

Universidade de Brasília  
Faculdade de Ciências da Saúde  
Departamento de Nutrição

## **Termogênese induzida pela dieta: revisão**

Pesquisa de revisão elaborada como  
trabalho de conclusão do curso de  
Nutrição da Universidade de  
Brasília- UnB

Aluna: Gabriela Louise de Carvalho

Matrícula: 11/0055365

Orientadora: Marina Kiyomi Ito

Brasília, julho de 2015

## **RESUMO**

### **Introdução**

Os processos de digestão, absorção e utilização dos nutrientes requerem que o organismo gaste certa quantidade de energia. Quando há a ingestão de alimentos, a produção de calor pelo corpo aumenta para valores acima dos níveis basais. Essa energia gasta é chamada de Termogênese Induzida pela Dieta ou Efeito Térmico dos Alimentos, sendo mais conhecida antigamente como Ação Dinâmica Específica. A Termogênese Induzida pela Dieta representa cerca de 10% do gasto energético diário total.

### **Objetivo**

Realizar estudo de revisão sobre elementos relacionados à termogênese induzida pela dieta.

### **Metodologia**

Para a elaboração da presente revisão utilizou-se o método de levantamento de dados bibliográficos que incluiu consultas em livros e em bancos de dados nacionais e internacionais disponíveis na Internet, como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (Scielo), Lilacs e Pubmed.

### **Resultados e Discussão**

Na maioria dos estudos a termogênese induzida pela dieta (TID) é determinada pela diferença entre o gasto energético total pós-prandial e a taxa metabólica de repouso no estado de jejum imediatamente antes da ingestão de uma refeição.

A composição de macronutrientes da dieta pode influenciar diretamente o equilíbrio energético, sendo que a termogênese induzida pela dieta pode apresentar resultados diferentes dependendo da distribuição de carboidratos, proteínas e lipídios. Foi observado em vários estudos que a proteína é considerada o macronutriente com maior poder termogênico (cerca de 20 a 30%), seguida pelos carboidratos (5 a 10%) e depois os lipídios (0 a 3%). Dentre as razões que justificam as proteínas como mais termogênicas

estão o aumento da síntese proteica, o gasto de ATP para a síntese de ligações peptídicas, além da associação com outros elementos do turnover proteico.

Além disso, as proteínas também apresentam um efeito na saciedade, que provavelmente está relacionado às alterações fisiológicas que ocorrem após a ingestão desse nutriente, sendo que a alta concentração de aminoácidos na corrente sanguínea promove a liberação de insulina e de hormônios anorexígenos (inibidores do apetite), que agem na saciedade.

Com relação à termogênese de carboidratos e lipídios, os resultados dos estudos ainda são controversos. Alguns estudos mostram que dietas hiperglicídicas têm um maior poder termogênico que as dietas hiperlipídicas. Porém, outros mostram que não há diferença significativa entre TID dessas duas dietas. Uma das razões para tais diferenças está a variabilidade dos protocolos entre os estudos, como no tempo de duração das mensurações da TID, tamanho, composição e distribuição de macronutrientes das refeições, dentre outros.

## **Conclusão**

Muitos estudos mostram que a proteína é o macronutriente que leva a uma maior termogênese induzida pela dieta. A escolha de determinados tipos de macronutrientes na alimentação pode auxiliar o indivíduo a ter um maior gasto calórico, o que pode contribuir para uma possível perda ponderal. Ainda não é bem definido se a utilização de dietas hiperproteicas podem levar a efeitos adversos, como um aumento no risco do desenvolvimento de pedras nos rins e alterações no metabolismo do cálcio. Com isso, a sua utilização deve ser feita com cautela, principalmente em indivíduos de risco.

## INTRODUÇÃO

A obesidade, que é definida de modo simplificado como o excesso de acúmulo de tecido adiposo em uma amplitude tal que possa causar danos à saúde do indivíduo, tem origem multifatorial e abrange tanto fatores genéticos como ambientais (PINHEIRO; FREITAS; CORSO, 2004).

Atualmente, a obesidade é considerada, mundialmente, uma doença epidêmica. Na população adulta dos Estados Unidos, a sua prevalência chega a cerca de 33,8%, enquanto que no Brasil chega a cerca de 14,8% (RODRIGUES; SILVEIRA, 2015). Esses altos valores de prevalência da obesidade são preocupantes devido ao fato desta estar relacionada com o desenvolvimento de mais de sessenta desordens crônicas, como diabetes, hipertensão, certos tipos de câncer, além de estar associada com a maior mortalidade e incidência de doenças como cálculo biliar, apneia do sono, osteoartrite e doenças cardiovasculares (NESTORIDI et al., 2012; RODRIGUES; SILVEIRA, 2015).

A perda ponderal em indivíduos com sobrepeso ou obesidade está relacionada com a redução do risco e com o controle de patologias como o diabetes *mellitus* tipo 2 e cardiopatias. Diante desse fato, é importante que os indivíduos passem por algum tratamento que vise a perda de peso e a diminuição do risco de mortalidade e de comorbidades associadas (PEDROSA; DONATO JUNIOR, TIRAPÉGUI, 2009).

Dentre os métodos para alcançar o emagrecimento mais descritos estão o exercício físico, dieta, tratamentos com fármacos, terapia comportamental e cirurgia (FUJIOKA, 2002). Os dois primeiros métodos citados são os mais recomendados para a perda ponderal, sendo que a dieta de restrição alimentar promove uma maior diminuição do peso corpóreo. Porém, essa dieta restritiva muitas vezes pode promover, além da perda de gordura corporal, a diminuição da massa magra dos indivíduos (GARROW; SUMMERBELL, 1995). Com relação às cirurgias, existem diversas opções que podem auxiliar na perda de peso de pacientes com obesidade grave. Existem técnicas restritivas, como a Banda Gástrica Ajustável; mal absorptivas, como o Bypass Duodenojejunal; e mistas, como Bypass Gástrico em Y de Roux (BGYR). O BGYR é considerado a técnica padrão ouro para as cirurgias bariátricas (ADA, 2009; RUBINO et al., 2010; WILSON; PORIES, 2010).

O balanço energético, que é resultado de um equilíbrio entre a ingestão e o gasto energético, exerce uma importante função tanto no controle do peso quanto no depósito de gordura do corpo. Dentre os elementos que podem gerar um desequilíbrio no balanço

energético estão a ingestão calórica, a termogênese, a oxidação e a estocagem de macronutrientes (SCHUTZ, 1985).

Considerando o sucesso da perda do excesso de peso, o gasto energético total (GET) e seus constituintes, como a taxa metabólica basal (TMB), deve ser levada em consideração (FARIA et al., 2012). A TMB é energia mínima necessária para a manutenção da vida em um indivíduo que se encontre em repouso (FARIA; KELLY; FARIA, 2009) e é responsável por cerca de 70 a 80% do GET. O GET pode ser calculado com a utilização de três elementos: a TMB, o efeito térmico dos alimentos ingeridos e o nível de atividade física realizada (FARIA et al., 2012).

O efeito térmico dos alimentos (ETA), também conhecido como termogênese induzida pela dieta (TID), é a energia gasta para que alimentos ou bebidas consumidas possam ser processados e digeridos pelo organismo. A TID representa cerca de 10% do gasto energético diário total (RUDDICK-COLLINS et al., 2013). Dentre os principais fatores relacionados com a TID estão o conteúdo calórico e a composição da dieta (HERMSDORFF; VOLP; BRESSAN, 2007).

O padrão ouro para se quantificar a energia consumida por um determinado indivíduo é a utilização da calorimetria indireta. Esse método mensura o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e a síntese de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), o que resulta no valor no gasto energético. Esse método é interessante, pois permite a realização de avaliações individualizadas do gasto energético e minimiza algumas diferenças que podem ocorrer entre o gasto energético dos indivíduos, muitas vezes chegando a valores de 1000kcal em obesos (FARIA et al., 2012).

Com relação aos macronutrientes, a proteína é considerada a que possui um maior poder termogênico. O aumento da ingestão de proteínas na dieta auxilia tanto na perda ponderal como no não ganho de peso. A termogênese induzida pela dieta é maior e mais prolongada após o consumo de proteínas, seguida pelos carboidratos e posteriormente pelos lipídios. Uma das razões desse efeito termogênico das proteínas é o aumento da síntese proteica. Além disso, as proteínas também possuem efeito na saciedade, que pode estar relacionado às alterações fisiológicas que ocorrem com a ingestão desse nutriente, como a liberação de hormônios que inibem o apetite (ESTEVES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010).

