

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EPIDEMIOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Estimação da Ingestão Energética utilizando Modelos da Teoria de
Resposta ao Item**

LUCIANO SANTOS PINTO GUIMARÃES

Orientadora: Prof.^a Dr.^a SUZI ALVES CAMEY

Porto Alegre, maio de 2012.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EPIDEMIOLOGIA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Estimação da Ingestão Energética utilizando Modelos da Teoria de
Resposta ao Item**

LUCIANO SANTOS PINTO GUIMARÃES

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suzi Alves Camey

A apresentação desta dissertação é exigência do Programa de Pós-graduação em Epidemiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Porto Alegre, Brasil.
2012

CIP - Catalogação na Publicação

Guimarães, Luciano Santos Pinto
Estimação da Ingestão Energética utilizando
Modelos da Teoria de Resposta ao Item / Luciano
Santos Pinto Guimarães. -- 2012.
103 f.

Orientadora: Suzi Alves Camey.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa
de Pós-Graduação em Epidemiologia, Porto Alegre, BR-
RS, 2012.

1. Teoria de Resposta ao Item. 2. Modelo de
Crédito Parcial Generalizado. 3. Ingestão
Energética. I. Camey, Suzi Alves, orient. II. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Stela Maris de Jesus Castro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática - Departamento de Estatística.

Prof.^a Dr.^a Ruth Liane Henn, Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Prof.^a Dr.^a Vivian Cristine Luft, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação Em Epidemiologia.

DEDICATÓRIA ou MENSAGEM

...cada um de nós carrega dentro do coração uma chama, um farol para nos guiar através da escuridão. Se pudermos fazer esta luz brilhar sobre outra pessoa,... encontramos a finalidade de viver.

Frank Marschall

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

Ao Pai Celestial, por colocar em meu caminho pessoas incríveis.

Aos meus pais Cláudio de Azevedo Pinto Guimarães e Lúcia Helena Santos Pinto Guimarães, aos meus irmãos Claudio e Fernando S. P. Guimarães e familiares. Em especial minha esposa Juliana Dal-Ri Lindenau.

Aos grandes amigos P. Roepke Neto, E. Perez, E. Fraga, R.C. Ferreira, R.A. Cristovam, F.G. Araújo, aos DeMolay's do Capítulo GDT - 451 e em especial ao grande F.S. Land.

Aos professores da Estatística/UFRGS e Epidemiologia/UFRGS pelos ensinamentos. Em especial, agradeço as professoras L.N. Nunes, J.M.G. Fachel e S.A. Camey pela constante orientação no curso e no meu crescimento pessoal.

Também aos professores F.A. Ziegelmann, P.K. Ziegelmann, J. Riboldi, V.L. Torman e A. Vigo simplesmente por serem ótimos professores.

As professoras que fizeram parte da banca desse trabalho Stela Maris de Jezus Castro, Ruth Liane Henn e Vivian Cristine Luft por todas as contribuições.

Aos estatísticos do GPPG/HCPA, V.N. Hirakata e R. Coster, aos colegas da Estatística pelo companheirismo, em especial à F.R. Vargas, M. Becker, D.D. Leon, que convivi a maior parte do tempo, e todos os amigos da turma de mestrado de Epidemiologia do ano de 2010.

Conteúdo

ABREVIATURAS E SIGLAS.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT.....	11
1. APRESENTAÇÃO	13
2. INTRODUÇÃO	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
Questionário de Frequência Alimentar	15
Recordatório 24 horas	16
Teoria de Resposta ao Item	16
I. Modelos unidimensionais para itens dicotômicos.....	18
II. Modelos unidimensionais para itens politômicos	21
OBJETIVOS	27
Objetivo Geral	27
Objetivos Específicos.....	27
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
5. ARTIGO.....	32
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
7. ANEXOS.....	62
Anexo (a): Projeto de Pesquisa	63
Anexo (b): Declaração para uso do banco de dados.....	71
Anexo (c):Questionário de Frequência Alimentar	72
Anexo (d):Recordatório de 24 Horas	84
Anexo (e): Trabalho de conclusão do Curso de Bacharelado em Estatística	85

ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Amplitude dos limites de concordância

CCI - correlação intraclasse

CCR – Curva Característica de Resposta

IR24h – Inquérito Recordatório 24 horas

$\overline{IE_{R24h}}$ – média de três inquéritos recordatórios de 24 horas

$\overline{IE_{TRI}}$ - estimação da ingestão energética pela Teoria de Resposta ao Item

IMC – índice de massa corporal

kcal – medida da ingestão energética em quilocaloria

LIC – limite inferior de concordância

LSC – limite superior de concordância

MCP – Modelo de Crédito Parcial

MCPG – Modelo de Crédito Parcial Generalizado

MCPG1 – Modelo de Crédito Parcial Generalizado com parâmetro de discriminação igual a 1

ML1 – modelo logístico de um parâmetro

ML2 – modelo logístico de dois parâmetros

ML3 – modelo logístico de três parâmetros

MRP – Modelo de Resposta Parcial

QFA – Questionário de Frequência Alimentar

r_d – Correlação de atenuada

r_s – Correlação de Spearman

TRI – Teoria de Resposta ao Item

RESUMO

Introdução

Estimação de variáveis classificadas como traço latente vem sendo estudadas há muito tempo. Um exemplo desse tipo de variável é a ingestão energética, variável que é estudada nessa pesquisa. É sabido que as técnicas tradicionais de estimativas possuem diversas limitações, principalmente aquelas baseadas nos questionários de frequência alimentar (QFA). Os modelos da Teoria de Resposta ao Item (TRI) são usados, com muita propriedade, para estimar esse tipo de variável. O objetivo desse trabalho foi apresentar um dos modelos politômicos da TRI através da exemplificação em banco de dados. Além disso, foi estimada a ingestão energética dessa amostra e essas estimativas foram comparadas com a média de três inquéritos recordatórios de 24 horas ($\overline{IE_{R24h}}$).

Métodos

Os sujeitos responderam um QFA com 120 itens alimentares e três recordatórios alimentares de 24 horas, cuja $\overline{IE_{R24h}}$ foi usada como método de referência. Os itens foram correlacionados com a $\overline{IE_{R24h}}$ sendo selecionados somente os mais relevantes. Assim, reduziu-se o número de itens usados para estimar a ingestão energética. Para trabalhar com a TRI, depois de verificar alguns pontos de corte, os itens foram categorizados nas seguintes categorias: não consumir o item, consumir até ½ porção, consumir entre ½ e 1 porção e consumir mais que uma porção. O modelo de crédito parcial generalizado com discriminação igual a 1 (MCPG1), classificado como o melhor entre os modelos testados, foi usado para estimar a ingestão energética ($\overline{IE_{TRI}}$). Para comparar as estimativas feitas pela $\overline{IE_{R24h}}$ e a $\overline{IE_{TRI}}$ foram usadas correlações de Spearman, intraclasse e deatenuada e a análise gráfica de Bland-Altman.

Resultados

Foram selecionados 25 itens alimentares dos 120 usados no QFA. A função de informação, que é a soma das informações fornecidas pelos itens, foi de 71%. A correlação de Spearman, entre os valores $\overline{IE_{R24h}}$ e $\overline{IE_{TRI}}$, foi de 0,45, a correlação intraclasse foi de 0,37 e a correlação deatenuada foi de 0,76. O viés (a média da diferença entre os métodos) da análise gráfica encontrado foi de -2 kcal. A amplitude dos limites de concordância foi de 2427 kcal [LIC: -1216; LSC: 1211].

Discussão

A estimação da ingestão energética encontrada, utilizando o modelo de crédito parcial generalizado, obteve um desempenho bom, com resultados próximos quando comparado com os valores estimados pela IE_R24h. É importante salientar que o modelo da TRI estimou a ingestão energética com base em um número de itens bastante reduzido. Esse trabalho, utilizando modelagem politômica da TRI, é pioneiro propondo uma nova forma de estimar a ingestão energética. É importante esse e novos trabalhos com o QFA, pois este é uma ferramenta considerada simples (comparada, por exemplo, com a água duplamente marcada), que dispensa tempo e custos elevados para sua aplicação, embora tenha sua validade questionada por alguns pesquisadores.

ABSTRACT

Introduction

The estimation of variables classified as latent trait have been studied for a long time. An example of this kind of variable is the energy intake, which was studied in this research. The Item Response Theory (IRT) models are used to measure this kind of variable. The traditional techniques for measuring this variable have many shortcomings, especially for those based on food frequency questionnaires (FFQ). The aim of this research was to introduce a polytomous IRT model by exemplification in a database. Furthermore, the energy intake was estimated in this sample and that estimate was compared with the mean of three 24-hours dietary recalls ($\overline{IE_R24h}$).

