, Jané-Llopis E, Abrahams-Gessel S, Bloom LR, Fathima S, et al. The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases. Geneva: World Economic Forum. 2001.
2. Ministério da Saúde. Saúde Brasil 2014: uma análise da situação de saúde e das causas externas. Brasília: Ministério da Saúde. 2015.
3. Gyles CL, Lenoir-Wijnkoop I, Carlberg JG, Senanayake V, Gutierrez-Ibarluzea I, Poley MJ, et al. Health economics and nutrition: a review of published evidence. *Nutr Rev.* 2012; 70: 693-708.
4. Blaga O, Vasilescu L, Chereches RM. Use and effectiveness of behavioural economics in interventions for lifestyle risk factors of non-communicable diseases: a systematic review with policy implications. *Perspect Public Health.* 2008, 138: 100-110.

5. Gyles CL, Carlberg JG, Gustafson J, Davlut DA, Jones PJ. Economic valuation of the potential health benefits from foods enriched with plant sterols in Canada. *Food Nutr Res.* 2010, 54: 1-7.
6. Bibbins-Domingo K, Chertow GM, Coxson PG, Moran A, Lightwood JM, Pletcher MJ, et al. Projected effect of dietary salt reductions on future cardiovascular disease. *N Engl J Med.* 2010, 362: 590-9.
7. Dall TM, Fulgoni VL, Zhang Y, Reimers KJ, Packard PT, Astwood JD. Potential health benefits and medical cost savings from calorie, sodium, and saturated fat reductions in the American diet. *Am J Health Promot.* 2009, 23: 412-22.
8. Wang X, Ouyang Y, Liu J, Zhu M, Zhao G, Bao W, et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ.* 2004, 349: g4490.
9. Rangel-Huerta OD, Pastor-Villaescusa B, Aguilera CM, Gil A. A Systematic Review of the Efficacy of Bioactive Compounds in Cardiovascular Disease: Phenolic Compounds. *Nutrients.* 2015, 7: 5177–5216.
10. Prasad C, Imrhan V, Juma S, Maziarz M, Prasad A, Tiernan C. et al. Bioactive Plant Metabolites in the Management of Non-Communicable Metabolic Diseases: Looking at Opportunities beyond the Horizon. *Metabolites.* 2015, 5: 733–765.
11. Burke MF, Burke FM, Soffer DE. Review of Cardiometabolic Effects of Prescription Omega-3 Fatty Acids. *Curr Atheroscler Rep.* 2017, 19: 60.
12. Martikainen JA, Soini EJ, Laaksonen DE, Niskanen L. Health economic consequences of reducing salt intake and replacing saturated fat with polyunsaturated fat in the adult Finnish population: estimates based on the FINRISK and FINDIET studies. *Eur J Clin Nutr.* 2011, 65: 1148-55.
13. Schmier J, Rachman NJ, Halpern MT. The Cost-Effectiveness of Omega-3 Supplements for prevention of secondary coronary events. *Manag Care.* 2006, 15: 43-50.
14. Samuel S, Peskin B, Arondekar B, Alperin P, Johnson S, Blumenfeld I, et al. Estimating health and economic benefits from using prescription omega-3 fatty acids in patients with severe hypertriglyceridemia. *Am J Cardiol.* 2011, 108: 691-7.
15. Lamotte M, Annemans L, Kawalec P, Zoellners Y. A multi-country health economic evaluation of highly concentrated N-3 polyunsaturated fatty acids in secondary prevention after myocardial infarction. *Herz.* 2006, 31: 74-82.
16. Franzosi MG, Brunetti M, Marchioli R, Marfisi RM, Tognoni G, Valagussa F, et al. Cost-effectiveness analysis of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) after myocardial infarction: results from Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto (GISSI)-Prevenzione Trial. *Pharmacoeconomics.* 2001, 19: 411-20.
17. Shanahan C. Healthcare cost savings of Omega 3 Food Supplements in the European Union: Economic implication of managing CVD through tragered enhanced nutrition. 2016.

<http://goedomega3.com/index.php/the-goed-current-editorials/eu-healthcare-cost-savings-report> (accessed August 2018).

18. Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. New Horizons for the Study of Dietary Fiber and Health: A Review. *Plant Foods Hum Nutr.* 2016, 71: 1-12.
19. Abdullah MM1 Gyles CL, Marinangeli CP, Carlberg JG, Jones PJ. Cost-of-illness analysis reveals potential healthcare savings with reductions in type 2 diabetes and cardiovascular disease following recommended intakes of dietary fiber in Canada. *Front Pharmacol.* 2015, 6: 167.
20. Abdullah MMH, Marinangeli CPF, Jones PJH, Carlberg JG. Canadian Potential Healthcare and Societal Cost Savings from Consumption of Pulses: A Cost-Of-Illness Analysis. *Nutrients.* 2017, 9: 7.
21. Schmier JK, Miller PE, Levine JA, Perez V, Maki KC, Rains TM, et al. Cost savings of reduced constipation rates attributed to increased dietary fiber intakes: a decision-analytic model. *BMC Public Health.* 2014, 14: 374.
22. Schmier JK, Perez V, Cloran S. Cost Savings of Reduced Constipation Rates Attributed to Increased Dietary Fibre Intakes in Europe: A Decision-Analytic Model. *J Pharm Nutr Sci.* 2015, 5: 14-23.
23. de Jong A, Plat J, Mensink RP. Metabolic effects of plant sterols and stanols (Review). *J Nutr Biochem.* 2003, 14: 362-9.
24. Gerber A, Evers T, Haverkamp H, Lauterbach KW. Cost-benefit analysis of a plant sterol containing low-fat margarine for cholesterol reduction. *Eur J Health Econ.* 2006, 7: 247-54.
25. Martikainen JA, Ottelin AM, Kiviniemi V, Gylling H. Plant stanol esters are potentially cost-effective in the prevention of coronary heart disease in men: Bayesian modelling approach. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007, 14: 265-72.
26. Yang W, Gage H, Jackson D, Raats M. The effectiveness and cost-effectiveness of plant sterol or stanol-enriched functional foods as a primary prevention strategy for people with cardiovascular disease risk in England: a modeling study. *Eur J Health Econ.* 2018, 19: 909-922.
27. Araujo CDM, Veiga DF, Hochman B, Abla LEF, Novo NF, Ferreira LM. Health economics and health preference concepts to orthopedics practitioners. *Acta Ortop Bras.* 2014, 22: 102-105.
28. Lenoir-Wijnkoop I, Dapoigny M, Dubois D, van Ganse E, Gutiérrez-Ibarluzea I, Hutton J, et al. Nutrition economics – characterizing the economic and health impact of nutrition. *Br J Nutr.* 2011, 105: 157-166.
29. Lajolo FM. O futuro dos ingredientes no Brasil: Desafios científicos e regulatórios. In: *Brasil ingredients trends 2020.* Campinas: ITAL. 2014

Estimated dietary polyphenol intake and major food sources of Brazilian population

Artigo publicado na revista British Journal of Nutrition

Renata A. Caraubá¹, Neuza M.A. Hassimotto^{1,2}, Franco M. Lajolo^{1,2}

¹Department of Food Science and Experimental Nutrition, School of Pharmaceutical Sciences,
University of São Paulo, São Paulo, Brazil

²Food Research Center, CEPID-FAPESP (Research Innovation and Dissemination Centers, São
Paulo Research Foundation), São Paulo, Brazil

ABSTRACT

Background: Epidemiologic studies have suggested an inverse association between polyphenol intake and the risk of chronic diseases. However, the lack of comprehensive data on population-level intakes, especially in Latin American countries, has limited research on this topic.

Objective: We aimed to estimate total and individual polyphenols intakes and determine the major dietary contributors in a representative sample of the Brazilian population. **Design:** Data were obtained from the Brazilian Household Budget Survey, a cross-sectional survey which included data on individual food intake of 34,003 subjects aged 10 years and over collected using two 24-h dietary records. Polyphenol content of foods was identified using Phenol-Explorer database and Brazilian Food Composition Database. Total and individual polyphenol intake was calculated, as well as the intake distribution by socio-demographic factors. **Results:**

The median and 25-75th percentile of polyphenol intake were 364.3 and 200.9-1008 mg/d. After energy-adjustment, the median and 25-75th percentile of polyphenol intake were 204 and 111.4-542.1 mg/1000 kcal/d. Non-alcoholic beverages and fruits were the major polyphenol suppliers, and coffee and orange juice the main individual food contributors to polyphenol intake. The individual compounds most consumed were isomers of chlorogenic acid (5-caffeoylquinic acid, 4-caffeoylquinic acid, 3-caffeoylquinic acid), naringenin and hesperetin.

Conclusions: This study provides, for the first time, data on dietary intake of total and individual polyphenols by Brazilian population and illustrate the low quality of their diet. These

results will facilitate the study associations between the polyphenol classes intake and health outcomes, and will also be useful for future dietary intake recommendations.

INTRODUCTION

Polyphenols are a large and complex group of plant secondary metabolites present in plant-based foods and beverages, such as fruits, vegetables, cereals, legumes, nuts, cocoa, wine, coffee and tea. Over 500 different molecules are known in foods, which can be divided into classes and subclasses according to their chemical structure, ranging from low-molecular-weight to highly polymerized compounds. The four main polyphenol classes are phenolic acids, flavonoids, stilbenes and lignans, and occur either as glycoside, ester or polymer, or in the free form (aglycone)⁽¹⁾.

Cohort studies have suggested an inverse association between polyphenol intake and the risk of chronic diseases, such as cardiovascular disease^(2,3), type 2 diabetes^(4,5), some types of cancer⁽⁶⁻⁸⁾ and neurodegenerative disease⁽⁹⁾, and overall mortality⁽¹⁰⁾. However, the glycosylation pattern, hydroxylation, acylation, esterification and degree of polymerization have a major influence on the bioavailability and bioactivity of dietary polyphenols, thus, it is important to investigate the intake of individual polyphenols and their role in health outcomes and disease prevention. Assessing dietary polyphenol intake and their major food sources is the first step toward documenting associations between polyphenols and diseases⁽¹¹⁾. In this regard, several databases on polyphenol content in foods have been used to assess the intake in populations, and Phenol-Explorer database (www.phenol-explorer.eu/) is a useful tool for estimating individual polyphenols intake since provides data on 501 different polyphenols in 452 foods⁽¹²⁾.

To date, studies assessing the total, classes and individual polyphenol intake have been published⁽¹³⁻¹⁷⁾, however most of them are developed in European countries^(14,15,17-25). More studies in different geographical areas are needed, such as Latin America, because distinct dietary habits are observed and the amount (and diversity) of polyphenols consumed may vary immensely. Few data are available for Latin American countries, except for Mexico⁽²⁶⁾ and Argentina⁽²⁷⁾. Previous studies were conducted with the Brazilian population, but these included

small samples^(28,29) or the estimates were based in non-specified food consumption data⁽³⁰⁾.