Considerando esses aspectos, essa revisão busca discutir a evolução do histórico da termogênese induzida pela dieta, além de apresentar alguns elementos que podem

influencia-la, como diferentes composições das dietas, diferentes composições corporais e a cirurgia bariátrica.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Realizar estudo de revisão sobre elementos relacionados à termogênese induzida pela dieta.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar as razões para um maior poder termogênico das proteínas;
2. Investigar a resposta dos diferentes tipos de proteínas na termogênese induzida pela dieta;
3. Detectar os motivos para as diferenças nos resultados das pesquisas relacionadas à termogênese induzida pela dieta;
4. Relacionar a termogênese induzida pela dieta e a cirurgia bariátrica;
5. Verificar possíveis efeitos adversos de dietas hiperproteicas.

## **METODOLOGIA**

Para a elaboração da presente revisão utilizou-se o método de levantamento bibliográfico que incluiu consultas em livros e em bancos de dados nacionais e internacionais disponíveis na Internet, como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (Scielo), Lilacs e Pubmed com o objetivo de apresentar publicações relevantes disponíveis sobre o tema e discuti-las. Utilizou-se palavras chaves como termogênese, dieta, alimentação, carboidratos, proteínas, lipídios, macronutrientes, metabolismo energético, efeito térmico, alimentos, palatabilidade, obesidade, cirurgia bariátrica, em português, sendo feita sua respectiva tradução para as línguas espanhola e inglesa, quando necessário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### - Histórico

A produção de calor a partir da queima das calorias faz parte de diversos processos fisiológicos, dentre eles a regulação da temperatura corporal, o peso corporal, o metabolismo e o balanço energético. Animais homeotérmicos possuem uma considerável ineficiência termodinâmica na forma de utilização de sua energia metabólica, o que leva a uma liberação do calor, que acaba por ser utilizada para a manutenção constante da temperatura corporal. A termogênese pode ser dividida em dois tipos: a termogênese obrigatória, que é a quantidade de calor liberado por determinado organismo em seu estado de vigília e repouso, em temperatura ambiente, não realizando processos de digestão (jejum de, no mínimo, 12 horas) (UETA, 2009; BIANCO, 2009); e a termogênese facultativa, que acontece quando há a liberação de calor devido a uma determinada demanda, que pode ser por mudanças na temperatura ambiente ou se há a ingestão de alimentos, fazendo com que o gasto energético de repouso aumente (UETA, 2009).

Investigações realizadas no início do século XX mostraram que as diferentes composições dos nutrientes de uma dieta poderiam interferir no metabolismo energético, especificamente que uma alta ingestão proteica levava a uma elevação da taxa metabólica pós-prandial em cachorros. Mais recentemente demonstrou-se que a ingestão de nutrientes também afetava o gasto energético de animais de criação (DAUNCEY; BINGHAM, 1983).

Para que aconteça os processos de digestão dos alimentos, sua devida absorção, transferência para os tecidos e utilização, é necessário que haja um trabalho realizado pelo organismo. Quando há o consumo de algum alimento, a produção de calor pelo corpo aumenta para valores acima dos níveis basais. Nas décadas de 60 e 70, a Termogênese Induzida pela Dieta (TID) era conhecida como Ação Dinâmica Específica (ADE) (HEINZ, 1965; ROBINSON, 1968; MITCHELL et al., 1978). A utilização do adjetivo “específico” significava que o índice de consumo de oxigênio, após a ingestão de uma refeição, dependia da composição do alimento (MITCHELL et al., 1978). Nessas décadas, a literatura mostrava que a ingestão de carboidratos ou de lipídios aumentava a produção de energia pelo corpo em relação ao repouso de forma semelhante, em cerca de 5%. A ação dinâmica específica (ADE) mais baixa para os carboidratos poderia ser devido a sua atuação unicamente na síntese de glicogênio a partir de glicose. Já uma

explicação para a ADE mais baixa para lipídios ainda não é bem explicada (HEINZ, 1965). Posteriormente houve uma divisão dos valores para esses dois macronutrientes. Se estes forem ingeridos de forma isolada, o carboidrato apresenta uma TID de cerca de 5 a 10% e o lipídio de cerca de 0 a 3% do valor calórico total ingerido (ESTEVES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010). Em uma dieta de composição mista dos macronutrientes, a ação dinâmica específica é de, aproximadamente, 6% da necessidade energética (ROBINSON, 1968).

Com relação à ingestão das proteínas isoladamente (sem a presença de carboidratos ou lipídios) e sua posterior degradação pelo organismo, os valores atuais e os das décadas de 60 e 70 são bem semelhantes, sendo representados por um aumento na produção de energia de cerca de 20 a 30% acima daquilo que foi ingerido (HEINZ, 1965; ROBINSON, 1968; MITCHELL et al., 1978; ESTEVES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010). Foi mostrado também que alguns aminoácidos como fenilalanina, glicina, alanina e ácido glutâmico desempenham um importante efeito calorigênico (aumento no consumo de oxigênio e na produção de calor) (HEINZ, 1965).

#### **- Diferentes protocolos de duração da mensuração**

Na maioria dos estudos a termogênese induzida pela dieta (TID) é determinada pela diferença entre o gasto energético total pós-prandial e a taxa metabólica de repouso no estado de jejum imediatamente antes da ingestão de uma refeição. Os achados na literatura sobre a TID têm sido bastante inconsistentes, tanto devido à variabilidade dos protocolos quanto das durações das mensurações da TID. O tamanho das refeições, a duração da mensuração pós-prandial e os métodos utilizados para calcular a TID estão entre os fatores que podem ter contribuído para a observação das discrepâncias entre os estudos (RUDDICK-COLLINS et al., 2013). Por exemplo, a variação da duração da mensuração pós-prandial de alguns estudos está entre 2 e 6 horas, além das diferenças na composição dos macronutrientes e conteúdo calórico das refeições. Dentre os fatores que podem influenciar o tempo de duração da mensuração da TID estão o tempo de esvaziamento gástrico, digestão e estocagem dos nutrientes, tamanho das refeições, maiores proporções de determinados macronutrientes, como a proteína (RUDDICK-COLLINS et al., 2013; KINABO; DURNIN, 1990; BESSARD; SCHUTZ; JÉQUIER, 1983; BELKO; BARBIERI, 1987; TAI; CASTILLO; PI-SUNYER, 1991; MOURÃO et al., 2005).



Foi realizado um estudo com testes de TEF de 131 indivíduos que ingeriram refeições de tamanho e composição distintas. Cada teste teve a duração da mensuração de 6 horas. Do total de mensuração do TEF de 6 horas, 60% do total foi medido após 3h, 78% após 4h e 91% após 5h. Foi observado que uma mensuração de 3h pode perder mais que 40% do total do TEF; uma mensuração de 4h pode perder cerca de 22,5% do total do TEF. Em refeições que cheguem a fornecer 3344kJ, cerca de 10% do ETA pode ser perdido com mensurações feitas entre 4 e 6 horas. Com os resultados encontrados, foi recomendado uma duração de mensuração de 5h para minimizar os erros (REED; HILL, 1996).

Um estudo recente foi realizado com o objetivo de definir o menor tempo de mensuração da TID que representasse com precisão a sua resposta total mostrou que a magnitude da TID mensurada nos tempos de 3, 4 e 5 horas foram extremamente relacionados com a encontrada no tempo de 6h. A refeição utilizada foi um café da manhã padrão composto de *muesli* com leite, torrada com margarina e geleia e um copo de suco de laranja. O conteúdo calórico oferecido foi de 576kcal com proporção de 20,6g de proteína (14%), 20,1g de lipídios (32%) e 78,2g de carboidrato (54%). É importante salientar que os resultados encontrados foram para uma refeição com determinada composição de macronutrientes. Outros tipos de refeições com proporções distintas de macronutrientes pode ter um tempo de digestão diferente e interferir no resultado da TID. Uma limitação desse estudo foi a pequena amostra utilizada, com apenas dez participantes. Porém os dados encontrados podem ser utilizados para estudos futuros (RUDDICK-COLLINS et al., 2013).

### **- Diferentes composições de dieta e seus resultados**

A composição de macronutrientes da dieta pode influenciar diretamente o equilíbrio energético, sendo que a termogênese induzida pela dieta pode apresentar resultados diferentes dependendo da distribuição de carboidratos, proteínas e lipídios (KLOSTER; LIBERALI, 2008).