Methods

The individuals answered a FFQ with 120 food items and three 24-hour dietary recalls. The $\overline{IE_R24h}$ was used as standard method. The items were correlated with the $\overline{IE_R24h}$ and only the most relevant items were used in the analysis. Thus, reducing the number of items used to estimate the energy intake. To work with the IRT, many cut point were tested and the items were categorized as: not eat, eat until ½ portion, eat between ½ portion and 1 portion and eat more than 1 portion. The generalized partial credit model with discrimination equal to 1 (GPCM1) was classified as the best model among those tested and it was used to estimate the energy intake ($\overline{IE_TRI}$). Correlations (Spearman, intra-class and de-attenuated) and Bland-Altman graphic analysis were used to compare the estimation of the $\overline{IE_R24h}$ and $\overline{IE_TRI}$ methods.

Results

Twenty-five items were selected among the 120 items used in the FFQ. The information function, which is the sum of the information provided by each item, had a value of 71%. The Spearman correlation among $\overline{IE_R24h}$ and $\overline{IE_TRI}$ was 0.45, the intra-class correlation was 0.37 and the de-attenuated correlation was 0.76. The graphic analysis bias (the mean difference between methods) was -2 kcal. The extent of the agreement limits was 2427 Kcal [LL: -1216; HL: 1211].

Discussion

The energy intake estimation found using the generalized partial credit model

had a good performance, with results similar to those estimated by the IE_R24h. An important point here is that the IRT estimated the energy intake based on a lesser number of items than the FFQ. This research, employing polytomous models of IRT to estimate the energy intake, is pioneering. This and further studies with FFQ are important, since it offers a simple tool to measure the energy intake when compared to other tools, such as the double-labeled water, for example. The FFQ is simpler because it is not money- nor time-consuming in its application, but some researchers still doubt its validity.

1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho consiste na dissertação de mestrado intitulada “Estimação da Ingestão Energética utilizando Modelos da Teoria de Resposta ao Item”, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O trabalho é apresentado em três partes, na ordem que segue:

1. Introdução, Revisão da Literatura e Objetivos
2. Artigo
3. Conclusões e Considerações Finais.

Documentos de apoio, incluindo o Projeto de Pesquisa, estão apresentados nos anexos.

2. INTRODUÇÃO

Com as mudanças no perfil epidemiológico e o aumento das doenças crônicas não transmissíveis cresceram investigações sobre a associação dessas doenças com a ingestão alimentar, a atividade física, o tabagismo, a ingestão de álcool [Anjos LA et al., 2009]. A avaliação de uma forma mais acurada e precisa nos instrumentos de coleta de informações dietéticas, especialmente no questionário de frequência alimentar (QFA) é uma preocupação nos estudos epidemiológicos [Beaton GH, 1994].

Diferente de outras variáveis, a ingestão energética não possui um instrumento que realize sua medição de forma direta. Essas variáveis que não são diretamente observáveis são chamadas de traços ou variáveis latentes. A estimação da ingestão energética pelo QFA, hoje, é realizada de forma que alguns autores sugerem seu abandono. Já estão sendo pesquisadas outras formas de estimações para a ingestão energética tentando eliminar ou reduzir substancialmente esses erros de estimação. A sugestão do uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI) é mais uma forma de representar a relação entre a variável latente (aqui representada pela ingestão energética) e itens de um questionário (neste caso o QFA) [Pasquali & Primi, 2003].

3. REVISÃO DE LITERATURA

Questionário de Frequência Alimentar

O Questionário de Frequência Alimentar (QFA) é considerado um dos principais métodos de avaliação dietética em estudos com grandes populações. Na Epidemiologia é utilizado para relacionar o consumo de alimentos ou nutrientes com desfechos de doenças específicas (Michels & Willett, 2009). Na literatura são encontrados três tipos de QFA: o qualitativo, semiquantitativo e o quantitativo. O primeiro dispõe somente da frequência dos alimentos; o semiquantitativo se baseia na frequência de uma única quantidade ingerida; já o quantitativo questiona a quantidade e a frequência dos alimentos ingeridos pelo sujeito pesquisado (Slater B et al., 2003).

O QFA foi desenvolvido com o objetivo de ser mais simples que os demais, possibilitando realizar várias entrevistas em um curto espaço de tempo, por vezes auto-administrado e econômico. Quando comparado a outros métodos, ele substitui a medição da ingestão alimentar de um ou de vários dias, já que o instrumento apresenta a informação global da ingestão de um período amplo de tempo (Fisberg, 2008).

Nem sempre a simplicidade do instrumento se traduz em rápida aplicação, principalmente quando são utilizados questionários que investigam muitos itens alimentares, como o utilizado por Carlsen et al. (2010) cuja lista continha 270 itens. Mesmo em questionários que não são muito extensos, existem as seguintes limitações neste método: falta de padronização da ferramenta (Brown D. 2006; Slater B. et al. 2007), dependência da memória e percepção, a baixa correlação entre o QFA e qualquer que seja o método de referência (Slater B. et al., 2007) e a superestimação da ingestão energética (Ribeiro et. al, 2006). Outra limitação, que não é exclusiva do QFA, é a dependência de tabelas

nutricionais para calcular a ingestão energética e o consumo dos nutrientes. Essas tabelas variam de acordo com o país e também com o tempo (Ribeiro P. et al., 2003).

Kristal et al. (2005) questionam a aceitação do QFA para estudos de dieta e risco de câncer. Eles mencionam que as associações encontradas com os métodos de referência (como a água duplamente marcada, biomarcadores dietéticos ou recordatório alimentar) são muitas vezes indetectáveis quando baseadas no QFA. Os mesmos autores apontam três razões para o abandono do QFA: ausência de validade de face, de validade de constructo e de validade preditiva (Kristal et al., 2006).

Recordatório 24 horas

Como o nome indica, consiste em definir e quantificar todos os alimentos e bebidas consumidos no período anterior à entrevista, que pode ser as 24 horas precedentes ou, mais comumente, o dia anterior (Thompson e Byers, 1994; Fisberg et al., 2008).

Em termos de vantagem, quando comparado a outros métodos, o R24h tem sua aplicação e seu tempo de recordação rápida. A maior limitação deste método é que um único dia de recordatório não representa a ingestão habitual de um indivíduo, e por isso ele é mais utilizado para descrever a média de ingestão dietética de grupos. Também são limitações a dependência da memória e da percepção das porções consumidas.

Teoria de Resposta ao Item

Os estudos da Teoria de Resposta ao Item (TRI) surgem na década de 1930 com o intuito de corrigir várias limitações encontradas na Teoria Clássica de Testes da área de psicologia (Justino, 2007; De Araujo, 2009). A TRI é uma teoria do traço latente, isto é, assume a existência de uma variável que não pode ser diretamente observável. Essa variável pode ser estimada a partir de modelos matemáticos que levam em consideração características dos itens e a probabilidade da resposta dos indivíduos a esses itens dado

seus respectivos graus do traço latente (conhecimento, habilidades, ingestão energética, etc.).

Nos anos 1950 a TRI ganhou força com o trabalho do norte-americano Frederic Lord. Junto com Novick, ele elaborou um livro em 1968 intitulado como *Statistical Theories of Mental Test Scores*, onde houve a inclusão de quatro capítulos sobre TRI escrito por A. Birnbaum. Em anos subsequentes, diversos pesquisadores, dentre eles F. Samejima (1969), R. Bock (1972), D. Thissen e E. Muraki (1990), desenvolveram modelos e métodos de estimação para seus parâmetros, incluindo programas computacionais (Embreston e Reise, 2000). Paralelamente ao trabalho de Lord, na Europa o dinamarquês George Rasch (1960) trabalhava desde os anos 1940 em modelos unidimensionais de um parâmetro, expresso também como modelo de ogiva normal. Mais tarde esse modelo foi descrito como um modelo logístico por Wright (1968).

A TRI associa um conjunto de modelos lineares generalizados e procedimentos estatísticos propondo uma forma de representar a relação entre a probabilidade de uma resposta a um item e o traço latente estudado. Estes modelos têm como uma de suas características especiais o fato de que os níveis estimados do traço latente medido incorporam as diferenças em discriminação e gravidade de cada item constante no instrumento de medida, isto é, os itens entram com diferentes pesos na estimativa do traço latente dos indivíduos avaliados (Castro, et al., 2008).

As suposições dos modelos da TRI são duas: a unidimensionalidade e independência local. A unidimensionalidade supõe que somente um traço latente seja medido pelo modelo. Existem modelos que incorporam mais de um traço latente que são chamados de multidimensionais (Andrade, 2000), mas que não serão abordados aqui. A independência local postula que, para um dado traço latente, as respostas atribuídas aos diferentes itens são independentes entre si.

Teoricamente, por estarem relacionadas, a unidimensionalidade implica na independência local e assim é suficiente verificar apenas uma das hipóteses. Existem evidências de que a suposição de unidimensionalidade pode ser relaxada, bastando que a mesma seja suficiente (Lai et al., 2006; Chan et al., 2004; Kim et al., 2002; Mchorney e Cahen, 2000), isto é, bastando que um fator seja preponderante para que os modelos possam ser utilizados.