There are no data on the estimated dietary intake of total and individual polyphenols in a representative sample of the Brazilian population. Thus, this study aimed to estimate dietary intake of total and individual polyphenols in a representative sample of the Brazilian general population aged 10 years or older.

METHODS

Study population

The data of the present study were retrieved from the Brazilian National Dietary Survey, conducted along with the 2008–2009 Household Budget Survey (HBS). The HBS is a survey carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics and designed to assess Brazilian family's consumption structures. In summary, the 2008-2009 HBS used two stage cluster sampling involving census sectors stratified according to different geographical areas and socio-economic classes. First, the sectors were randomly selected from each stratum with probability proportional to the number of households present and, in the second stage, the households were selected by simple random sampling. Of the 55,970 households sampled from the 2008-2009 HBS, a subsample of ~25% of households were randomly selected for data collection on individual food intake (see supplemental Figure 1). Thus, the final sample included 13,596 households, which corresponded to 34,003 subjects ≥ 10 years old⁽³¹⁾. The research protocol was approved by the Ethics Committee of the Institute of Social Medicine of the State University of Rio de Janeiro (CAAE 0011.0.259.000- 11).

Dietary intake

Dietary intake was evaluated during the 12 months of research to encompass seasonal variations in food intakes. Individual food intake data was obtained using two 24-h dietary records on non-consecutive days. Participants were instructed to record all food and beverages consumed, including amount (household or volume measurements), food preparation technique (e.g. baking, broiling, frying and roasting), time, and place of consumption (inside or outside the

home). An instruction manual including photographs to facilitate the estimation of portion sizes was used. At the end, trained professionals reviewed the dietary records with the participant to prevent that any food was forgotten.

Recipes were converted into ingredients to estimate the amount of all ingredients in each mixed dish using the software “ILSI: Analysis of the average food consumption per capita of the Brazilian population”⁽³²⁾, which contains information regarding the amounts of each food that composes the recipes mentioned in the 2008-2009 HBS dietary records.

Correspondence between food items in dietary records and in food composition database on polyphenols

For the present study, the dietary polyphenol intake was estimated from the two dietary records. The Phenol-Explorer database (www.phenol-explorer.eu/) were used to obtain data on the polyphenol content in foods, which contain data on 501 different polyphenols divided in 18 polyphenol classes, such phenolic acids, flavonoids, stilbenes and lignans. All individual polyphenols were determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography (HPLC), except for proanthocyanins, which data correspond to normal phase HPLC. For foods that contained polyphenols linked to the food matrix and only solubilized and quantified after basic or acid hydrolysis, content values were obtained by chromatography after hydrolysis, such as lignans in all foods, ellagic acid in walnuts and hydroxycinnamic acids in cereals, legumes and olives⁽¹²⁾. For some regional foods and others highly prevalent in the Brazilian diet (e.g., beans and orange), we used data from foods collected and analyzed in Brazil by HPLC. We also used data from Brazilian Food Composition Database (TBCA) (www.tbca.net.br/), a database which contains data on flavonoid content in foods harvested in Brazil and analyzed by HPLC⁽³³⁾. When data was overlapped between the TBCA and Phenol-Explorer database, TBCA data had priority.

The total polyphenol intake was estimated based on the ingredient content in each mixed dish. The effects of food processing on polyphenol content were estimated using retention factors (RF) included in the Phenol-Explorer database. The RF estimates the

polyphenol content in processed foods by taking into account weight loss or water gain during cooking⁽³⁴⁾.

Estimation of polyphenol intake and dietary contributors to polyphenol intake

The individual polyphenol intake from each food was calculated by multiplying the content of each polyphenol by the daily amount of each food consumed. Total polyphenol intake was calculated as the sum of all individual polyphenol intakes from all food sources reported in the dietary records. For those polyphenols that are present in foods as glycosides and esters forms, the polyphenol intake was also calculated as aglycone equivalents by removing, for each individual polyphenol, the contribution to molecular weight of the nonphenolic part of the molecule.

Socio-demographic information

Socio-demographic characteristics were collected by trained professionals in a face-to-face interview using a structured questionnaire, and included the following information: sex, age, race, Brazilian region (North, Northeast, Middle-West, Southeast and South), household area (urban or rural) and educational level. Brazilian region were divided into five categories: North (it comprises the states of Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), Northeast (it comprises the states of Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), Middle-West (it comprises the states of Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Southeast (it comprises the states of Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) and South (it comprises the states of Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). Educational level was divided into three categories: elementary school, secondary school and university. Personal income was assessed considering the monthly per capita income of all monetary and non-monetary sources of income, and was divided into three categories: low income (first tercile), middle income (second tercile) and high income (third tercile).

Statistical analyses

Data are presented as medians for continuous variables and frequencies or percentages for categorical variables. Polyphenol intake distribution was analyzed using the Kolmogorov–Smirnov test, and it did not follow a normal distribution. Thus, dietary polyphenol intakes were presented as medians and 25th and 75th percentiles, and the Kruskal-Wallis test with Dunn post-hoc (significance values adjusted by Bonferroni correction) was used to test differences according to sociodemographic characteristics. Because the polyphenol intake increases with a higher food consumption, the polyphenol intake was also calculated in energy-adjusted terms (mg of polyphenols per 1000 kcal/d of total energy consumed). The main food contributors to the intake of polyphenols were determined by percentage of contribution. Estimates were performed using sample weights to allow population representativeness, with significance level of 5% ($p \leq 0.05$), using Stata software version 14.