A TID pode representar cerca de 5 a 15% do gasto energético, o que mostra a sua importância na regulação ponderal e no balanço energético. Considerando uma dieta de composição mista, a TID pode chegar a representar um gasto de energia de 10 a 15% da composição calórica da refeição (KLOSTER; LIBERALI, 2008). Porém, quando os macronutrientes são ingeridos de forma separada, a proteína apresenta uma TID maior

(cerca de 20 a 30%) e mais prolongada, o carboidrato de cerca de 5 a 10% e o lipídio de cerca de 0 a 3% do valor calórico total que foi ingerido (ESTEVEES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010). Abaixo são apresentados os macronutrientes e suas atuações na TID:

### **Proteínas**

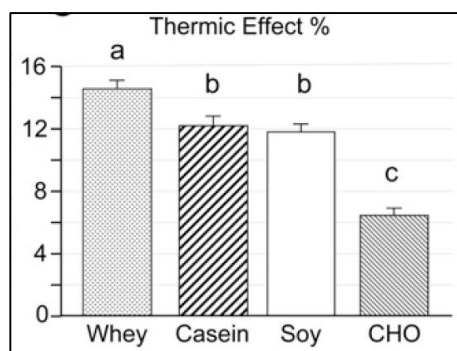
As proteínas exercem diversas funções no organismo. Atuam na regulação do metabolismo, agem como catalisadores naturais, como receptores de membrana, desempenham funções no sistema imunológico, transportam nutrientes, entre outras (ESTEVEES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010).

As proteínas possuem um poder de saciedade maior se comparado com o dos carboidratos e lipídios e isso tem sido atribuído ao fato de as proteínas terem um maior poder termogênico. Esse maior efeito térmico das proteínas é devido ao aumento na síntese proteica e no gasto de ATP para a síntese de ligações peptídicas, além da associação com outros elementos do turnover proteico (ESTEVEES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010). Além disso, outro fator que pode explicar tal fato é que o organismo não consegue estocar proteínas, como acontece com os carboidratos e os lipídios, o que exige que elas sejam metabolizadas imediatamente após a sua ingestão (KLOSTER; LIBERALI, 2008; PEDROSA; DONATO JUNIOR, TIRAPEGUI, 2009). Com relação ao seu efeito na saciedade, tal fato pode ser explicado pelas alterações fisiológicas que ocorrem com a ingestão desse macronutriente. Dentre essas alterações está a alta concentração de aminoácidos na corrente sanguínea que promovem a liberação de insulina e de hormônios anorexígenos (inibidores do apetite), que agem na saciedade (ESTEVEES; ÁVILA; ALMEIDA, 2010).

No metabolismo das proteínas, a energia pode ser utilizada, especialmente, nas reações de síntese proteica, produção de ureia e gliconeogênese (PEDROSA; DONATO JUNIOR, TIRAPEGUI, 2009). Um estudo realizado por Robinson et al (1990) mostrou uma maior influência da proteína no efeito térmico dos alimentos. Foi observado que em uma refeição com alto teor de carboidratos, 36% do efeito térmico dos alimentos produzido foi designado para a síntese proteica, enquanto que em uma refeição com alto teor de proteína, o resultado encontrado foi de 68%. Assim, os resultados do estudo sugerem que a maior fração do efeito térmico dos alimentos produzido após a ingestão de uma refeição com alto teor de proteínas pode ser destinada à síntese de proteínas.

Essa maior termogênese que é observada após a ingestão de proteínas pode estar relacionada com o metabolismo dos aminoácidos que as constituem. Muitas teorias têm sido expostas para explicar tal fato. A ideia que prevalece é que o efeito calorigênico dos aminoácidos é resultado de uma demanda energética aumentada pelo fígado para que este possa realizar a desaminação dos aminoácidos e a formação de ureia (HEINZ, 1965; MITCHELL et al., 1978). Além disso, também é necessária uma energia adicional para que a haja metabolização dos resíduos de carbono decorrentes da desaminação dos aminoácidos, caso estes não forem imediatamente oxidados a dióxido de carbono e água, como pode acontecer em casos de desnutrição calórica. Se esses resíduos chegarem a ser convertidos a glicose, glicogênio ou gordura, mais energia é necessária para que ocorra essa transformação. Em casos nos quais a proteína ingerida será utilizada para o crescimento ou finalidade estrutural, não há a atuação dessa termogênese (HEINZ, 1965).

Um estudo investigou a resposta térmica de 4 refeições isocalóricas, sendo 3 destas ofertando 50% da energia, ou por proteína do soro do leite isolada (whey protein), caseína micelar ou proteína isolada da soja, 40% de carboidratos (dextrose monoidratada) e 10% de lipídios (óleo de girassol), sendo a quarta refeição composta quase que inteiramente por carboidratos (maltodextrina e dextrose monoidratada). Os resultados mostraram que o efeito térmico dos alimentos (ETA) foi maior para a refeição com proteína do soro do leite do que para as refeições com caseína ou proteína da soja. O ETA das três refeições com proteínas foi significativamente maior do que o da refeição rica em carboidratos. A figura 1 mostra a comparação do ETA das quatro refeições teste. Esse resultado encontrado para um maior ETA da refeição com proteína do soro do leite pode ser devido ao fato destas serem digeridas e absorvidas de forma mais rápida que a caseína, o que gera um aumento de nitrogênio e retenção proteica. Tem sido verificado que a proteína de origem animal, em relação à proteína de origem vegetal, interfere no turnover proteico e contribui para a síntese proteica (ACHESON et al., 2011). Foi observada em outro estudo que a taxa de síntese proteica é maior (cerca de duas vezes maior- 68% versus 31%) após a ingestão de proteína do soro do leite do que após a ingestão de caseína (BOIRIE, Y. et al., 1997). Portanto, as diferenças em relação às taxas de síntese proteica após o consumo de soro do leite, caseína ou soja podem explicar as pequenas, porém significativas, diferenças entre o ETA observado neste estudo (ACHESON et al., 2011).

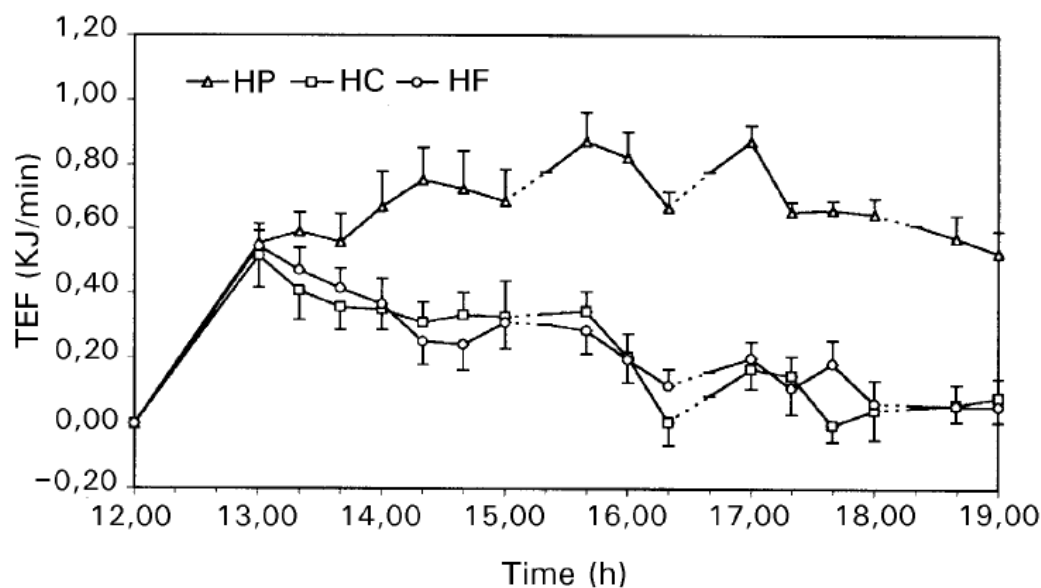


**Figura 1:** comparação entre o efeito térmico dos alimentos de quatro refeições com composições distintas (ACHESON et al., 2011).

Um estudo foi realizado por Crovetti et al (1997) com os objetivos de avaliar o gasto energético após a ingestão de três refeições isoenergéticas com composições de macronutrientes distinta e estabelecer uma relação entre o efeito térmico dos alimentos (ETA) e a sensação de saciedade. Em relação às refeições, a comparação foi feita entre uma refeição hiperproteica (68% de proteína), hiperglicídica (69% de carboidrato) e hiperlipídica (70% de lipídios). As informações sobre a sensação de saciedade, desejo de comer e plenitude foram obtidas através do Questionário de Avaliação da Saciedade, utilizado anteriormente em outros inquéritos. O gasto energético e, conseqüentemente, o ETA, foram significativamente maiores após a ingestão da refeição hiperproteica, se comparada com as refeições hiperglicídica e hiperlipídica, como mostrado na tabela 1. A figura 2 mostra o comportamento do ETA em relação às três refeições. Pode-se observar que o gasto energético aumenta de forma semelhante para as três refeições, porém os valores da refeição hiperproteica permaneceram significativamente mais altos e não retornaram aos valores basais, enquanto que os valores das refeições hiperglicídicas e hiperlipídicas foram diminuindo até chegarem aos valores de pré-refeição.