Teoricamente pode existir uma infinidade de modelos da TRI. Porém, poucos destes são utilizados na prática. Conforme Andrade et al. (2000) os modelos existentes na literatura possuem três fatores fundamentais:

- (i) da natureza do item – dicotômico ou não dicotômico;
- (ii) do número de populações envolvidas – apenas uma ou mais de uma;
- (iii) da quantidade de traços latentes que está sendo medida – apenas um ou mais de um.

Na seção I serão apresentados os modelos acumulativos para itens dicotômicos e na seção II serão apresentados os modelos acumulativos para itens politômicos. Todos os modelos são unidimensionais no contexto de apenas uma população. A teoria da TRI mostrada foi retirada do livro de Andrade et al. (2000).

A estimação da ingestão energética pela TRI está sendo elaborada. Já encontramos iniciativas do uso de modelos para itens dicotômicos. Até o momento não há referências de trabalhos com modelagem politômica.

I. Modelos unidimensionais para itens dicotômicos

Dos modelos propostos pela TRI, três são os modelos mais utilizados. O modelo logístico de três parâmetros (ML3), também conhecido como modelo de Birnbaum (Lord & Novick, 1968) é dado por:

$$P(X_{ij} = 1|\theta_j) = c_i + (1 + c_i) \left(\frac{1}{1 + e^{-1,702 a_i (\theta_j - b_i)}} \right), \quad (1)$$

Onde, no contexto nutricional:

i é o índice que identifica os itens;

j é o índice que identifica os sujeitos;

$$X_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{quando o sujeito } j \text{ não consome o item } i \\ 1, & \text{quando o sujeito } j \text{ consome o item } i \end{cases}$$

θ_j é o nível do traço latente do sujeito j .

a_i é o parâmetro de discriminação do item alimentar i ;

b_i é o parâmetro de dificuldade de consumo do item alimentar i ;

c_i é a prevalência mínima de consumo do item i .

Pode-se dizer que $P(X_{ij} = 1|\theta_j)$ é a probabilidade do sujeito j consumir o item i dado que ele possui uma ingestão energética θ_j .

Os outros dois modelos podem ser obtidos a partir do modelo logístico de três parâmetros (ML3). Quando se assume $c_i = 0$ temos o modelo logístico unidimensional de dois parâmetros (ML2). Se, além disso, for feita a suposição que todos os itens têm $a_i = 1$, tem-se o chamado modelo logístico unidimensional de um parâmetro (ML1), também conhecido como Modelo de Rasch (Rasch, 1960).

Então, um questionário com 10 itens alimentares poderá ter um parâmetro de discriminação, se esse for uma constante, ou 10, se houver um parâmetro distinto para cada item. O mesmo raciocínio pode ser feito para o parâmetro de prevalência mínima de consumo, acrescentando ainda a opção da nulidade. Cada item alimentar terá um parâmetro de dificuldade. Com esses parâmetros estimados podem-se comparar os itens quanto à discriminação, dificuldade e a prevalência mínima de consumo e também

estimar a probabilidade da ingestão energética de cada participante da pesquisa considerando a resposta dada aos itens.

Nos modelos da TRI é possível expressar graficamente a relação de cada item alimentar com a estimativa da ingestão energética por meio da Curva Característica de Resposta (CCR). Nesse gráfico, o eixo horizontal é a ingestão energética padronizada (θ_j) do sujeito j (ingestão energética com média igual a zero e desvio-padrão igual a 1) e o eixo vertical é a probabilidade de um sujeito com ingestão energética θ_j consumir o item alimentar i . A Figura 1 pode ser interpretada do seguinte modo: um sujeito com ingestão energética média (zero) tem probabilidade 0,67 de responder que consome o item i .

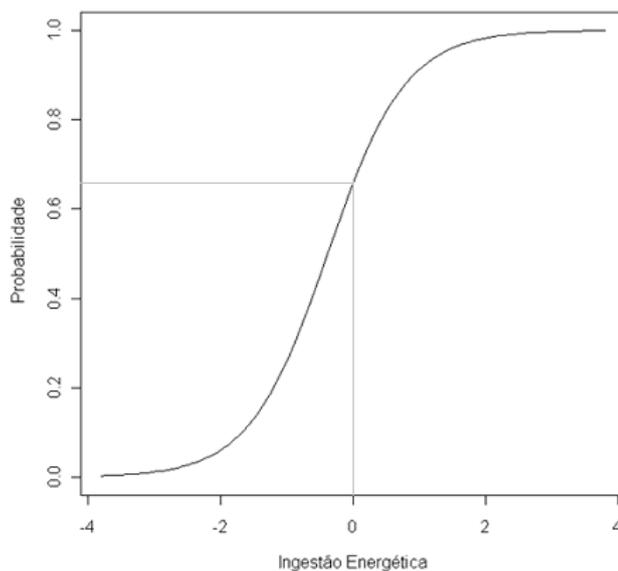


Figura 1 - Curva Característica de Resposta do item i

Um exemplo de estimação da ingestão energética, realizado com dados do QFA em gestantes, utilizando modelo dicotômico da TRI, pode ser encontrado na monografia de Guimarães, LSP e Camey, SA (2011). Esse artigo está anexado (Anexo (c)) nessa dissertação. Além de identificar os alimentos com alta probabilidade de serem consumidos os resultados foram comparados com a estimação feita pelo método tradicional, mostrando resultados semelhantes.

II. Modelos unidimensionais para itens politômicos

Os modelos para itens politômicos, por discriminar melhor as respostas de ingestão do item, podem obter uma maior informação dos parâmetros do item alimentar, quando comparado com a mais simples das respostas. O tipo de resposta determina a escolha do melhor modelo. Há modelos para análise de respostas abertas, para respostas nominais (aqueles que não exigem ordem entre as categorias) e ordinais (um exemplo são itens baseados na escala Likert). A título de curiosidade cita-se: modelo de resposta nominal (Bock, 1972), modelo de resposta gradual (Samejima, 1969, 1996), modelo de escala gradual (Andrich, 1978), modelo de crédito parcial (Masters, 1982) e o modelo de crédito parcial generalizado (Muraki, 1990, 1992). A seguir serão explicitados somente os modelos que envolvem itens com categorias ordinais. Nos modelos aqui descritos não há necessidade dos itens terem o mesmo número de categorias.

a) Modelo de Resposta Gradual (Graded-Response Model - MRG)

O MRG de Samejima (1969) assume que as categorias de resposta de um item são ordenadas entre si, ou seja, as categorias de um item i estão dispostas em ordem crescente e são denotadas por $k = 1, \dots, m_i$ onde m_i é o número de categorias do item i . A probabilidade de um indivíduo j consumir o item alimentar i de acordo com a categoria k , ou mais alta, dado que a sua ingestão energética é θ_j pode ser representada por uma extensão do modelo logístico de dois parâmetros dado por:

$$P_{i,k}^+(\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-1,702a_i(\theta_j - b_{i,k})}}, \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 1, 2, \dots, n \\ k = 1, \dots, m_i \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

i é o índice que identifica os itens alimentares;

j é o índice que identifica os sujeitos;

k é o índice que identifica a categoria de resposta do item alimentar i ;

I é o número do último item alimentar;

n é o número do último sujeito da amostra;

m_i é o número da última categoria do item alimentar i ;

a_i é o parâmetro de discriminação do item alimentar i ;

$b_{i,k}$ é o parâmetro de dificuldade da k -ésima categoria do item alimentar i .

Por definição, o modelo exige uma ordenação entre os níveis de dificuldade das categorias de um dado item, ou seja, deve-se ter:

$$b_{i,1} \leq b_{i,2} \leq \dots \leq b_{i,m_i}$$

A probabilidade do sujeito j consumir o item alimentar i de acordo com a categoria k , dado que a sua ingestão energética é θ_j , é dada pela expressão:

$$P_{i,k}(\theta_j) = P_{i,k}^+(\theta_j) - P_{i,k+1}^+(\theta_j) \quad (3)$$

Substituindo (2) em (3) temos:

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-1,702 a_i (\theta_j - b_{i,k})}} - \frac{1}{1 + e^{-1,702 a_i (\theta_j - b_{i,k+1})}} \quad (4)$$

Samejima também define que $P_{i,0}^+(\theta_j) = 1$ e $P_{i,m_i+1}^+(\theta_j) = 0$. O número de parâmetros a serem estimados varia de acordo com o número de itens e do número de categorias em cada item. Se, por exemplo, houver um teste com I itens, cada um com m_i categorias de resposta, então se tem $\sum_{i=1}^I m_i + I$ parâmetros de itens a serem estimados.