RESULTS

Total polyphenol intake

Information on 34,003 participants were available for analysis, comprising 15,700 men and 18,303 women. A total of 1,971 food items were mentioned in the food records. After converting recipes into ingredients and excluding repeated foods, a list of 417 different food items was obtained, and 229 have polyphenol content described (177 from Phenol-Explorer database and 52 from TBCA and published Brazilian data). Also, 253 polyphenols were found in these foods in aglycone, glycoside and esters forms, which correspond to 124 different aglycone polyphenols (see supplemental Table 1).

The median and 25-75th percentile of polyphenol intake as aglycone equivalents for the whole population were 364.3 and 200.9-1008 mg/d. After energy-adjustment, the median and 25-75th percentile of polyphenol intake were 204 and 111.4-542.1 mg/1000 kcal/d. The energy-adjusted polyphenol intake as aglycone equivalents according to socio-demographic characteristics is presented in Table 1. The intake of total polyphenols, phenolic acids and flavonoids were higher among females than in males (all $p=0.0001$) after adjusting for energy

intake (see supplemental Table 2). The consumption of total polyphenols, phenolic acids and lignans increased with age, unlike flavonoids, whose highest median intake was observed for adolescents (14-18y). Total polyphenols intake was significantly higher in South (218mg/d), compared to other regions, and lower in Midwest (171mg/d). Phenolic acid intake was greatest in Northeast (95mg/d), and flavonoid intake was highest in South (82mg/d). Subjects living in rural areas consumed more total polyphenols, phenolic acids and lignans, compared with those living in urban areas ($p=0.0001$). In contrast, the median intake of flavonoids and other polyphenols was higher in the urban area, compared with the rural area ($p=0.0001$).

Subjects with lower educational level (elementary school) showed a higher phenolic acid and lignan intake than did subjects with higher educational level (university) ($p=0.0001$). Additionally, subjects in lowest personal income tercile showed higher phenolic acids intake, compared with subjects with higher personal income ($p=0.0001$). The opposite was found for flavonoid intake, with higher median intake for subjects in the highest educational level (in comparison to lowest educational level group, $p=0.0001$) and personal income category (compared to lowest personal income category, $p=0.0001$).

The polyphenol classes intake and the contribution of individual polyphenols to the class is shown in Table 2. Hydroxycinnamic acids were the most consumed polyphenol class (299.9 and 152.8 mg/d as aglycone equivalents). The second most abundant polyphenol class consumed were flavanones (86.5 and 58.9 mg/d as aglycone equivalents). Other classes contributed to a lesser extent to the polyphenol intake. Flavones and flavan3ols were the two next classes with higher intakes, and it was estimated in 12.8 and 7.4 mg/d (6 and 6.3 mg/d as aglycone equivalents, respectively). Other polyphenols included alkylphenols (1.1 mg/d), lignans (1 mg/d), tyrosols (0.8 mg/d), alkylmethoxyphenols (0.2 mg/d), stilbenes (0.003 mg/d), furanocoumarins, hydroxybenzaldehydes, hydroxycoumarins, phenolic terpenes, catechols, pyrogallols and phlorins (0.1mg/d).

The individual polyphenols with higher contribution to total polyphenol and hydroxycinnamic acids intake were isomers of chlorogenic acid (5-caffeoylquinic acid, 4-caffeoylquinic acid and 3-caffeoylquinic acid). Naringenin, hesperetin and naringenin 7-O-

glucoside were the main individual flavanones consumed, with contribution of 42.2%, 21.2% and 20.1% to the subclass intake, respectively.

Polyphenol intake per food groups and main food contributors

The main food group sources as well as the three highest food contributors to total, classes and subclasses of polyphenol intake are shown in Table 3. Non-alcoholic beverages and fruits were the main polyphenol suppliers (contributions of 76% and 13%, respectively), followed by cereals (3.5%) and vegetables (3.1%). The main individual food contributors to polyphenol intake were coffee and orange juice, with respective contribution of 59.4% and 16.3% to total polyphenols intake. Non-alcoholic beverages and vegetables were the main food group to phenolic acids and hydroxycinnamic acids, with coffee, potato and bean as the main individual food contributors to the class and subclass intake. Non-alcoholic beverages, fruits and cocoa products were the main flavonoid providers with respective contribution of 58%, 28.9% and 4.5%. In respect to flavonoid subclasses, non-alcoholic beverages and fruits were the most abundant food group to flavanone intake (contribution of 76% and 24%, respectively) and cocoa products and fruits were the richest food group to flavan3ol intake (66.8% and 14.9%, respectively). Orange juice and orange were the main individual food contributors to total flavonoid and flavanone intake.

In regards to other polyphenol classes, vegetables and fruits were the main food group to lignan intake, with cabbage and orange as the major individual food contributors to the class intake (contributions of 35.5% and 17.4%, respectively). Fruits were the main source to stilbenes intake, and cereals the major food group to other polyphenols (mainly alkylphenols) intake.