**Tabela 1:** gasto energético após a ingestão das três refeições teste (CROVETTI et al., 1997).

	<i>High protein</i>	<i>High carbohydrate</i>	<i>High fat</i>
Pre-meal energy expenditure kJ over 7 h (kcal over 7 h)	1703 ± 111 (407 ± 26)	1724 ± 74 (412 ± 18)	1746 ± 81 (417 ± 19)
Post-meal energy expenditure kJ over 7 h (kcal over 7 h)	1964 ± 109 (469 ± 26)	1816 ± 121 (434 ± 29)	1843 ± 109 (441 ± 26)
TEF kJ over 7 h (kcal over 7 h) 95% confidence intervals (kJ)	261 ± 59 (62 ± 14) 218–301	92 ± 67 (22 ± 16) 44–140	97 ± 71 (23 ± 17) 48–148



**Figura 2:** Efeito térmico dos alimentos após o consumo das três refeições (CROVETTI et al., 1997).

O efeito térmico dos alimentos (ETA) foi anteriormente sugerido com um dos fatores que podem influenciar as sensações de apetite, dentre elas a saciedade (RAVN et al., 2013). O aumento da temperatura corporal, que pode ser causada pela temperatura do ambiente e pelo calor em excesso que é liberado durante o processo de digestão dos alimentos, ou seja, o ETA, pode levar a uma redução do consumo de alimentos (STROMINGER; BROBECK, 1953). Alguns estudos que relacionam termogênese e apetite mostram que a proteína parece ser o macronutriente que promove uma maior saciedade (BLUNDELL et al., 1996; VELDHORST et al., 2008).

Com relação às sensações após a ingestão das refeições, o estudo de Croveti et al (1997) mostrou que o desejo de comer aumentou menos após a ingestão da refeição hiperproteica, se comparada às refeições hiperglicídica e hiperlipídica, e as sensações de plenitude e saciedade foram maiores para a refeição hiperproteica. Não houve diferenças entre as sensações de saciedade entre carboidratos e lipídios. Os resultados desse estudo mostram uma relação entre o ETA e a sensação de plenitude. O mecanismo pelo qual resultada em um controle do apetite ainda não está elucidado, porém, dentre algumas hipóteses estão a liberação de colecistocinina (CCK) após a ingestão; aumento da concentração de aminoácidos plasmáticos após a absorção; aumento na taxa de oxidação proteica após um aumento na ingestão desse macronutriente, com a formação e excreção de ureia.

Westerterp-Plantenga et al (1999) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar uma possível relação entre a percepção da saciedade e a termogênese induzida pela dieta (TID), em relação a duas dietas com diferentes composições de macronutrientes (uma com alto teor de proteínas e carboidratos e outra com alto teor lipídico). A porcentagem de distribuição dos macronutrientes das duas dietas eram: 29% de proteína, 61% de carboidrato e 10% de lipídios; e 9% de proteína, 30% de carboidrato e 61% de lipídio. Os resultados mostraram que a TID foi consideravelmente maior nos indivíduos que consumiram a dieta com alto teor proteico e glicídico. Além disso, a sensação de saciedade foi maior e a de fome foi menor para os indivíduos que consumiram a refeição com alto teor de proteína e de carboidrato em relação ao grupo que ingeriu a refeição rica em lipídios. Esses resultados mostram um aumento conjunto da saciedade e TID, onde um aumento no gasto energético do repouso leva a um aumento do consumo de oxigênio e da temperatura corporal, o que aumenta a sensação de saciedade.

A liberação de determinados hormônios pelas células intestinais, como a colecistocinina (CCK), peptídeo YY (PYY) e grelina, em consequência da ingestão de alimentos, pode mediar a sensação de saciedade. Macronutrientes, em especial a proteína e o lipídio, ajudam a promover a liberação de CCK, sendo que esta auxilia na liberação de PYY (contribui para a redução na ingestão alimentar) e suprime a liberação de grelina (aumenta a sensação de fome), o que leva a uma maior sensação de saciedade (BRENNAN et al., 2012).

Uma meta-análise com dados individuais de 111 participantes de cinco estudos randomizados de refeições testes não encontraram evidências entre saciedade e o ETA após a ingestão de proteínas (cerca de 15% do conteúdo energético). Porém, os resultados desse estudo podem ser aplicáveis aos participantes que ingeriram um conteúdo de proteína considerado normoproteico. Ou seja, essa ligação entre o ETA e a saciedade pode depender do total de proteína ingerida na refeição (RAVN et al., 2013).

Dessa maneira, a provável atuação das proteínas no controle da ingestão de alimentos devido ao aumento da saciedade e da TID pode auxiliar no controle ponderal. Ou seja, um alto consumo de proteínas específicas ajuda na regulação do ganho e/ou recuperação de peso devido ao poder desse macronutriente na saciedade e no gasto energético para a sua metabolização (ESTEVEZ; ÁVILA; ALMEIDA, 2010; ACHESON et al., 2011).

## **Carboidratos e Lipídios**

Os carboidratos exercem diversas funções no organismo: é uma fonte energética; protege contra a produção de corpos cetônicos; atua na preservação das proteínas, além de serem a única fonte energética (glicose) para o cérebro. Os lipídios têm como principais funções o fornecimento de energia e de ácidos graxos essenciais; transporte de nutrientes e de vitaminas lipossolúveis, formação, de forma conjunta com as proteínas, da estrutura básica das membranas celulares, além de atuarem como precursores de hormônios (PINHEIRO; PORTO; MENEZES, 2005).

Em relação à termogênese de carboidratos e lipídios, os resultados de pesquisas ainda são controversos. Alguns estudos mostram que dietas hiperglicídicas têm um maior poder termogênico que as dietas que possuem grandes quantidades de lipídios. Porém, outros mostram que não há diferença significativa entre TID dessas duas dietas (HERMSDORFF; VOLP; BRESSAN, 2007). Um estudo buscou comparar o efeito térmico dos alimentos (ETA) de duas dietas: ricas em carboidratos e pobre em lipídios (70% de carboidratos, 19% de lipídios e 11% de proteínas) e ricas em lipídios e com baixo teor de carboidratos (65% de lipídios, 24% de carboidrato e 11% de proteínas). Os resultados não mostraram diferenças significativas em relação aos valores do ETA mensurados por 5h entre as duas composições distintas de dietas. As razões para que ocorram essas diferenças entre esses estudos ainda não estão claras. Uma das prováveis razões pode ser as diferenças nas metodologias utilizadas, além da forma e a composição das refeições distintas poderem interferir nos resultados (KINABO; DURNIN, 1990).

Outro estudo realizado com o objetivo de comparar duas dietas, modificadas no seu perfil de carboidratos, em relação ao metabolismo energético mostrou que uma dieta normocalórica com uma maior quantidade de carboidratos complexos elevam o quociente respiratório e estimulam um aumento da termogênese e do gasto energético. A absorção dos diferentes tipos de carboidratos pode variar e isso pode influenciar a oxidação destes (MOURÃO et al., 2005).

### **- Mastigação influenciando a termogênese induzida pela dieta**

Um estudo realizado com indivíduos eutróficos com o objetivo de determinar os efeitos do número de mastigações e a duração da refeição sobre termogênese induzida pela dieta (TID) mostrou que os indivíduos que mastigavam mais vezes possíveis e por

um maior período de tempo obtiveram uma maior TID e um maior fluxo sanguíneo esplênico que os indivíduos que mastigavam o mais rápido que podiam. Tem sido sugerido que a ingestão de alimentos aumenta o fluxo sanguíneo na região esplênica e o consumo de oxigênio está associado com a digestão, absorção e armazenamento dos alimentos. Outro fator que pode estar envolvido no aumento da TID é a histamina. A mastigação ativa os sistemas ligados à histamina no hipotálamo. A histamina que é produzida devido ao processo de mastigação pode aumentar a produção de calor. Porém, esse efeito da histamina é mantido apenas durante a digestão e absorção (HAMADA; KASHIMA; HAYASHI, 2014).

### **Frequência de ingestão dos alimentos influenciando a termogênese**

A frequência de ingestão das refeições tem sido sugerida como um possível fator na regulação do balanço energético, tanto em animais experimentais, como em humanos. Poucos estudos destacaram como que a frequência de ingestão das refeições pode influenciar o gasto energético, independentemente da quantidade calórica contida na refeição. Dentre os elementos que compõe o gasto energético, o efeito térmico dos alimentos é o mais propenso a ser influenciado pela frequência de ingestão das refeições. (TAI; CASTILLO; PI-SUNYER, 1991).

Um estudo com o objetivo de comparar o efeito térmico dos alimentos (ou termogênese induzida pela dieta) de uma refeição líquida mista administrada via sonda nasogástrica em indivíduos saudáveis, ou por uma dose única em *bolus*, ou durante o período de 3 horas de administração, mostrou que a termogênese induzida pela dieta foi maior na administração em *bolus*. Com isso, conclui-se que a forma de administração dos nutrientes pela via entérica influencia a resposta termogênica (NACHT et al, 1986).