Pode-se ilustrar esse modelo com o mesmo exemplo anterior, utilizando um questionário com 10 itens alimentares, agora com quatro categorias de resposta para cada item (por exemplo: não consumir o item; consumir pouco o item; consumir uma porção normal do item; e consumir uma porção grande). O parâmetro de discriminação possui a mesma interpretação do modelo dicotômico. Como no exemplo há quatro

categorias de respostas, a dificuldade de consumo do item é calculada para as três intersecções. Na Figura 2 o item alimentar i possui uma discriminação igual a um, sendo que sujeitos com ingestão energética até -2,0 tem maior probabilidade de responder apenas a categoria de não consumir o item. Já sujeitos com ingestão energética entre -2,0 e 0,5 têm maior probabilidade de responderem também a categoria de consumir uma porção pequena. Para aqueles que ingerem de 0,5 até 2,0 a maior probabilidade é que os sujeitos respondam até uma porção normal do item. Para finalizar, sujeitos com ingestão energética acima de 2,0, devem alcançar a última categoria de ingerir uma porção grande.

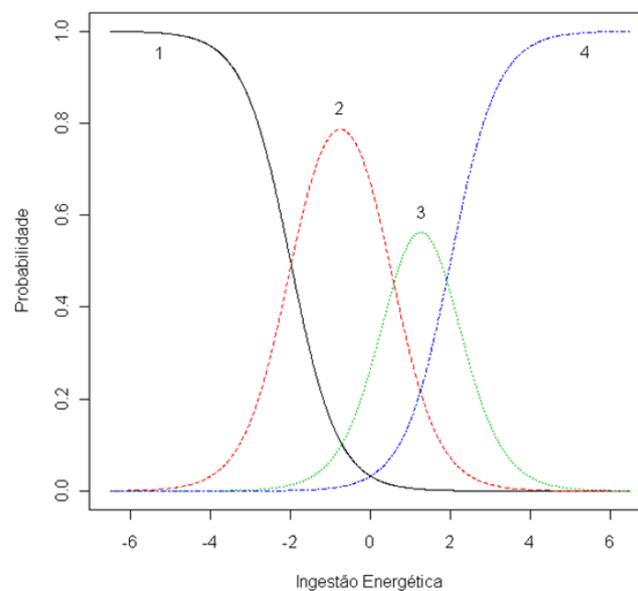


Figura 2 - CCR do modelo de resposta gradual

Um trabalho que apresenta o modelo de resposta gradual, na área de gestão de qualidade, são dos autores Alexandre, JWC et al (2002). Eles utilizam o modelo de escala gradual, um caso particular do MRG.

b) Modelo de Crédito Parcial (Partial Credit Model - MCP)

Desenvolvida por Masters em 1982, o modelo de Crédito Parcial pertence à família de modelos de Rasch, sendo uma extensão dos modelos para itens dicotômicos. Desse modo, se pressupõe que todos os itens alimentares assumem igual discriminação.

Supondo que o item i tem m_i categorias de respostas ordenáveis, a probabilidade de um sujeito com ingestão energética θ_j consumir o item alimentar i de acordo com a categoria k no modelo de crédito parcial é dado por:

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{e^{\sum_{u=0}^k (\theta_j - b_{i,u})}}{\sum_{u=0}^{m_i} e^{\sum_{v=0}^u (\theta_j - b_{i,v})}}, \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 1, 2, \dots, n \\ k = 1, \dots, m_i \end{cases} \quad (5)$$

Onde:

i é o índice que identifica os itens alimentares;

j é o índice que identifica os sujeitos;

k é o índice que identifica a categoria de resposta do item alimentar i ;

I é o número de último item alimentar;

n é o número do último sujeito da amostra;

m_i é o número da última categoria do item alimentar i ;

α_i é o parâmetro de discriminação do item alimentar i ;

$b_{i,0} \equiv 0$;

$b_{i,k}$ corresponde ao valor do ingestão energética no qual o sujeito tem a mesma probabilidade de consumir o item alimentar i de acordo com a categoria k e a categoria $(k - 1)$, isto é, $P_{i,k}(\theta_j) = P_{i,k-1}(\theta_j)$.

Assim, para itens com m_i categorias de resposta, será necessário estimar $m_i + 1$ parâmetros de itens.

c) Modelo de Crédito Parcial Generalizado (Generalized Partial Credit Model – MCPG)

Baseado no modelo de Masters o MCPG foi formulado por Muraki (1992) relaxando a hipótese de poder de discriminação uniforme para todos os itens alimentares. O modelo de crédito parcial generalizado é dado por:

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{e^{\sum_{u=0}^k a_i(\theta_j - b_{i,u})}}{\sum_{v=0}^{m_i} e^{\sum_{v=0}^v a_i(\theta_j - b_{i,v})}}, \begin{cases} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 1, 2, \dots, n \\ k = 1, \dots, m_i \end{cases} \quad (6)$$

Os parâmetros de interseção das categorias ($b_{i,k}$) nesse modelo são interpretados do mesmo modo que no MCP, isto é, como o ponto de intersecção de curvas de categorias de respostas adjacentes. Essas duas curvas, ou seja, essas duas funções, se interceptam somente uma vez, e a intersecção pode ocorrer em qualquer ponto da escala θ_j . Sob a hipótese de que $a_i > 0$,

- se $\theta_j = b_{i,k}$ então $P_{i,k}(\theta_j) = P_{i,k-1}(\theta_j)$
- se $\theta_j > b_{i,k}$ então $P_{i,k}(\theta_j) > P_{i,k-1}(\theta_j)$
- se $\theta_j < b_{i,k}$ então $P_{i,k}(\theta_j) < P_{i,k-1}(\theta_j)$

no modelo MCPG o parâmetro $b_{i,k}$ pode ser decomposto por dois componentes, como a seguir:

$$b_{i,k} = b_i - d_k,$$

onde, b_i é um parâmetro de locação do item e d_k é um parâmetro da categoria.

Assim, em questionários compostos por itens com m_i categorias de resposta, $(m_i + 1)$ parâmetros de categorias necessitam ser estimados, além dos parâmetros de

locação e de inclinação de cada item. Logo, se os questionários tiverem I itens, tem-se $[\sum_{i=1}^I m_i + 2I]$ parâmetros de itens a serem estimados.

Uma aplicação desse modelo com dados nutricionais pode ser encontrada no artigo desta dissertação. Para os dados do projeto PROCAD intitulado como “Construção e validação de um instrumento de avaliação da ingestão alimentar na população adulta” foi estimada a ingestão energética dos sujeitos a partir de um QFA com 120 itens.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Apresentar os modelos politômicos da TRI para estimar a ingestão energética de adultos por meio das respostas à um QFA.

Objetivos Específicos

- Testar diferentes tipos de modelos TRI politômicos;
- Testar diferentes categorizações para a ingestão de cada item alimentar;
- Comparar o desempenho da TRI com o método tradicional.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, JWC, Andrade, DF, Vasconcelos, AP, Araujo, AMS. Uma proposta de análise de um construto para a medição dos fatores críticos da gestão pela qualidade através da TRI. *Gestão & Produção*. 2001;9(2):129-41. Em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR21_0590.pdf.
- Anjos LA dos, Souza DR de, Rossato SL. Desafios na medição quantitativa da ingestão alimentar em estudos populacionais. *Rev. Nutr.* 2009;1;22:151-61.
- Andrade DF, Tavares HR, Valle RC. Teoria da Resposta ao Item: Conceito e Aplicações.
- Andrich, D. (1978). A rating formulation for ordered response categories. *Psychometrika*. 1978;43:561-73.
- Araujo EAC de, Andrade DF de, Bortolotti SLV. Teoria da Resposta ao Item. *Rev. esc. enferm. USP*. 2009;dez-43(spe).
- Beaton G. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1994; jan 1;59(1):253S-61S.
- Bock, RD. Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories. *Psychometrika*. 1972;37:29-51.
- Brown D. Do food frequency questionnaires have too many limitations? *J Am Diet Assoc*. 2006;out;106(10):1541-42.
- Castro SM de J, Trentini C, Riboldi J: Teoria da resposta ao item aplicada ao Inventário de Depressão Beck. *Rev. bras. epidemiol* 2010,13:487-501.
- Carlsen M, Lillegaard I, Karlsen A, Blomhoff R, Drevon C, Andersen L. Evaluation of energy and dietary intake estimates from a food frequency questionnaire using

- independent energy expenditure measurement and weighed food records. *Nutrition Journal*. 2010;9(1):37.
- Chan KS, Orlando M, Ghosh-Dastidar B, Duan N, Sherbourne CD. The interview mode effect on the Center for Epidemiological Studies Depression (CES-D) scale: an item response theory analysis. *Med Care*. 2004; mar 42(3):281-9.
- Embretson, SE, Reise, SP. *Item Response Theory for Psychologists*. Routledge; 2000.
- Fisberg RM, Colucci ACA, Morimoto JM, Marchioni DML. Questionário de frequência alimentar para adultos com base em estudo populacional. *Rev. Saúde Pública*. 2008; jun 42(3):550-4.
- Guimarães LSP, Camey SA. Aplicação Da Teoria De Resposta Ao Item No Questionário De Frequência Alimentar Para Estimação Do Consumo Calórico. Em <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/29125>
- Justino G, Andrade DF. Software para avaliação de aprendizagem utilizando a teoria da resposta ao item. *Anais do Workshop de Informática na Escola*. 2007.
- Kim Y, Pilkonis PA, Frank E, Thase ME, Reynolds CF. Differential functioning of the Beck depression inventory in late-life patients: use of item response theory. *Psychol Aging*. 2002;set 17(3):379-91.
- Kristal AR, Peters U, Potter JD. Is It Time to Abandon the Food Frequency Questionnaire? *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2005;dez 14(12):2826-8.
- Kristal AR, Potter JD. Not the time to abandon the food frequency questionnaire: counterpoint. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. 2006;out 15(10):1759-60.
- Lai J-S, Crane PK, Cella D. Factor analysis techniques for assessing sufficient unidimensionality of cancer related fatigue. *Qual Life Res*. 2006; set 15(7):1179-90.