DISCUSSION

To our knowledge, this is the first study to describe a detailed intake of total polyphenols and polyphenol classes in a nationally representative sample of the Brazilian population. Previous studies focused on specific polyphenol class (flavonoid) with a non-

specific food consumption data⁽³⁰⁾ or small samples that do not represent the entire population^(28,29). In comparison with available data, the present estimations of total polyphenols intake was lower than that previously reported for elderly subjects of Viçosa (533mg/d)⁽²⁹⁾. The median intake of total polyphenols and polyphenol classes in the present study is also lower than values reported by other studies. French adults in the SU.VI.MAX cohort had a mean polyphenol intake of 820 mg/d⁽¹⁴⁾, adults in the Finnish cohort FINDIET had an intake of 863 mg/d⁽¹⁵⁾ and adult females in United Kingdom had a mean intake of 1,080mg/d⁽¹⁸⁾ (all values expressed as aglycone equivalents). In regards to the polyphenol classes, the median flavonoid intake found in our study is also lower than reported intakes for adults in US⁽¹³⁾ and Korea⁽¹⁶⁾. For phenolic acids and stilbenes, the Brazilian median intake was lower than in adults from UK⁽¹⁸⁾ and in EPIC cohort⁽²⁰⁾.

The differences between studies could be explained by different dietary preferences and habits according to different populations, which are related to the food availability and local cultures. Specifically, in our analysis, it is important to highlight some considerations about the Brazilian dietary pattern, which can justify the low polyphenol intake. During the last decades, there was an increase in processed food intake and replacement of traditional meals with high-calorie foods, rich in fat and added sugars. The per capita fruit and vegetable intake is very low (69.1 g/d for men and 92.6 g/d for women), even lower than the reported in Viçosa study (per capita fruit and vegetable intake was 247.6 g/d). In addition, the low food variety (just 417 different food items mentioned in dietary records) in the Brazilian diet resulted in a reduced number of consumed polyphenols, lower than the reported in other populations^(14,26). Together, these figures illustrate the low quality of the Brazilian diet and points to important health issues, corroborating the nutritional concern of the country.

It is also important to point that food composition data of some local fruits and other plant-based foods mentioned in dietary records are not available. Although they represented less than 5% of total fruit and vegetable intake, the systematic publication of the polyphenol food-composition data, as well as comprehensive compilation of these information, should be encouraged in order to facilitate researches on this topic. Other methodological issues may

explain the differences of intake between studies, such as the use of different databases of polyphenol content in foods (which differ in respect to the polyphenol classes analyzed and to the polyphenol content in foods) and the use of different data collection methods.

Hydroxycinnamic acids were the main contributors to total polyphenols intake, followed by flavanones. In non-Mediterranean⁽¹⁷⁾ and Latin American countries, such as Mexico⁽²⁶⁾ and Argentina⁽²⁷⁾, although the polyphenol intake in our study was lower than in these countries, the contribution of phenolic acids and flavonoids to the polyphenol intake was similar. Other polyphenol classes were consumed in very low amounts, which could be explained to their low content in foods and to the low intake of main food sources. Although these polyphenols classes exhibit promising biological properties, their low daily intake by the Brazilian population and others^(14,18,19,21-23,26) raises issues to their importance in health and lower disease risk.

Coffee was the main food source to total polyphenols and hydroxycinnamic acids intake, corroborating with studies conducted with São Paulo⁽²⁸⁾, Viçosa⁽²⁹⁾ and other Western populations^(18,22,23). Orange juice and oranges were the main contributors to total polyphenols and flavonoid intake. Previous studies support that orange is the main food source to flavonoids intake by Brazilian population^(28,30,35).

In the study conducted with Viçosa⁽²⁹⁾, beans had a higher contribution to the flavonoid intake. It is important to note that in our study, the phenolic content in beans was extracted from a research evaluating the phenolic profile of Brazilian bean cultivars after soaking and cooking⁽³⁶⁾. The previous study considered data from Phenol-explorer, and the retention factor information are not available to all bean's polyphenols. This fact may justify the lower contribution of beans to the polyphenol intake in our study.

In our study, total polyphenols and polyphenol classes intake was higher in females than males after adjusting for energy intake, suggesting that the higher intake in men is due to the higher food intake, while the higher intake in females is due to a higher polyphenol-rich foods intake⁽²⁴⁾. Total polyphenols and phenolic acids intake increased with age, probably due to the greater intake of the main food contributor to polyphenol and phenolic acids (coffee). In

addition, age is inversely related to highly processed foods intake and directly related to vegetable consumption⁽³⁷⁾.

Total polyphenol and polyphenol classes intake varied widely according to country region. Total polyphenols and flavonoid intake were higher in South (218 and 82mg/d, respectively), whereas Midwest had the lowest total polyphenols and phenolic acids intake (171 and 67mg/d). In Brazil, dietary habits vary according to the region, and in North, Northeast and Midwest regions, the intake of local fruits and vegetables is higher. Tea intake is highly prevalent in South, which could explain the higher total intake of total polyphenols and flavonoids⁽³⁸⁾. Median intake of total polyphenols and phenolic acids was higher in rural areas. The population of urban areas consumes a higher amount of highly processed foods, which could explain the lower medians in urban area⁽³⁶⁾. However, flavonoid intake was higher in urban areas, corroborating the previously reported for adult females in the Mexican Teachers' Cohort⁽²⁶⁾. A potential explanation could be that subjects in rural areas consume more local plant-based foods, such as fruits and vegetables, with limited polyphenol content described.

The major strengths of this study are the large and comprehensive sample size, added to the use of sample expansion factors, which provides a reliable approximation of the situation in Brazil. Other strengths include the assessment of intake by socio-demographic factors, which is useful for establishing public health policies, and the inclusion of polyphenol content information in Brazilian foods obtained by high-quality analytical methods, in addition to the use of Phenol- Explorer database, the most comprehensive database for polyphenols. The separation of the ingredient content in each mixed dish and the use of the retention factor is another strength, since it provides more reliable data. However, this study has also certain limitations. As mentioned, information on some local fruits and vegetables is still scarce because they have not been characterized or only poorly characterized. Other limitation is the lack of information about polyphenol content on cooked foods, since retention factor information in the Phenol-Explorer database are not comprehensive to all foods, compounds and processing methods.