Um estudo realizado com mulheres magras com o objetivo de determinar como o padrão temporal pode afetar o comportamento do ETA, buscou comparar a resposta térmica mensurada durante 5 horas após a ingestão, ou de um bolus de 750kcal ingerida em 10 minutos, ou seis pequenas refeições de 125kcal cada, ingeridas de 30 até além de 150 minutos. Os resultados mostraram que a refeição mista isocalórica ingerida em bolus teve uma maior resposta termogênica pós-prandial que a mesma refeição ingerida em seis porções menores, embora essa diferença tenha sido pequena (16kcal), porém significativa para esse estudo. O padrão distinto de uma dose grande e seis doses menores pode ter gerado essa resposta diferente devido a vários fatores fisiológicos, dentre os quais



podemos citar: esvaziamento gástrico mais rápido, que pode ser devido à uma maior distensão gástrica, que aumenta o esvaziamento do estômago e a absorção dos nutrientes; e a influência hormonal, onde uma absorção de nutrientes mais rápida induz a uma resposta maior da insulina, o que aumenta o armazenamento dos nutrientes. Com isso, o padrão temporal no qual uma refeição é ingerida pode influenciar a resposta termogênica pós-prandial e ter um resultado sobre o balanço energético (TAI; CASTILLO; PI-SUNYER, 1991).

Belko e Barbieri (1987), com o objetivo de comparar o efeito térmico dos alimentos (ETA) de duas grandes refeições (cada uma contendo 50% das necessidades calóricas diárias) com quatro pequenas refeições (cada uma contendo 25% das necessidades calóricas diárias), teve como resultado que o ETA total de 10 horas não foi distinto entre os dois padrões de refeição. Com isso, o resultado do ETA em relação ao tamanho e a frequência das refeições ainda continua indefinido.

### **- Diferentes Composições Corporais**

Diferentes tipos de indivíduos podem ter respostas distintas em relação à termogênese induzida pela dieta (TID). A resposta da TID em relação às refeições com altas quantidades de glicose, ou ricas em proteína, ou mesmo com uma combinação dos macronutrientes, se mostra significativamente reduzida em indivíduos obesos, se comparados com indivíduos magros. Tal fato tem sido sugerido por alguns como responsável pela etiologia e manutenção da obesidade. Porém, outros têm mensurado diferenças mínimas na comparação entre a TID de indivíduos magros e obesos. Uma possível explicação para a distinção de resultados encontrados é a diferença na metodologia entre os laboratórios. Apesar de ser reconhecido que a TID pode variar dependendo do conteúdo de energia e de proteína fornecido pela refeição teste, não há uma padronização entre os estudos (BELKO; BARBIERI; WONG, 1986).

Um estudo realizado com o objetivo de comparar a termogênese induzida pela dieta (TID) de mulheres obesas não diabéticas (com histórico familiar de obesidade) e de mulheres eutróficas mostrou que a resposta da TID foi menor no grupo de mulheres obesas. As mulheres obesas também foram estudadas após uma redução considerável de peso com o intuito de observar se a resposta da termogênese é afetada pela perda ponderal. Observou-se que, mesmo com uma perda de peso considerável, a resposta da TID não se

normalizou. Esse resultado indica que, nessas mulheres obesas que participaram do estudo, o resultado de uma menor resposta termogênica não é resultado de um excesso de peso corporal e pode estar relacionada com o próprio estado de obesidade, que favorece a retenção de energia e o ganho de peso (BESSARD; SCHUTZ; JÉQUIER, 1983).

Uma outra pesquisa corrobora com os resultados mostrados acima. Nesse estudo não foram observadas alterações na TID em pacientes obesos que perderam peso ao serem submetidos ao tratamento dietético sem modificações no TGI. Mesmo após a perda de peso, esses pacientes ainda tinham valores da TID significativamente mais baixos que indivíduos eutróficos. Com isso, observa-se que a TID parece ser reduzida em pacientes obesos, não melhorando após a perda de peso somente com tratamento dietético (NELSON et al., 1992).

Já um outro estudo que comparou mulheres pré-obesas (IMC de, aproximadamente,  $27,9\text{kg/m}^2$ ) com mulheres eutróficas mostrou um valor médio menor da TID para o primeiro grupo. Porém, após uma significativa perda ponderal (IMC de  $27,9\text{kg/m}^2$  passando para cerca de  $23\text{kg/m}^2$ ) dos indivíduos do grupo de pré-obesos, o valor médio da TID aumentou de tal forma que a diferença para o valor médio do grupo controle (eutróficos) já não era significativo (WEINSIER et al., 1995).

#### **- Termogênese e cirurgia bariátrica**

Dentre as opções de cirurgias bariátricas, o Bypass Gástrico em Y de Roux (BGYR) parece ser a mais favorável considerando os riscos e benefícios e tem sido a técnica mais frequentemente utilizada (STYLOPOULOS; HOPPIN; KAPLAN, 2009; WILMS et al., 2013).

A técnica cirúrgica BGYR consiste na divisão do estômago proximal, criando-se uma pequena bolsa gástrica (com capacidade por volta de 30mL) na base do esôfago, e duas limbas intestinais são conectadas de forma que a sua configuração seja em Y. Com a realização desses procedimentos, os alimentos ingeridos passam pelo esôfago, bolsa gástrica e segmento medial do jejuno, respectivamente. Essa técnica resulta em aproximadamente 40% de perda de peso, na manutenção dessa perda de peso com o passar do tempo em mais de 80%, além de estar associada a uma melhora significativa do diabetes *mellitus* e de outras comorbidades que estão relacionadas com a obesidade.

Porém, os mecanismos pelos quais o BGYR induz esses efeitos ainda são desconhecidos (NESTORIDI et al., 2012).

Dados clínicos recentes questionam o modelo no qual se afirma que a cirurgia de BGYR funciona apenas devido aos seus mecanismos de restrição e má absorção dos nutrientes. Porém, um novo modelo para os mecanismos dessa cirurgia propõe que a perda de peso é induzida porque ocorre uma alteração da regulação fisiológica do balanço energético e da função metabólica (NESTORIDI et al., 2012).

Um estudo recente que investigou o efeito térmico dos alimentos (ETA) em 3 grupos de mulheres (obesas graves que realizaram a cirurgia BGYR, obesas graves e magras) mostrou que houve um aumento no ETA no grupo das mulheres obesas graves que tinham feito a cirurgia de BGYR se comparado com os grupos de mulheres magras e de obesas graves. Dentre os achados nesse estudo em mulheres que realizaram o BGYR observou-se um aumento no coeficiente respiratório pós-prandial, além de um aumento na frequência cardíaca e nos níveis circulatórios de glicose, insulina e peptídeo-C, o que sugere que nesses indivíduos ocorre uma grande alteração no metabolismo e na resposta cardiovascular ao se ingerir alimentos. Dentre as causas que podem contribuir para uma alteração no metabolismo está a mudança na secreção de hormônios gastrointestinais, como o *glucagon-like peptide 1* (GLP-1) e o peptídeo YY. A correlação entre o ETA, insulina e frequência cardíaca pode sugerir que a aceleração na secreção de insulina pós-prandial e a ativação do sistema nervoso simpático podem ter contribuído para o aumento do ETA. A inserção de mulheres magras no estudo mostrou que o aumento no ETA depois do BGYR não é somente decorrente da perda de peso, mas também de procedimentos inerentes à cirurgia (WILMS et al., 2013).

Outro estudo também recente mostrou um aumento no gasto energético basal e na termogênese pós-prandial (utilizando a calorimetria indireta) em animais que passaram pelo BGYR e que a combinação entre a anatomia alterada e os alimentos (e não somente a alteração da anatomia) é responsável por parte desse aumento no gasto energético. Ou seja, a termogênese pós-prandial é aumentada, o que sugere que há um aumento no gasto de energia nos processos que envolvem a alimentação e absorção dos nutrientes após a realização do BGYR. Futuros estudos podem mostrar quais são os mecanismos e vias envolvidas nesse aumento do gasto energético e com o seu entendimento pode-se desenvolver novos tratamentos menos invasivos para a obesidade e suas comorbidades associadas (NESTORIDI et al., 2012).

Faria et al (2012) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o Quociente Respiratório (QR), a Taxa Metabólica de Repouso (TMR) e a Termogênese Induzida pela Dieta (TID) entre indivíduos obesos graves, que faziam parte do grupo controle, e indivíduos que haviam sido submetidos ao BGYR há pelo menos 1 ano. Após a ingestão de uma refeição padrão, todos esses elementos tiveram um aumento significativo no grupo submetido ao BGYR em relação ao grupo controle. Hipóteses recentes sugerem que a cirurgia pode ter interferido para um resultado maior da TID de indivíduos que foram submetidos ao BGYR. Stylopoulos et al (2009) consideraram que o gasto energético é aumentado quando a anatomia do pequeno intestino é modificada para que o duodeno seja excluído do fluxo alimentar e/ ou acelerar a exposição do intestino aos nutrientes que não foram digeridos (como acontece no BGYR). Após o consumo de uma refeição, podem ocorrer alterações na comunicação entre o trato gastrointestinal (TGI) e o sistema nervoso central, sendo que essas modificações podem ter como causa as alterações que ocorreram no TGI, o que pode resultar em uma modificação da regulação central do balanço energético.