- Lord FM, Novick MR. Statistical theories of mental test scores. Addison-Wesley Pub. Co. (Reading, Mass); 1968.
- McHorney CA, Cohen AS. Equating health status measures with item response theory: illustrations with functional status items. *Med Care*. 2000;set;38(9 Suppl):II43-59.
- Masters GN. A rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*. 1982; jun;47(2):149-74.
- Michels KB, Willett WC. Self-administered semiquantitative food frequency questionnaires: patterns, predictors, and interpretation of omitted items. *Epidemiology*. 2009; mar 20(2):295-301.
- Muraki E, Fitting a polytomous item response model to Likert-type data.: *Applied Psychological Measurement*. 1990; v.14: 159-79.
- Muraki E. A Generalized Partial Credit Model: Application of an EM Algorithm. *Applied Psychological Measurement*. 1992;jun 1;16(2):159 -76.
- Muraki, E., 1993 Information functions of the generalized partial credit model.: *Applied Psychological Measurement*. 1993;17:351-63.
- Pasquali L, Primi R. Basic Theory of Item Response Theory - IRT. *Avaliação Psicológica*. 2003;2(2):99-110.
- Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Chicago. 1960.
- Ribeiro AC, Sávio KEO, Rodrigues M de LCF, Costa THM da, Schmitz B de AS. Validação de um questionário de frequência de consumo alimentar para população adulta. *Rev. Nutr*. 2006;out 19(5):553-62.

- Ribeiro P, Morais TB de, Colugnati FAB, Sigulem DM. Tabelas de composição química de alimentos: análise comparativa com resultados laboratoriais. Rev. Saúde Pública. 2003;37:216-25.
- Samejima F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. Psychometrika Monograph. 17. 1969.
- Samejima F, The graded response model. In W. J. van der Linden & Hambleton, R.K. (Eds.), Handbook of modern item resonser theory: New York, Springer. 1996.
- Slater B, Philippi ST, Marchioni DML, Fisberg RM. Validação de Questionários de Frequência Alimentar - QFA: considerações metodológicas. Rev. bras. epidemiol. 2003;set 6(3) 200-8.
- Slater B, Marchioni DML, Voci SM. Use of linear regression for correction of dietary data. Revista de Saúde Pública. 2007;41:190-6.
- Thompson FE, Byers T. Dietary Assessment Resource Manual. The Journal of Nutrition. 1994; nov 1;124(11 Suppl):2245s -317s.
- Wright BD. Sample-free test calibration and person measurement. Paper presented at the national seminar on adult education research. Chicago. 1968.

5. ARTIGO

Estimação da Ingestão Energética utilizando Modelos da Teoria de Resposta ao Item

Estimation of caloric intake using models of Item Response Theory

Luciano Santos Pinto Guimarães, Mestrando em Epidemiologia pela UFRGS;

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)

A ser enviado ao Nutrition Journal

**Estimação da Ingestão Energética utilizando a Teoria de Resposta ao
Item**

Estimation of energy intake using models of Item Response Theory

Luciano Santos Pinto Guimarães, Mestrando em Epidemiologia pela UFRGS;

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)

A ser enviado ao Nutrition Journal

Resumo

A ingestão energética pode ser estimada por diferentes métodos. Sabe-se que as técnicas tradicionais possuem diversas limitações, principalmente aquelas baseadas nos questionários de frequência alimentar (QFA). A Teoria de Resposta ao Item (TRI), utilizada com muita propriedade na estimação de traços latentes em outras áreas, pode contribuir para a estimação da ingestão energética. O principal objetivo desse trabalho foi apresentar a TRI como uma possível ferramenta para estimar a ingestão energética usando QFA. O modelo de crédito parcial generalizado com discriminação igual a um (MCPG1) foi aplicado em uma amostra de 137 sujeitos provenientes da região metropolitana de Porto Alegre. Esses sujeitos responderam um QFA com 120 itens alimentares e três recordatórios de 24 horas ($\overline{IE_R24h}$ = média dessas três medidas). Os 25 itens alimentares cujos valores energéticos foram mais correlacionados com a $\overline{IE_R24h}$ foram utilizados no MCPG1. Para esta análise o consumo diário de cada item alimentar foi dividido em quatro categorias definidas como: aqueles que não consumiram o item; os que consumiram até ½ porção; os que consumiram de ½ a 1 porção e aqueles que consumiram mais de 1 porção. A ingestão energética estimada pela TRI ($\overline{IE_TRI}$) e pela $\overline{IE_R24h}$ foram comparadas pela análise gráfica de Bland-Altman, pela correlação de Spearman (r_s) e pela correlação deatenuada (r_d). Usando a $\overline{IE_R24h}$ como método de referência foi encontrado que a $\overline{IE_TRI}$ apresentou um viés de -2 Kcal; uma amplitude nos limites de concordância de 2427 Kcal [LIC = -1216 e LSC = 1211]; uma $r_s = 0,45$ e uma $r_d = 0,76$. A TRI através do MCPG1 se mostrou promissora para estimar a ingestão energética, sem a necessidade de uma grande quantidade de itens e sem depender das tabelas nutricionais.

Introdução

A Organização Mundial da Saúde reconhece que uma alimentação saudável, acompanhada da prática de atividade física, é uma estratégia na prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT)(1). Para avaliar a dieta habitual de um indivíduo em estudos epidemiológicos, são necessárias técnicas que meçam a dieta com instrumentos simples e baratos, mas de forma acurada e precisa(2).

A ingestão energética pode ser estimada por diferentes métodos. A escolha do método dependerá da população estudada e do objetivo almejado. Por exemplo, se na associação entre dieta e doenças crônicas não transmissíveis, a exposição de interesse é a ingestão energética a longo prazo, o método escolhido pode ser o questionário de frequência alimentar (QFA)(3)(4). Desde a década de 1960, o QFA tem sido considerado uma ferramenta simples, econômica e capaz de distinguir os diferentes padrões de ingestão entre os indivíduos (5). O objetivo desse questionário é medir a ingestão habitual de alimentos por um grupo populacional, em um determinado período de tempo, normalmente o ano anterior (6).

Nesse instrumento é reconhecida a dificuldade em estimar a ingestão energética sem erros (6)(7). Exemplos de fontes de erros podem vir da memória e da falta de colaboração dos entrevistados (2)(8). Outra fonte de erro é a conversão das respostas do QFA em ingestão energética feita por meio das tabelas de composição nutricional e dos *softwares* de composição de alimentos(9). Além disso, *Kristal et al. (2006)* (10) criticam a ausência de validade de face, a validade de constructo e a validade preditiva do QFA e usam essas críticas para recomendar o abandono do QFA e a utilização do inquérito recordatório de 24 horas (IR24h) e do registro de consumo de alimentos.

Pesquisas tentam eliminar ou reduzir substancialmente esses erros de estimação, como nos casos de estudos de validação, nos estudos de calibração(2) e, recentemente, por meio da Teoria de Resposta ao Item (TRI)(11).

Os modelos de resposta ao item representam o relacionamento entre o traço latente e os itens de um instrumento de medida(12). Na nutrição podem-se encontrar muitas variáveis latentes, isto é, variáveis que não permitam a obtenção de suas medidas de forma direta, por exemplo, o consumo habitual de micro e macronutrientes. A TRI vem sendo elaborada desde os meados da década de 30 por vários autores (13)(14)(15)(16)(17)(18). Já estão disponíveis na literatura diversos modelos de resposta ao item e sua utilização vem sendo aplicada nas mais diversas áreas: educacional (19), serviços (20), gestão de qualidade total(21), qualidade de vida (22), avaliação de intangíveis nas organizações (23), usabilidade em sites e-commerce (24) e também na área da saúde (25)(26).

A escolha do melhor modelo TRI depende fundamentalmente de três fatores: (i) da natureza do item, ou seja, do número de categorias de resposta de cada item (resposta dicotômica ou politômica); (ii) do número de populações envolvidas (uma ou mais) e (iii) da quantidade de traços latentes que está sendo medida (um ou mais) (27).