In conclusion, for the first time, the current study provided data on total polyphenols and polyphenol classes intake in a nationally representative sample of the Brazilian population. Our results corroborate to central nutritional concern in Brazil, which the intake of traditional meals and plant-based foods has been decreasing in the last few decades. The results described will facilitate the study associations between the polyphenol classes intake and health outcomes, and will be useful to investigate the potential role on health of certain foods consumed in greater amounts by the Brazilian population, such as coffee and orange juice.

Table 1. Energy-adjusted total and polyphenol classes intake (mg/1000 kcal/d) by socio-demographic characteristics^{1,2}

	N	Total polyphenols		Phenolic acids		Flavonoids		Lignans		Stilbenes		Other polyphenols ³	
		Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile
Sex													
Male	15,700	194	105-515	81	39-143	57	15-399	0.6	0.4-1	0.0002	0.0-0.001	1	0.6-1.4
Female	18,303	214	118-568	86	43-151	71	20-445	0.5	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	1	0.7-1.5
P		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
Race													
White	13,705	205	113-566	77	38-139	74	21-459	0.6	0.3-1	0.0003	0.0-0.001	1.1	0.7-1.5
Others	20,298	203	110-521	89	44-157	54	15-383	0.6	0.4-1	0.0002	0.0-0.001	1	0.6-1.4
P		0.0001		0.0001		0.0001		0.0152		0.0002		0.0001	
Age (years)													
10-13	3,084	173	96-488	56	19-115	70	23-385	0.5	0.3-0.8	0.0003	0.0-0.001	1	0.7-1.4
14-18	3,855	187	100-522	60	21-121	74	23-434	0.5	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	1	0.7-1.4
19-59	22,742	205	113-550	86	45-148	63	16-428	0.6	0.3-1	0.0003	0.0-0.001	1	0.7-1.5
≥60	4,322	225	129-565	108	58-181	55	16-413	0.7	0.4-1.1	0.0002	0.0-0.001	1	0.6-1.4
P		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.1011		0.0001	
Brazilian region													
North	5,274	202	101-539	69	36-122	76	17-441	0.4	0.2-0.8	0.0002	0.0-0.001	0.8	0.5-1.2
Northeast	12,615	199	106-475	95	48-172	42	14-311	0.6	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	0.9	0.5-1.4
Midwest	4,645	171	95-532	67	32-121	63	16-440	0.6	0.4-1.0	0.0002	0.0-0.001	0.9	0.6-1.3
Southeast	7,302	210	117-565	84	40-143	72	19-448	0.6	0.4-1.0	0.0002	0.0-0.001	1	0.7-1.4
South	4,167	218	118-634	77	39-140	82	24-524	0.6	0.3-1.1	0.0003	0.0-0.001	1.2	0.9-1.7
P		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
Area													
Urban	25,753	202	111-552	80	39-141	67	18-442	0.6	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	1.1	0.7-1.5
Rural	8,250	215	114-510	102	53-178	46	14-341	0.7	0.4-1.1	0.0002	0.0-0.001	0.7	0.4-1.2
P		0.1017		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

Table 1. (continued)

	N	Total polyphenols		Phenolic acids		Flavonoids		Lignans		Stilbenes		Other polyphenols ³	
		Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile
Educational level													
Elementary school	3,966	210	116-506	102	57-171	48	14-341	0.7	0.4-1.0	0.0002	0.0-0.001	0.6	0.6-1.4
Secondary school	5,138	207	111-603	76	38-133	75	20-497	0.6	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	1.1	0.7-1.5
University	1,705	215	122-650	67	36-119	107	37-556	0.5	0.3-0.9	0.0003	0.0-0.001	1.2	0.8-1.7
P		0.0032		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
Personal income													
Low	11,335	207	109-478	100	51-177	43	14-312	0.6	0.4-1.0	0.0002	0.0001-0.001	0.9	0.5-1.3
Middle	11,335	196	107-512	87	46-154	52	15-383	0.6	0.4-1.0	0.0003	0.0001-0.001	1	0.6-1.4
High	11,333	208	116-607	72	33-126	87	25-521	0.5	0.3-0.9	0.0003	0.0001-0.001	1.1	0.8-1.6
P		0.0014		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

¹Estimates were performed using sample weights to allow population representativeness.

²Comparisons across categories were performed by using Kruskal-Wallis test.

³Other polyphenols as the sum of alkylphenols, alkylmethoxyphenols, furanocoumarins, hydroxybenzaldehydes, hydroxycoumarins, phenolic terpenes, tyrosols, catechols, pyrogallols and phlorins.