Além disso, alguns estudos também relacionaram a TID e o sistema nervoso simpático (DE JONGE; GARREL, 1997), sendo a obesidade associada a uma redução de elementos termogênicos. Os valores diminuídos da TID em indivíduos obesos podem ser explicados por uma redução na ativação do sistema nervoso simpático relacionada com a termoregulação (MATSUMOTO et al., 2001). Após a realização do BGYR, é observado um aumento na atividade do sistema nervoso simpático, o que pode explicar o aumento da TID em pacientes submetidos ao BGYR (MACHADO; VELASCO; SCALABRINI-NETO, 2009).

### **- Dietas ricas em proteínas para redução de peso**

A distribuição ideal de macronutrientes da dieta para ingestão em adultos tem como principais enfoques os carboidratos e os lipídios. Porém, nas discussões recentes, também se incluiu o papel da proteína (LAYMAN et al., 2003). Dietas ricas em proteínas têm sido utilizadas recentemente como estratégia para o alcance da perda de peso (PESTA; SAMUEL, 2014). Devido a esse aumento, o assunto sobre a segurança dos indivíduos que habitualmente passaram a consumir grandes quantidades de proteína

(acima da dose diária recomendada- RDA) na dieta passou a ser questionada (MARTIN; ARMSTRONG; RODRIGUEZ, 2005).

As orientações para uma distribuição aceitável de proteína na dieta é de 10 a 35% do valor energético total, com uma ingestão diária recomendada (RDA) de 46g/d para mulheres e 56g/d para homens, ou ainda 0,8g/kg de peso corporal. Acima de 15 a 16% do valor energético total ou de 0,8g/kg de peso corpóreo, a dieta é considerada com alto teor de proteína (TRUMBO et al., 2002).

Dietas com baixa ingestão de carboidratos (e ricas em proteínas) têm sido sugeridas para o controle do peso corporal. Uma dessas dietas populares é a chamada dieta *Atkins*, na qual há uma restrição severa de carboidrato de 20g/dia ou menos durante as duas primeiras semanas, sendo liberado posteriormente alguns outros carboidratos. Não há restrições calóricas ou ajustes no conteúdo de proteínas ou lipídios (REDDY et al., 2002). Porém, dietas com altas quantidades de proteínas e com uma quantidade considerada normal de carboidratos (50% de carboidrato, 20% de lipídio e 30% de proteínas) têm sido consideradas eficientes para melhorar os parâmetros metabólicos, sendo a perda ponderal e o seu controle dependente de uma ingestão proteica alta e não necessariamente de uma ingestão baixa de carboidratos (SOENEN et al., 2012).

Porém, não há um consenso a respeito dos efeitos que esses tipos de dietas podem causar no organismo. Um estudo mais antigo mostrou que a ingestão de uma dieta com alto teor proteico afetava adversamente a retenção de cálcio dos indivíduos (de -14mg/dia da dieta com baixa ingestão proteica para -121 mg/dia da dieta hiperproteica). A fração de reabsorção tubular de cálcio foi 0,9% menor nos indivíduos que consumiram a dieta com alto teor proteico (HEGSTED, M.; LINKSWILER, 1981). Um estudo mais recente realizado por Reddy et al (2002) com indivíduos submetidos a uma dieta restrita em carboidratos (*Atkins*) durante seis semanas mostrou uma redução significativa do pH urinário e dos valores de citrato nas dietas com baixa quantidade de carboidrato. Além disso, houve um aumento significativo na excreção de cálcio urinário durante a dieta restrita em carboidrato, se comparada com a dieta usual, sendo que o consumo de cálcio dietético não foi alterado. Os resultados mostram uma carga exagerada de ácido, que pode levar a um aumento no risco de pedra nos rins, redução no balanço de cálcio estimado (como mostra a figura 2), levando a um aumento potencial do risco de perda óssea. Um outro estudo mostrou que o balanço de cálcio não foi afetado (JOHNSTON; TJONN; SWAN, 2004).

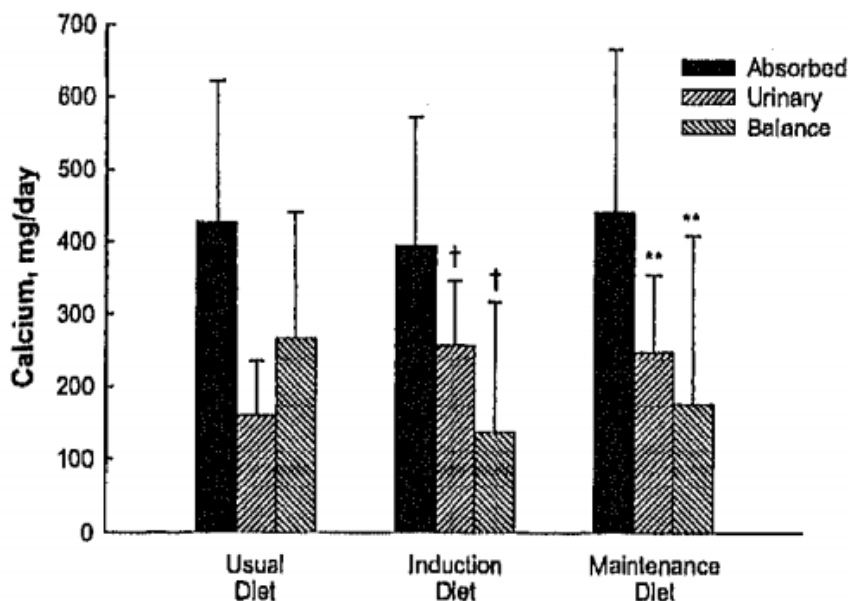


Figura 2: Balanço de cálcio estimado: o total de cálcio absorvido estimado foi calculado como o cálcio dietético consumido multiplicado pela fração intestinal de cálcio absorvido. A perda de cálcio urinário foi subtraída da absorção de cálcio estimada para estimar o balanço de cálcio (REDDY et al., 2002).

A ingestão de proteína através da dieta pode modular a função dos rins e sua atribuição na doença renal levou a um debate na literatura (KING; LEVEY, 1993). Uma das controvérsias é a preocupação de que a ingestão habitual de proteína dietética em quantidades que ultrapassam as recomendações promove doença renal crônica através de um aumento da pressão glomerular e hiperfiltração (METGES; BARTH, 2000). Porém, uma outra questão que se levanta é se a pesquisa em indivíduos saudáveis também apoia esta ideia (MARTIN; ARMSTRONG; RODRIGUEZ, 2005).

Um estudo realizado por Johnson et al (2003) mostrou que a ingestão de proteínas pode ser um fator de risco para que haja a perda progressiva da função renal remanescente em pacientes dialíticos. A restrição de proteínas na dieta é uma prática realizada como forma de tratamento para pacientes que possuem doença renal (MELONI, et al., 2004). Porém, essas recomendações não devem ser indicadas para indivíduos que possuem função renal normal, tampouco serem utilizadas como uma estratégia para a prevenção do desenvolvimento de doença renal crônica (MARTIN; ARMSTRONG; RODRIGUEZ, 2005).

No Estudo de Saúde das Enfermeiras, a ingestão de proteína, que foi avaliada com a utilização de um questionário de frequência alimentar semi-quantitativo, foi comparada com a mudança na taxa de filtração glomerular estimada durante um período de 11 anos em indivíduos que possuíam doença renal pré-existente. Os resultados mostraram uma associação entre o aumento do consumo de proteínas de origem animal e um declínio da função renal, o que sugere que um alto consumo de proteína total pode acelerar a doença renal, que leva a uma perda progressiva da capacidade renal. Contudo, os resultados encontrados em uma coorte diferente composta por 1135 mulheres que possuíam função renal normal não mostraram associação entre a ingestão de proteínas e mudança na TFG, o que levou aos autores a concluir alta ingestão de proteína não gerou efeitos adversos sobre a função renal dessas mulheres saudáveis com função renal dentro da normalidade (KNIGHT et al., 2003).

Os resultados científicos que associam a hipertrofia ou hiperfiltração renal com a ingestão proteica, levando ao início ou a progressão da doença renal em indivíduos saudáveis ainda não estão elucidados. Uma possibilidade que se levanta é que as alterações induzidas pela proteína na função renal seja parte de uma adaptação fisiológica normal para a carga de nitrogênio e para as exigências aumentadas de depuração renal, como é observado na função e estrutura dos rins durante a gravidez (CONRAD et al., 2005). A taxa de filtração glomerular aumenta em até 65% em mulheres saudáveis durante a gravidez, geralmente voltando a níveis não gravídicos em cerca de três meses após o parto. Apesar destas alterações que ocorrem na função renal, a gravidez não é considerada um fator de risco para o desenvolvimento de doença renal crônica (CONRAD, 2004).