O principal objetivo desse trabalho é apresentar a TRI como uma ferramenta para estimar a ingestão energética usual de adultos através de um subconjunto de itens alimentares do QFA.

Métodos

Modelo de crédito parcial generalizado (MCPG)

Esse modelo acumulativo, formulado por Muraki (1992) (18), modela a probabilidade de um indivíduo consumir um item alimentar de acordo com uma

particular categoria de resposta dada sua ingestão energética usual (traço latente). Ele é uma generalização do modelo logístico de dois parâmetros (ML2) que usa respostas dicotômicas. O MCPG é definido por:

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{e^{\sum_{u=0}^k 1,702 a_i (\theta_j - b_{i,u})}}{\sum_{v=0}^{m_i} e^{\sum_{v=0}^v 1,702 a_i (\theta_j - b_{i,v})}}, \begin{cases} i = 1, \dots, p \\ j = 1, \dots, n \\ k = 1, \dots, m_i \end{cases}, \quad (1)$$

onde

p é o número de itens alimentares;

n é o número de sujeitos na amostra;

m_i é o número de categorias de resposta do item i ;

a_i é o parâmetro de discriminação do item i ;

$b_{i,k}$ corresponde ao valor da ingestão energética em que o indivíduo tem a mesma probabilidade de responder a categoria k e à categoria anterior ($k - 1$).

Define-se que $b_{i,0} \equiv 0$.

$P_{i,k}(\theta_j)$ é a probabilidade de um indivíduo com ingestão energética θ_j consumir o item alimentar i de acordo com a categoria k , dentre as m_i categorias deste item.

Na seção de resultados é apresentado um exemplo onde foi realizada a contextualização desses parâmetros para a área nutricional.

O valor do parâmetro de discriminação dos itens pode ser estimado de três diferentes maneiras: considerando que todos os itens alimentares possuem discriminação igual a 1; considerando que todos os itens alimentares possuem o mesmo parâmetro de discriminação, mas diferente de 1 ou considerando o parâmetro de discriminação diferente para cada item alimentar. Essa última opção exige uma maior atenção, pois leva em consideração o tamanho amostral, já que se pode ter um número

de parâmetros para estimar maior do que o número de sujeitos na amostra. Nesse trabalho foram realizadas as duas primeiras maneiras citadas.

Uma vez testado, ou seja, com os parâmetros estimados, o melhor modelo será aquele que proporciona uma maior quantidade de informação. Essa quantidade é medida através da área sob a curva do gráfico da função de informação do teste. Esta é uma função aditiva do grupo de itens que compõe a TRI de modo que resume a contribuição de todos os itens na informação. Através da curva de informação do teste pode-se verificar qual intervalo de variação da ingestão energética é melhor (no sentido de ter menor erro) estimado pelo modelo (28).

Além de representar uma curva geral, a TRI pode representar as curvas características dos itens. Estas curvas mostram a relação entre as probabilidades de consumo de cada categoria do item e a ingestão energética, podendo identificar qual a categoria de resposta com maior probabilidade de ser escolhida para cada valor de ingestão energética (28).

Para exemplificação desse modelo TRI, foram usados os dados do projeto de pesquisa “Construção e validação de um instrumento de avaliação da ingestão alimentar na população adulta” (PROCAD 01/2005, nº 0257052), desenvolvido pelos programas de pós-graduação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Universidade Federal Fluminense (UFF) e Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (ENS/FIOCRUZ). O objetivo do projeto foi construir um instrumento de avaliação da ingestão alimentar para a população adulta. A reprodutibilidade e a validade relativa do QFA proposto foram apresentadas nos trabalhos de Machado (2012) e de Bonatto (2009) (29)(30).

Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética da Universidade do Vale do Rio dos Sinos e aprovada. Antes da aplicação do questionário, todos os procedimentos foram

explicados e se obteve a concordância do entrevistado em participar da pesquisa através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Sujeitos

Foram recrutados 164 indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 20 e 69 anos. Obesidade (índice de massa corporal ≥ 30 kg/m²), patologias que interferissem no hábito alimentar, gravidez e estar em dieta orientada por profissionais de saúde foram considerados critérios de exclusão.

Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada entre janeiro e abril de 2007 no sul do Brasil. Os entrevistadores foram submetidos a treinamentos antes da realização das entrevistas sendo acompanhados, em quase todos os momentos, pelos seus supervisores. Os dados eram revisados e as inconsistências eram corrigidas, ou na próxima entrevista ou por telefone antes de ser realizada a digitação. Para os estudos foram aplicados dois QFAs e três recordatórios alimentares de 24 horas. Nesse estudo usaram-se os dados do primeiro QFA e a média dos três recordatórios ($\overline{\text{IE}_{R24h}}$).

QFA / IR24h

Dados referentes às etapas prévias do desenvolvimento do QFA estão descritos no estudo de Zanolla et al. (2009) (31) no qual um QFA de 127 itens alimentares foi inicialmente testado e validado. Depois de testado, verificou-se a necessidade de ajustes e um novo QFA foi elaborado, cuja lista passou a conter 120 itens, entre eles alimentos regionais. No QFA o entrevistador questionava se o entrevistado consumia ou não o item; se sim, anotava a frequência de ingestão (semanal ou mensal), o número de vezes que o item alimentar era ingerido no dia e o número de porções diárias. Os IR24h foram aplicados em três momentos, sendo uma das aplicações na segunda-feira para

contemplar a ingestão energética do domingo. A $\overline{IE_{R24h}}$ foi usada como método de referência.

Análise Estatística

Categorização dos itens alimentares

Cada sujeito da amostra possuía a ingestão de cada item alimentar expressa em grama diária. A grama diária foi dividida pela gramatura correspondente à porção padrão definida pela Tabela Para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras(32). Para usarmos o modelo TRI politômico essas porções diárias foram categorizadas em quatro categorias: 0- item não consumido; 1- consumo menor ou igual que ½ porção; 2- consumo entre ½, até 1 porção inclusive; 3- consumo maior a 1 porção. Outras categorizações foram testadas, mas esta foi a que apresentou melhor desempenho.

Seleção de Itens Alimentares

Um dos pressupostos da TRI é a unidimensionalidade. Um conjunto de itens deve estar medindo um único traço latente; contudo, para satisfazer este postulado é suficiente admitir que haja um fator dominante responsável pelo conjunto de itens. Este fator é o que se supõe estar sendo medido pelo teste(33)(34)(35)(36). O critério de seleção para a escolha dos alimentos foi a correlação de Spearman entre a porção diária consumida do item e a $\overline{IE_{R24h}}$ ter valores p menores que 0,10, ou seja, que o alimento tenha uma correlação aceitável com o valor de referência. Após a seleção desses itens foi realizado o alfa de Cronbach para verificar a consistência interna.

Concordância entre TRI e IR24h

Para tornar o escore TRI ($\hat{\theta}_j$) comparável com a ingestão energética medida por meio da $\overline{IR24h}$ foi feita a transformação da escala com média zero e desvio-padrão igual a um para uma escala com média igual a 2098 Kcal e desvio-padrão igual a 676,5

Kcal que são a média e o desvio-padrão do IR24h. Dessa forma, a ingestão energética estimada pela TRI ($\overline{IE_TRI}$) transformada é dada pela equação a seguir:

$$\theta'_j = (676,5 * \tilde{\theta}_j) + 2098. \quad (2)$$

Para comparar a $\overline{IE_R24h}$ com a $\overline{IE_TRI}$ foram realizadas as seguintes análises: correlação de Spearman; correlação deatenuada, que considera a importância da variação intraindividual na determinação da validade do instrumento (a razão entre as variâncias intra e interindividual dos R24h foi utilizada a fim de “de-atenuar” o coeficiente de correlação de Spearman(29)); correlação intraclass (CCI); gráfico de Bland-Altman, (2010) (35) utilizado para verificar o viés e os limites de concordância; e por fim, comparação dos percentis 10, 25, 75 e 90 de cada medida.

Todas as análises foram realizadas no software R (R Development Core Team, 2010). Para a análise da TRI usou-se a biblioteca `ltm`(36); a `ICC`(39) para o cálculo da correlação intraclass e a biblioteca que contém o Bland-Altman é a `EpiR`(40). Tanto o programa quanto as bibliotecas podem ser obtidos no endereço <http://www.r-project.org/>.

Resultados

Dos 164 indivíduos que iniciaram a pesquisa, 137 concluíram todas as etapas. A amostra foi predominantemente feminina (73%), com idade média de 38 anos (DP=12,8). Entre as mulheres, 44% tinham ensino superior completo ou estavam cursando e 66% viviam sem companheiro. Observou-se que sobrepeso (IMC entre 25 e 29,9 kg/m²) estava presente em 27% da amostra total, com percentual semelhante em ambos os sexos.

Inicialmente, dos 120 itens foram selecionados 28 por possuírem correlações com $p < 0,10$. Destes, três foram excluídos, pois essa exclusão aumentou o valor do alfa de Cronbach (alfa = 0,74) resultando em 25 itens (Anexo 1).