Table 2. Main polyphenol subclasses intake (mg/d) and the three most consumed individual polyphenols

Polyphenol classes	Total in the subclass		Total as aglycone		Top 3 most consumed individual polyphenols
	Median	25-75th percentile	Median	25-75th percentile	
Hydroxybenzoic acids	0.8	0.5-1.1	0.8	0.5-1.1	4-Hydroxybenzoic acid (37.6%), Vanillic acid (37.6%), Syringic acid (11.8%)
Hydroxycinnamic acids	299.9	145.7-534.5	152.8	75.7-269.3	5-Caffeoylquinic acid (34%), 4-Caffeoylquinic acid (26.9%), 3-Caffeoylquinic acid (23.2%)
Anthocyanins	0.5	0.02-0.7	0.07	0.01-0.5	Cyanidin (50%), Malvidin 3-O-glucoside (20%), Delphinidin (10%)
Flavan3ols*	7.4	2.2-29.4	6.3	1.6-28	Epicatechin (68.5%), Catechin (20%), Gallocatechin (7.2%)
Flavanones	86.5	8.8-847.6	58.9	6.1-796.5	Naringenin (42.2%), Hesperetin (21.2%), Naringenin 7-O-glucoside (20.1%)
Flavones	12.8	8.1-18.9	6	3.9-8.6	Apigenin 6,8-C-galactoside-C-arabinoside (48.6%), Apigenin 6,8-C-arabinoside-C-glucoside (32.4%), Luteolin (9.9%)
Flavonols	6.1	2.1-8.6	3.6	1.7-6.9	Quercetin (55%), Quercetin 4-O-glucoside (29.2%), Kaempferol (7.4%)
Other polyphenols	3.4	2.3-5.1	3.2	2.2-4.5	5-Heneicosylresorcinol (13.8%), Secoisolariciresinol (12.3%), Lariciresinol (6.4%)
Total	680.1	313.2-1093.5	364.3	200.9-1008	5-Caffeoylquinic acid (22.4%), 4-Caffeoylquinic acid (17.7%), 3-Caffeoylquinic acid (15.3%)

*Include proanthocyanidins.

Table 3. Contribution (%) of food groups to total, classes and subclasses of polyphenol intake

	Non-alcoholic beverages	Alcoholic beverages	Fruits	Vegetables	Cereals	Oils, seeds and nuts	Cocoa products	Other foods	Main food contributors (% contribution to polyphenol class)
Phenolic acids	91	0.8	0.5	3.9	2.5	0.5	0.5	0.3	Coffee (90.6%), potato (2.5%), bean (0.7%)
Hydroxybenzoic acids	0.0	12	0.0	28	55	5	0.0	0.0	Rice (54.7%), beer (8%), wine (4%)
Hydroxycinnamic acids	92	0.2	0.5	3.8	2.2	0.4	0.5	0.4	Coffee (91.8%), potato (2.6%), bean (1%)
Flavonoids	58	0.3	28.9	2.5	3.5	0.7	4.5	1.6	Orange juice (57.2%), orange (15.8%), chocolate (4.7%)
Flavan3ols	4.7	1.5	14.9	4.3	0.0	7.8	66.8	0.0	Chocolate (51.3%), chocolate powder (14%), banana (2.3%)
Flavones	19.3	0.0	4.6	2.8	60.6	0.0	1.4	11.3	Bread (31.7%), orange juice (17.8%), cracker (2%)
Flavonols	8	2	8.5	63.5	6	0.0	0.0	12.0	Kale (28%), bean (11.3%), apple (7.6%)
Flavanones	76	0.0	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Orange juice (75%), orange (21%), lemon (0.5%)
Anthocyanins	0.0	8.5	91.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Açaí (71%), grape (17%), wine (8.5%)
Lignans	0.0	0.0	17.5	69.5	10	3	0.0	0.0	Cabbage (35.5%), orange (17.4%), nuts (3%)
Stilbenes	0.0	5.8	88.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	Grape (86.5%), peanut (5.4%), wine (5%)
Other polyphenols	8.4	11.7	0.6	2	72.3	5	0.0	0.0	Wheat flour products (67.7%), beer (11.4%), coffee (8.1%)
Total polyphenols	76	0.3	13	3.1	3.5	0.7	2.2	0.9	Coffee (59.4%), orange juice (16.3%), orange (4.5%)

References

1. Pérez-Jiménez J, Neveu V, Vos F *et al.* (2010) Systematic analysis of the content of 502 polyphenols in 452 foods and beverages: An application of the Phenol-Explorer Database. *J Agric Food Chem* **58**, 4959-69.
2. Cassidy A, Mukamal KJ, Liu L *et al.* (2013) A high anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. *Circulation* **127**, 188-196.
3. Lajous M, Rossignol E, Fagherazzi G *et al.* (2016) Flavonoid intake and incident hypertension in women. *Am J Clin Nutr* **103**, 1091-8.
4. Tresserra-Rimbau A, Guasch-Ferré M, Salas-Salvadó J *et al.* (2015) Intake of total polyphenols and some classes of polyphenols is inversely associated with diabetes in elderly people at high cardiovascular disease risk. *J Nutr* **146**, 767-777.
5. Zamora-Ros R, Forouhi NG, Sharp SJ *et al.* (2013) The association between dietary flavonoid and lignan intakes and incident type 2 diabetes in European populations: The EPIC-InterAct study. *Diabetes Care* **36**, 3961-3970.
6. Zamora-Ros R, Cayssials V, Jenab M *et al.* (2018) Dietary intake of total polyphenol and polyphenol classes and the risk of colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohort. *Eur J Epidemiol*, **33**, 1063-1075.
7. Vermeulen E, Zamora-Ros R, Duell EJ *et al.* (2013) Dietary flavonoid intake and esophageal cancer risk in the European prospective investigation into cancer and nutrition cohort. *Am J Epidemiol* **178**, 570-81.
8. Lin Y, Yngve A, Lagergren J *et al.* (2014) A dietary pattern rich in lignans, quercetin and resveratrol decrease the risk of oesophageal cancer. *Br J Nutr* **112**, 2002-9.
9. Devore EE, Kang JH, Breteler MM *et al.* (2012) Dietary intakes of berries and flavonoids in relation to cognitive decline. *Ann Neurol* **72**, 135-43.
10. Bondonno NP, Dalgaard F, Kyro C *et al.* (2019) Flavonoid intake is associated with lower mortality in the Danish Diet Cancer and Health Cohort. *Nat Commun* **10**, 188-96.