Além disso, a hipertrofia e a melhoria na função renal no rim remanescente após uma nefrectomia unilateral também sugerem a ocorrência de uma adaptação e de uma possível resposta benéfica. Os resultados de estudos mostram que, apesar da hiperfiltração prolongada, a função do rim remanescente continuou normal e não houve uma deterioração a longo prazo em pacientes que foram submetidos a nefrectomia. Assim, a hiperfiltração compensatória parece ser uma adaptação biológica para os possíveis desafios renais, o que não implica em um aumento no risco de doença renal crônica em indivíduos saudáveis (HIGASHIHARA et al., 1990).

Um estudo feito com o objetivo de comparar os efeitos de dietas de alto e baixo teor de proteínas na função renal em indivíduos com excesso de peso (mas de outra forma saudáveis) durante seis meses sugeriu que dietas ricas em proteínas não mostraram

resultados adversos em relação à função renal. No grupo com alta ingestão proteica, o tamanho do rim e a taxa de filtração glomerular aumentaram de forma significativa em relação à medida de base. Os resultados não mostraram alterações na excreção de albumina em ambos os grupos e os autores concluíram que, apesar das alterações agudas na função e no tamanho dos rins, a alta ingestão proteica não levou a efeitos deletérios sobre a função renal em indivíduos saudáveis (SKOV, AR et al., 1999). Outro estudo foi realizado por Boden et al. (2005) com 10 indivíduos que ingeriram as suas dietas usuais durante 7 dias, seguida da adesão de uma dieta rica em proteínas durante 14 dias. Os resultados não mostraram alterações significativas nos valores de creatinina sérica e urinária e na excreção de albumina, o que sugere que a dieta rica em proteína não levou a efeitos adversos sobre a função renal.

A questão de saber se a ingestão de dietas ricas em proteínas produz algum efeito adverso ainda não está bem elucidada. A literatura carece de estudos que demonstrem uma ligação entre o consumo de proteína e o início ou progressão da doença renal em indivíduos saudáveis. São necessários estudo de longo prazo para esclarecer as poucas evidências existentes atualmente (MARTIN; ARMSTRONG; RODRIGUEZ, 2005). Porém, com alguns resultados já disponíveis, sugere-se um maior cuidado com populações de risco, como indivíduos diabéticos ou que possuam doença renal (EISENSTEIN et al., 2002).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÃO**

Os resultados encontrados na literatura sobre a termogênese induzida pela dieta ainda não são bem elucidados, pois os estudos possuem muita variabilidade em seus protocolos, como a duração das mensurações, tipo e composição de macronutrientes, o que dificulta a comparação de seus achados.

Diversas pesquisas mostram que a proteína é o macronutriente que leva a uma maior termogênese induzida pela dieta. A escolha de determinados tipos macronutrientes na alimentação pode auxiliar em um maior gasto calórico, contribuindo para uma possível perda de peso. Como ainda não é bem definido se a utilização de dietas hiperproteicas podem levar a efeitos adversos, como, por exemplo, um aumento na excreção de cálcio urinário, a utilização dessas dietas deve ser feita com cautela, principalmente em indivíduos que já possuam algum fator de risco.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHESON, Kevin J et al. Protein choices targeting thermogenesis and metabolism. **Am J Clin Nutr** 2011;93:525–34.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION: Standards of medical care in diabetes- 2009. **Diabetes Care** 2009, 32:13-61.

BELKO A.Z.; BARBIERI T.F. Effect of meal size and frequency on the thermic effect of food. *Nutr Res* 1987;7:237-42.

BELKO, A.Z.; BARBIERI, T.F.; WONG, E.C. Effect of energy and protein intake and exercise intensity on the thermic effect of food. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 43: JUNE 1986, pp 863-869.

BESSARD, T.; SCHUTZ, Y.; JÉQUIER, E. Energy expenditure and postprandial thermogenesis in obese women before and after weight loss. **The American Journal of Clinical Nutrition** 38: NOVEMBER 1983, pp 680-693.

BIANCO, Antonio C. Hormônios Tireóideos, UCPs e Termogênese. **Arq Bras Endocrinol Metab** vol.44 no.4 São Paulo Aug. 2000.

BLUNDELL, J.E. et al. Control of human appetite: implications for the intake of dietary fat. **Annu Rev Nutr** 1996; 16: 285-319.

BODEN G et al. Effect of a Low-Carbohydrate Diet on Appetite, Blood Glucose Levels, and Insulin Resistance in Obese Patients with Type 2 Diabetes. **Ann Intern Med** 2005, 142(6):403-411.

BOIRIE, Y. et al. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 1997.

BRENNAN, Ixchel M. et al. Effects of fat, protein, and carbohydrate and protein load on appetite, plasma cholecystokinin, peptide YY, and ghrelin, and energy intake in lean and obese men. **Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol** 303: G129–G140, 2012.

CONRAD, KP. Mechanisms of renal vasodilation and hyperfiltration during pregnancy. **J Soc Gynecol Investig** 2004, 11(7):438-448.

CONRAD, KP et al. Mechanisms of renal vasodilation and hyperfiltration during pregnancy: current perspectives and potential implications for preeclampsia. **Endothelium** 2005, 12(1-2):57-62.

CROVETTI, R. et al. The influence of thermic effect of food on satiety. **European Journal of Clinical Nutrition** (1997) 52, 482±488.

DAUNCEY, M. J.; BINGHAM, S. A. Dependence of 24 h energy expenditure in man on the composition of the nutrient intake. **British Journal of Nutrition** (1983), 50, 1-13.

ESTEVES, Elizabethe Adriana; ÁVILA, Marcus Vinícius Pimenta; ALMEIDA, Felipe Zille. Ingestão calórica e relações entre ingestão proteica e variáveis de adiposidade em mulheres adultas. **Alim. Nutr.**, Araraquara v. 21, n. 4, p. 587-593, out./dez. 2010.

DE JONGE, L.; GARREL D.R. Role of the autonomic nervous system in the thermogenic response to food in lean individuals. **Am J Physiol.** 1997 May;272(5 Pt 1):E775-80.

EISENSTEIN, Julie et al. High-protein Weight-loss Diets: Are They Safe and Do They Work? A Review of the Experimental and Epidemiologic Data. **Nutrition Reviews**, Vol. 60, No. 7. July, 2002.

FARIA, S. L. et al. Diet-induced thermogenesis and respiratory quotient after Roux-en-Y gastric bypass. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, 2012.

FARIA, S. L. et al. Metabolic Profile of Clinically Severe Obese Patients. **OBES SURG.** DOI 10.1007/s11695-012-0651-y. April, 2012.

FARIA, S. L.; KELLY, E.; FARIA, O. P. Energy Expenditure and Weight Regain in Patients Submitted to Roux-en-Y Gastric Bypass. **OBES SURG.** (2009) 19:856–859.

FUJIOKA K. Management of obesity as a chronic disease: nonpharmacologic, pharmacologic, and surgical options. **Obes Res.** 2002; 10(Suppl 2):116-23.

GALGANI, J; RAVUSSIN, E. Energy metabolismo, fuel selection and body weight regulation. **International Journal of Obesity** (2008) 32, S109- S119.

GARROW JS, SUMMERBELL CD. Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. **Eur J Clin Nutr.** 1995; 49(1):1-10.

HAMADA, Yuka; KASHIMA, Hideaki; HAYASHI, Naoyuki. The Number of Chews and Meal Duration Affect Diet- Induced Thermogenesis and Splanchnic Circulation. **Obesity.** Volume 22. Number 5. May 2014.

HEGSTED, M.; LINKSWILER, H. M. Long-Term Effects of Level of Protein Intake on Calcium Metabolism in Young Adult Women. **J. Nutr.** 111(2): 244-251; Feb, 1981.

HEINZ, H. J. **The Heinz Handbook of Nutrition.** Blakiston Division. Segunda edição, 1965.

HERMSDORFF, H. H. M. et al. Termogênese induzida pela dieta: uma revisão sobre seu papel no balanço energético e no controle de peso. **Rev Bras Nutr Clin** 2003; 18(1):37-41.

HERMSDORFF, H. H. M.; VOLP, A. C. P.; BRESSAN, J. O perfil de macronutrientes influencia a termogênese induzida pela dieta e a ingestão calórica. **ALAN.** V.57 n.1 Caracas mar. 2007.

HIGASHIHARA, E et al. Long-term consequence of nephrectomy. **J Urol** 1990, 143(2):239-243.