O parâmetro de discriminação estimado pelo MCPG foi de 0,452, obtendo-se uma área de 31,4% entre -4 e 4 desvios-padrão na função de informação do teste. Quando realizado o modelo fixando a discriminação igual a 1 obteve-se uma área de 71%. Assim, o modelo que melhor explicou os dados desse trabalho foi o com discriminação igual a 1 (MCPG1). O gráfico com as curvas de cada modelo estão inseridos na figura 1.

A partir do MCPG1 foram construídas as curvas características de resposta dos itens. Essas curvas são apresentadas na figura 2. Usando o item alimentar “bife” como exemplo pode-se fazer a seguinte interpretação: as quatro curvas representam as quatro categorias estudadas. A curva posicionada acima das demais é a de maior probabilidade de consumo do item naquele determinado intervalo da ingestão energética. Assim, sujeitos com ingestão energética menor que -1,6 desvios-padrão possuem maior probabilidade de responderem que não consomem o item “bife” (curva 1); sujeitos que possuem ingestão energética entre -1,6 e 1,3 desvios-padrão possuem maior probabilidade de consumir até ½ porção de “bife” (curva 2), sujeitos com consumo entre 1,3 e 1,6 desvios-padrão possuem maior probabilidade de consumir entre ½ e 1 porção (curva 3) e sujeitos com mais de 1,6 desvios-padrão possuem uma probabilidade de responderem que consomem mais de 1 porção desse item alimentar (curva 4). As intersecções das curvas, medidas em desvios-padrão, são denominadas como parâmetros de dificuldade. O valor dos desvios-padrão podem ser encontrados na tabela 1 assim como seus erros-padrão e seus valores padronizados (z). Para o item “Batata cozida/ assada” não se pode fazer a mesma interpretação do item anterior, já que a curva

3, que representa a categoria “*consome entre ½ e 1 porção*”, não possui uma maior probabilidade de resposta em nenhuma faixa de ingestão energética. Assim, sujeitos com ingestão energética até -0,5 desvios-padrão têm maior probabilidade de responder que não consomem “batata cozida/assada”; sujeitos com ingestão energética entre -0,5 a 1,7 desvios-padrão tem a maior probabilidade de consumir até ½ porção; e os sujeitos com ingestão energética acima de 1,7 desvios-padrão possuem maior probabilidade de consumir mais de 1 porção. As mesmas interpretações podem ser feitas para os demais itens alimentares. As categorias que não possuem uma faixa com maior probabilidade de resposta podem ser unificadas com a melhor categoria adjunta, ou seja, aquela com característica mais semelhante. Isso não foi realizado nesse trabalho, pois foram realizados vários pontos de corte com o objetivo de identificar o melhor entre eles. Podemos ainda fazer essa mesma interpretação usando kcal em vez de desvios-padrão, para isso basta aplicar a equação (2) substituindo $\tilde{\theta}_j$ pelo número de desvios-padrão. Por exemplo, o intervalo entre -1,6 e 1,3 desvios-padrão correspondem aos valores de 1015,6 e 2977,4 kcal, ou seja, $676,5*(-1,6)+2098$ e $676,5*(1,3)+2098$, respectivamente.

Através do gráfico de Bland-Altman (figura 3) nota-se que o viés encontrado, ou seja, a média da diferença das estimações entre os dois modelos foi de -2 Kcal com limites de concordância entre -1216 a 1211 Kcal. A correlação de Spearman foi de 0,45 a correlação intraclasse encontrada foi de 0,37 e a correlação deatenuada foi de 0,76. Pela figura 4 pode-se visualizar os histogramas dos valores estimados pelo $\overline{IE_TR1}$ e pelo $\overline{IE_R24h}$. Observando os valores dos percentis (tabela 2) percebe-se que grandes diferenças ocorrem no percentil 10 e no percentil 90. Os valores máximos possuem uma diferença de 1436 kcal.

Discussão

O uso da Teoria de Resposta ao Item, em dados nutricionais, mostrou ser uma ferramenta promissora na estimação da ingestão energética dos adultos. O modelo politômico de crédito parcial generalizado, com parâmetro de discriminação igual a 1, possibilitou um bom desempenho na estimação da ingestão energética quando comparada com a estimação da média dos três recordatórios de 24 horas.

Foram realizados alguns testes com outras categorizações das porções e outros modelos TRI. O modelo e a categorização apresentados nesse trabalho foram aqueles que mostraram melhores resultados. Do ponto de vista prático, essa categorização é de fácil aplicação para o QFA. Aqui mostramos que a ingestão energética pode ser estimada com um número reduzido de itens (25 em vez de 120 alimentos) e sem a utilização de tabelas nutricionais.

Nesse estudo foi encontrado um alfa de Cronbach acima de 0,7, o que indica uma boa consistência interna dos itens, além disso, a variação explicada pelo primeiro fator quando realizada a análise fatorial foi de 15,3%. Com esses dois resultados é razoável supor a unidimensionalidade do traço latente. É comum pesquisas da área nutricional apresentarem um baixo percentual de variância explicada pelos primeiros fatores. Um exemplo que pode ser citado é o trabalho de Alves (2006) (44) que seleciona 21 fatores para explicar apenas 52,5% da variância. Na literatura encontram-se trabalhos discutindo o problema de superestimação do QFA (41)(42)(43). Na estimação com o modelo da TRI, utilizou-se um conjunto de itens alimentares mais correlacionados, que proporcionam uma redução no número de itens necessários para uma boa estimação, já que Willet (1998) (6) justifica a superestimativa devido ao tamanho da lista de alimentos usada. Isso pode ser visualizado pelo histograma (figura 4), onde a estimativa pela TRI não possui valores maiores que 3000 kcal; já pela IE_R24h as estimativas chegam perto de 4500 kcal.

As correlações intraclasse e deatenuada, entre a ingestão energética estimada pela média dos três IR24h e pelo QFA com 25 itens alimentares, foram de 0,37 e 0,76 respectivamente. Na literatura encontra-se o trabalho de Bonatto (2009) (30) que obteve os valores de 0,48 e 0,57 utilizando o método tradicional a partir do QFA com 120 itens alimentares.

Uma das limitações que se pode encontrar na metodologia aqui apresentada é a dificuldade de medir quantitativamente uma porção, já que há uma falta de consenso nessa definição. A utilização de uma determinada tabela nutricional na padronização do tamanho das porções pode também ser um fator limitante, uma vez que diferentes tabelas podem resultar em porções diferentes. Se fosse usada a técnica da água duplamente marcada para estimar a média e o DP da ingestão energética não seria preciso a utilização de nenhuma tabela nutricional. Outra limitação foi o uso de um parâmetro de discriminação comum a todos os itens alimentares. Com discriminações diferentes pode haver uma melhora ainda maior nas estimativas da ingestão energética, para isso é necessário replicar esse estudo em amostras maiores. A quantidade de variância explicada pelo primeiro fator também parece ser uma limitação por ser pequena, mas quando comparada com outros estudos nessa área é possível perceber que são valores usualmente observados (44)(45).

A utilização da TRI na estimação da ingestão energética é uma abordagem recente. Os resultados observados aqui demonstram uma superioridade dos modelos politômicos em relação aos dicotômicos, e uma vez que esses já tinham se mostrado mais eficazes que o método tradicional de estimação (11), essa nova modelagem mostra-se promissora.

Há uma gama de modelos da TRI que podem ser testados em trabalhos envolvendo esse traço latente. Mais estudos nessa área são necessários para que se obtenha um

modelo que melhore a estimacão da ingestão energética medido pelo QFA. Isso  particularmente importante uma vez que essa ainda  a ferramenta mais simples para esse propósito e dispensa tempo e custos elevados para sua aplicao.

Referências

1. WHO: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva, 28 January - 1 February 2002.
2. Slater B, Marchioni DML, Voci SM. Use of linear regression for correction of dietary data. *Rev Saúde Pública*. 2007;41:190-6.
3. Lopes ACS, Caiaffa WT, Mingoti SA, Lima-Costa MFF. Food intake in epidemiological studies. *Rev bras epidemiol*. 2003;6:209-19.
4. Cavalcante AAM, Priore SE, Franceschini S do CC. Estudos de consumo alimentar: aspectos metodológicos gerais e o seu emprego na avaliao de crianças e adolescentes. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant*. 2004;4:229-40.
5. Abramson JH, Slome C, Kosovsky C. Food frequency interview as an epidemiological tool. *Am J Public Health Nations Health* 1963,53:1093-101.
6. Willett W. *Nutritional epidemiology*. Oxford University Press US; 1998.
7. Beaton G. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. *Am J Clin Nutr*. 1994;59:253S-61S.
8. Slater B, Philippi ST, Marchioni DML, Fisberg RM. Validao de Questionários de Freqncia Alimentar - QFA: consideraes metodológicas. *Rev. bras. epidemiol* 2003;6:200-8.
9. Ribeiro P, Moraes TB de, Colugnati FAB, Sigulem DM. Tabelas de composio química de alimentos: análise comparativa com resultados laboratoriais. *Rev. Saúde Pública*. 2003;37:216-25.