11. Wallace TC, Blumberg JB, Johnson EJ *et al.* (2015) Dietary bioactives: establishing a scientific framework for recommended intakes. *Adv Nutr* **6**, 1-4.
12. Neveu V, Perez-Jimenez J, Vos F *et al.* (2010) Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *Database* **2010**, bap024.
13. Chun OK, Chung SJ, Song WO (2007) Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. *J Nutr* **137**, 1244-52.
14. Pérez-Jiménez J, Fezeu L, Touvier M *et al.* (2011) Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *Am J Clin Nutr* **93**, 1220-8.
15. Ovaskainen ML, Torronen R, Koponen JM *et al.* (2008) Dietary intake and major food sources of polyphenols in Finnish adults. *J Nutr* **138**, 562-6.
16. Jun S, Shin S, Joung H (2016) Estimation of dietary flavonoid intake and major food sources of Korean adults. *Br J Nutr* **115**, 480-9.
17. Zamora-Ros R, Knaze V, Rothwell JA *et al.* (2016) Dietary polyphenol intake in Europe: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Eur J Nutr* **55**, 1359-75.
18. Yahya HM, Day A, Lawton C *et al.* (2016) Dietary intake of 20 polyphenol subclasses in a cohort of UK women. *Eur J Nutr* **55**, 1839-47.
19. Grosso G, Stepaniak U, Topor-Madry R *et al.* (2014) Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in the Polish arm of the HAPIEE study. *Nutrition* **30**, 1398-403.
20. Zamora-Ros R, Rothwell JA, Scalbert A *et al.* (2013) Dietary intakes and food sources of phenolic acids in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Br J Nutr* **110**, 1500-11.
21. Tetens I, Turrini A, Tapanainen H *et al.* (2013) Dietary intake and main sources of plant lignans in five European countries. *Food Nutr Res* **57**.
22. Tresserra-Rimbau A, Medina-Remón A, Pérez-Jiménez J *et al.* (2013) Dietary intake and major food sources of polyphenols in a Spanish population at high cardiovascular risk: the PREDIMED study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **23**, 953-9.

23. Wisnuwardani RW, De Henauw S, Androutsos O *et al.* (2016) Estimated dietary intake of polyphenols in European adolescents: the HELENA study. *Eur J Nutr* **58**, 2345-2363.
24. Ziauddeen N, Rosi A, Del Rio D *et al.* (2018) Dietary intake of (poly)phenols in children and adults: cross-sectional analysis of UK National Diet and Nutrition Survey Rolling Programme (2008-2014). *Eur J Nutr* **58**, 3183-98.
25. Vogiatzoglou A, Mulligan AA, Lentjes MA *et al.* (2015) Flavonoid intake in European adults (18 to 64 years). *PLoS One* **10**, e0128132.
26. Zamora-Ros R, Biessy C, Rothwell JA *et al.* (2018) Dietary polyphenol intake and their major food sources in the Mexican Teachers' Cohort. *Br J Nutr* **120**, 353-360.
27. Rossi MC, Bassett MN, Sammán NC (2018) Dietary nutritional profile and phenolic compounds consumption in school children of highlands of Argentine Northwest. *Food Chem* **238**, 111-116.
28. Miranda AM, Steluti J, Fisberg RM *et al.* (2016) Dietary intake and food contributors of polyphenols in adults and elderly adults of Sao Paulo: a population-based study. *Br J Nutr* **115**, 1061-70.
29. Nascimento-Souza MA, de Paiva PG, Pérez-Jiménez J *et al.* (2018) Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in elderly of Viçosa, Brazil: a population-based study. *Eur J Nutr* **57**, 617-627.
30. Anacleto SL, Lajolo FM, Hassimotto NMA (2019) Estimation of dietary flavonoid intake of the Brazilian population: A comparison between the USDA and Phenol-Explorer databases. *J Food Compos Anal* **78**, 1-8, 2019.
31. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, IBGE, 2010.
32. Pais MCN, Valerio LB. Avaliação do consumo de alimentos in natura da população brasileira por meio da pesquisa de orçamentos familiares – bloco de consumo alimentar pessoal. São Paulo: International Life Sciences Institute, 2015.

33. Coelho KS, Bistriche EG, Grande F *et al.* (2019) 12th IFDC 2017 Special Issue - Brazilian Food Composition Table (TBCA): Development and functionalities of the online version. *J Food Compos Anal* **84**, 103287.
34. Rothwell JA, Perez-Jimenez J, Neveu V *et al.* (2013) Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. *Database* **2013**, bat070.
35. Arabbi PR, Genovese MI, Lajolo FM (2004) Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. *J Agric Food Chem* **52**, 1124-31.
36. Ranilla LG, Genovese MI, Lajolo FM (2009) Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *J Agric Food Chem* **57**, 5734-42.
37. Canella DA, Louzada MLC, Claro RMC *et al.* (2018) Consumption of vegetables and their relation with ultra-processed foods in Brazil. *Rev Saude Publica* **52**.
38. Souza AM, Pereira RA, Yokoo EM *et al.* (2013) Most consumed foods in Brazil: National Dietary Survey 2008-2009. *Rev Saude Publica* **47**, 190s-199s.