JOHNSTON, C. S.; TJONN, S. L.; SWAN, P. D. High-Protein, Low-Fat Diets are Effective for Weight Loss and Favorably Alter Biomarkers in Healthy Adults. **J. Nutr.** 134: 586–591, 2004.

JOHNSON DW et al. Predictors of decline of residual renal function new peritoneal dialysis patients. **Perit Dial Int** 2003, 23(3):276-283.

KINABO, J. L.; DURNIN, J. V. G. A. Thermic effect of food in man: effect of meal composition, and energy content. **British Journal of Nutrition** (1990). 64. 3144.

KING, AJ; LEVEY, AS. Dietary protein and renal function. **J Am Soc Nephrol** 1993, 3(11):1723-1737.

KLOSTER, Roberta; LIBERALI, Rafaela. Emagrecimento: Composição da Dieta e Exercício Físico. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo v. 2, n. 11, p. 288-306, Setembro/Outubro, 2008.

KNIGHT, EL et al. The Impact of Protein Intake on Renal Function Decline in Women with Normal Renal Function or Mild Renal Insufficiency. **Ann Intern Med** 2003, 138(6):460-467.

LAYMAN, DK et al. A Reduced Ratio of Dietary Carbohydrate to Protein Improves Body Composition and Blood Lipid Profiles during Weight Loss in Adult Women. **J Nutr** 2003, 133(2):411-417.

MACHADO, Marcos Borges; VELASCO, Irineu T.; SCALABRINI-NETO, Augusto. Gastric Bypass and Cardiac Autonomic Activity: Influence of Gender and Age. **Obesity Surgery**. March 2009, Volume 19, Issue 3, pp 332-338

MARTIN, WF; ARMSTRONG, LE; RODRIGUEZ, NR. Dietary protein intake and renal function. **Nutrition & Metabolism** 2005, 2:25.

MATSUMOTO, T. et al. Comparison of Thermogenic Sympathetic Response to Food Intake Between Obese and Non-Obese Young Women. **Obes Res.** 2001 Feb;9(2):78-85.

MELONI, C et al. Adequate protein dietary restriction in diabetic and nondiabetic patients with chronic renal failure. *J Ren Nutr* 2004, 14(4):208-213.

METGES, CC; BARTH, CA. Metabolic consequences of a high dietary-protein intake in adulthood: assessment of the available evidence. **J Nutr** 2000, 130(4):886-889.

MITCHELL, H. S. et al. **Nutrición y Dieta.** Nueva Editorial Interamericana. 16ª edição, 1978.

MOURÃO, Denise Machado et al. Alimentos modificados e suas implicações no metabolismo energético. **Rev. Nutr.**, Campinas, 18(1):19-28, jan./fev., 2005.

NACHT C.A. et al. Continuous versus single bolus enteral nutrition: comparison of energy metabolism in humans. **Am J Physiol** 1986;251:E524-9.

NELSON, K. M. et al. Effect of weight reduction on resting energy expenditure, substrate utilization, and the thermic effect of food in moderately obese women. **Am J Clin Nutr** 1992;55:924-33.

NESTORIDI, E. et al. Resting Energy Expenditure and Energetic Cost of Feeding are Augmented after Roux- en- Y Gastric Bypass in Obese Mice. **Endocrinology**, May 2012, 153(5):2234-2244.

PEDROSA, Rogerio Graça; DONATO JUNIOR, Jose; TIRAPEGUI, Julio. Dieta rica em proteína na redução do peso corporal. **Rev. Nutr.**, Campinas, 22(1):105-111, jan./fev., 2009.

PESTA, D. H; SAMUEL, V. T. A high-protein diet for reducing body fat: mechanisms and possible caveats. **Nutrition & Metabolism** 2014, 11:53.

PINHEIRO, Anelise Rízzolo de Oliveira; FREITAS, Sérgio Fernando Torres de; CORSO, Arlete Catarina Tittoni. Uma Abordagem Epidemiológica da Obesidade. **Rev. Nutr.** vol.17 no.4 Campinas Oct./Dec. 2004.

PINHEIRO, Denise Maria; PORTO, Rejane de Andrade, MENEZES, Maria Emília da Silva. **A química dos alimentos: carboidratos, lipídios, proteínas e minerais.** Maceió: EDUFAL, 2005.

RAVN, Anne-Marie et al. Thermic effect of a meal and appetite in adults: an individual participant data meta-analysis of meal-test trials. **Food & Nutrition Research** 2013. 57: 19676.

REDDY, S.T. et al. Effect of Low- Carbohydrate High-Protein Diets on Acid- Base Balance, Stone- Forming Propensity, and Calcium Metabolism. **American Journal of Kidney Diseases**, Vol 40, Nº 2 (August), 2002: pp 265-274.

REED, G. W.; HILL, J. O. Measuring the thermic effect of food. **Am J Clin Nutr.** 1996;63:164-9.

ROBINSON, C. H. **Fundamentals of Normal Nutrition.** The Macmillan Company, 1968.

ROBINSON, S. M. et al. Protein turnover and thermogenesis in response to high-protein and high-carbohydrate feeding in men. **Am J Clin Nutr.** 1990; 52(1):72-80.

RODRIGUES, Ana Paula dos Santos; SILVEIRA, Erika Aparecida da. Correlação e associação de renda e escolaridade com condições de saúde e nutrição em obesos graves. **Ciênc. saúde coletiva** vol.20 n.1 Rio de Janeiro Jan. 2015.

RUBINO, F.; SCHAUER, P.R.; KAPLAN, L.M.; CUMMINGS, D.E. Metabolic surgery to treat type 2 diabetes: clinical outcomes and mechanisms of action. **Annu Rev Med** 2010, 61:393-411.

RUDDICK-COLLINS, L. C. et al. Methodological considerations for meal-induced thermogenesis: measurement duration and reproducibility. **British Journal of Nutrition** (2013), 110, 1978-1986.

SALA, P. C. et al. Relationship between gut hormones and glucose homeostasis after bariatric surgery. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, 2014, 6:87.

SCHUTZ, Y. Macronutrient and energy balance in obesity. **Metabolism**, 1995;44 (9Suppl3):7-11.

SKOV, AR et al. Changes in renal function during weight loss induced by high vs low-protein low-fat diets in overweight subjects. **Int J Obes Relat Metab Disord** 1999, 23(11):1170-1177.

SOENEN, Stijn et al. Relatively high-protein or 'low-carb' energy-restricted diets for body weight loss and body weight maintenance? **Physiology & Behavior**. Volume 107, Issue 3, 10 October 2012, Pages 374–380.

STROMINGER, J.L.; BROBECK, J. R. A Mechanism of Regulation of Food Intake. **Yale Journal of Biology and Medicine** 1953; 25: 383-90.

STYLOPOULOS, Nicholas; HOPPIN, Alison G.; KAPLAN, Lee M. Roux-en-Y Gastric Bypass Enhances Energy Expenditure and Extends Lifespan in Diet- induced Obese Rats. **Obesity**. Volume 17, number 10, October, 2009.

TAI, M. M.; CASTILLO, P.; PI-SUNYER, F. X. Meal size and frequency: effect on the thermic effect of food. **Am J Clin Nutr** 1991;54:783-7.

TAPPY, L. Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans. **Reprod Nutr Dev** 1996; 36:391-7.

TRUMBO, P. et al. Food, Nutrition Board of the Institute of Medicine TNA: Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. **J Am Diet Assoc** 2002, 102:1621–1630.

UETA, Cintia Bagne. Papel dos receptores adrenérgicos  $\beta_1$  e  $\beta_2$  na termogênese facultativa. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.** São Paulo, 2009.

VELDHORST, M. et al. Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins. **Physiol Behav** 2008; 94: 300-7.

VELLOSO, Lício A. O controle hipotalâmico da fome e da termogênese- implicações no desenvolvimento da obesidade. **Arq Bras Endocrinol Metab** vol.50 no.2 São Paulo Apr. 2006.

WEINSIER, Roland L. et al. Metabolic Predictors of Obesity: Contribution of Resting Energy Expenditure, Thermic Effect of Food, and Fuel Utilization to Four-year Weight Gain of Post-obese and Never-obese Women. **The Journal of Clinical Investigation**, Inc. Volume 95, March 1995, 980-985.

WESTERTERP-PLANTENGA, M. S et al. Dietary protein, metabolism, and body-weight regulation: dose–response effects. **International Journal of Obesity** (2006) 30, S16–S23.

WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. et al. Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein=carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber. **European Journal of Clinical Nutrition** (1999) 53, 495- 502.

WILMS, B. et al. Enhanced Thermic Effect of Food After Roux-em-Y Gastric Bypass Surgery. **J Clin Endocrinol Metab**, September 2013, 98(9):3776-3784.



WILSON, J.B; PORIES, W.J. Durable remission of diabetes after bariatric surgery: what is the underlying pathway? **Insulin** 2010,5:46-55.