10. Kristal AR, Peters U, Potter JD. Is it time to abandon the food frequency questionnaire? *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2005;14:2826-8.
11. Guimarães LSP. Aplicação Da Teoria De Resposta Ao Item No Questionário De Frequência Alimentar Para Estimção Do Consumo Calórico. [<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/29125>]
12. Pasquali L, Primi R. Basic Theory of Item Response Theory - IRT. *Avaliação Psicológica.* 2003;2:99-110.
13. Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Chicago. 1960(1972)
14. Bock, RD. Estimating item parameters and latent ability when responses are scored in two or more nominal categories. *Psychometrika.* 1972;37: 29-51.
15. Samejima, F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. 1969. (Psychometric Monograph No. 17). Richmond, VA: Psychometric Society.
16. Andrich D. A rating formulation for ordered response categories. *Psychometrika.* 1978;43:561-73.
17. Masters GN. A rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika.* 1982; jun;47(2):149-74.
18. Muraki E. A Generalized Partial Credit Model: Application of an EM Algorithm. *Applied Psychological Measurement.* 1992;16:159 -76.
19. Andrade DF, Klein R (1999). Métodos Estatísticos para Avaliação Educacional: Teoria da Resposta ao Item. *Boletim da ABE.* 1999;ano XV, nº 43:21-28.
20. Costa MBF. Técnica derivada da Teoria de Resposta ao Item (TRI) aplicada ao setor de serviços. Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2001.

21. Alexandre JWC, Andrade DF, Vasconcelos AP, Araujo AMS. Uma proposta de análise de um construto para a medição dos fatores críticos da gestão pela qualidade através da TRI. *Gestão & Produção*. 2001;9(2):129-41.
22. Guewehr K. Teoria da resposta ao item na avaliação de qualidade de vida de idosos. Dissertação de mestrado - UFRGS, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia, RS, 2007.
23. Vargas VCC, Selig PM, Andrade DF, Ribeiro JLD. Avaliação dos intangíveis: uma aplicação em capital humano. *Gestão e Produção*, São Carlos. 2008;15(3):619-34.
24. Tezza, R. Proposta de um construto para medir usabilidade em site de e-commerce utilizando a Teoria da Resposta ao Item. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2009.
25. Cella D, Chang CH. A discussion of item response theory and its application in health status assessment. *Med Care*. 2000;38 (9 Supl):II66-72.
26. Hays RD, Morales LS, Reise SP. Item response theory and health outcomes measurement in the 21st century. *Med Care*. 2000;38(9 Suppl): II28–II42.
27. Andrade DF, Tavares HR, Valle RC. Teoria da Resposta ao Item: Conceito e Aplicações. [<http://www.inf.ufsc.br/~dandrade/>]
28. Castro SM de J, Trentini C, Riboldi J. Teoria da resposta ao item aplicada ao Inventário de Depressão Beck. *Rev. bras. epidemiol*. 2010;13:487-501.
29. Machado FCdeS, Henn RL, Olinto MTA, Anjos LA dos, Wahrlich V, Waissmann W. Reprodutibilidade e validade de um questionário de frequência alimentar por grupos de alimentos, em adultos da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. *Rev. Nutr.*, Fev 2012, vol.25, no.1, p.65-77. ISSN 1415-5273
30. Bonatto S. Reprodutibilidade e Validade de um questionário de frequência alimentar para população adulta da região metropolitana de Porto Alegre/RS.

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

31. Zanolla AF, Olinto MTA, Henn RL, Wahrlich V, Anjos LA dos. Avaliação de reprodutibilidade e validade de um questionário de frequência alimentar em adultos residentes em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. 2009; 25:840-8.

32. Pinheiro ABV, Lacerda EMA, Benzecry EH, Gomes MCS, Costa VM. Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras. Rio de Janeiro: Atheneu; 2005.

33. McHorney CA, Cohen AS. Equating health status measures with item response theory: illustrations with functional status item. *Med Care*. 2000;38:1143-59.

34. Lai, JS, Crane PK, Cella, D. Factor analysis techniques for assessing sufficient unidimensionality of cancer related fatigue. *Qual. Life Res*. 2006;15:1179-90.

35. Kim Y, Pilkonis PA, Frank E, Thase ME, Reynolds CF. Differential Functioning of the Beck Depression Inventory in Late-Life Patients: Use of item Response Theory. *Psychology and Aging*. 2002;17(3):379-91.

36. Chan KS, Orlando M, Glosch-Dastidar B, Duan N, Sherbourne CD. The interview mode effect on the Center for Epidemiological Studies Depression (CES-D) scale: an item response theory analysis. *Med. Care*. 2004;42:281-9.

37. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*. 2010; 47:931-6.

38. Rizopoulos D. ltm: An R package for latent variable modeling and item response theory analyses. *Journal of statistical software* 2006;17:1-25.

39. ICC: [<http://cran.r-project.org/web/packages/ICC/ICC.pdf>]

40. Stevenson M, Nunes T, Sanchez J, Thornton R. epiR: Functions for analysing epidemiological data. R package version 0.9-27 [<http://CRAN.R-project.org/package=epiR>]

41. Matarazzo HCZ, Marchioni DML, Figueiredo RAO, Slater B, Neto JE, Filho VW. Reprodutibilidade e validade do questionário de frequência de consumo alimentar utilizado em estudo caso-controle de câncer oral. *Rev Bras Epidemiol.* 2006;9(3):316-24.

42. Trinidad Rodríguez I, Fernández Ballart J, Cucó Pastor G, Biarnés Jordà E, Arija Val V. Validación de un cuestionario de frecuencia de consumo alimentario corto: reproducibilidad y validez. *Nutr Hosp.* 2008;23(3):242-52.

43. Marks GC, Hughes MC, Pols JCVD. Relative validity of food intake estimates using a food frequency questionnaire is associated with sex, age, and other personal characteristics. *J Nutr.* 2006;136(2):459-65

44. Alves, ALS, Olinto, MTA, Da Costa, JSD, De Bairros, FS, Balbinotti, MAA. Padrões alimentares de mulheres adultas residentes em área urbana no Sul do Brasil. *Rev Saúde Pública.* 2006;40(5):865-73.

45. Neumann, ALS, Olinto, MTA, Da Costa, JSD, De Bairros, FS, Balbinotti, MAA. Padrões alimentares de mulheres adultas residentes em áreas urbanas no Sul do Brasil. *Revista Saúde Pública.* 2006;40(5):865-73.

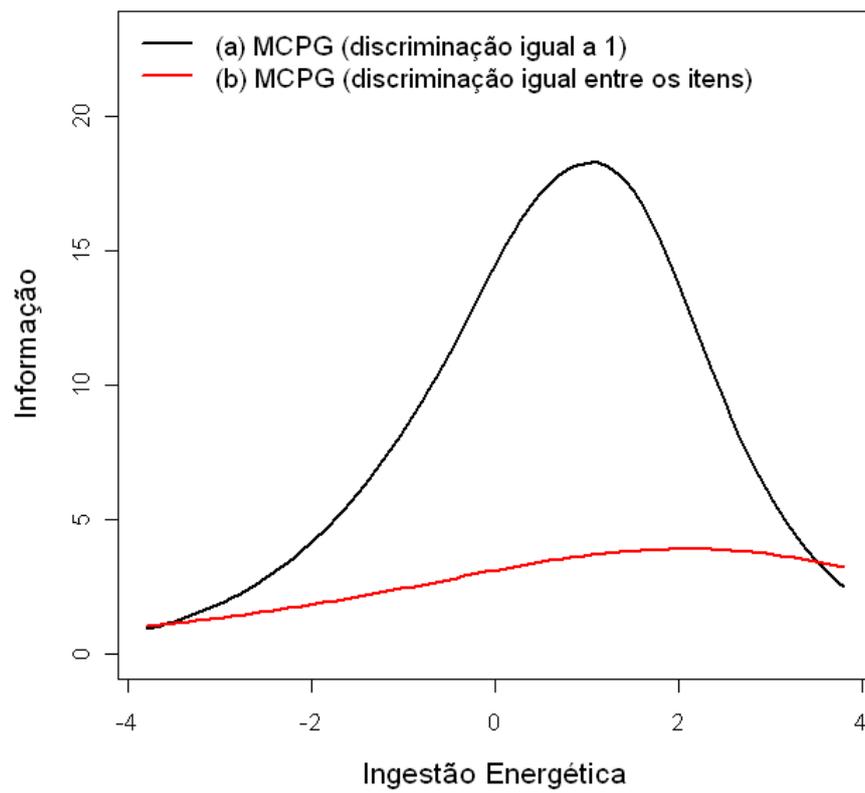
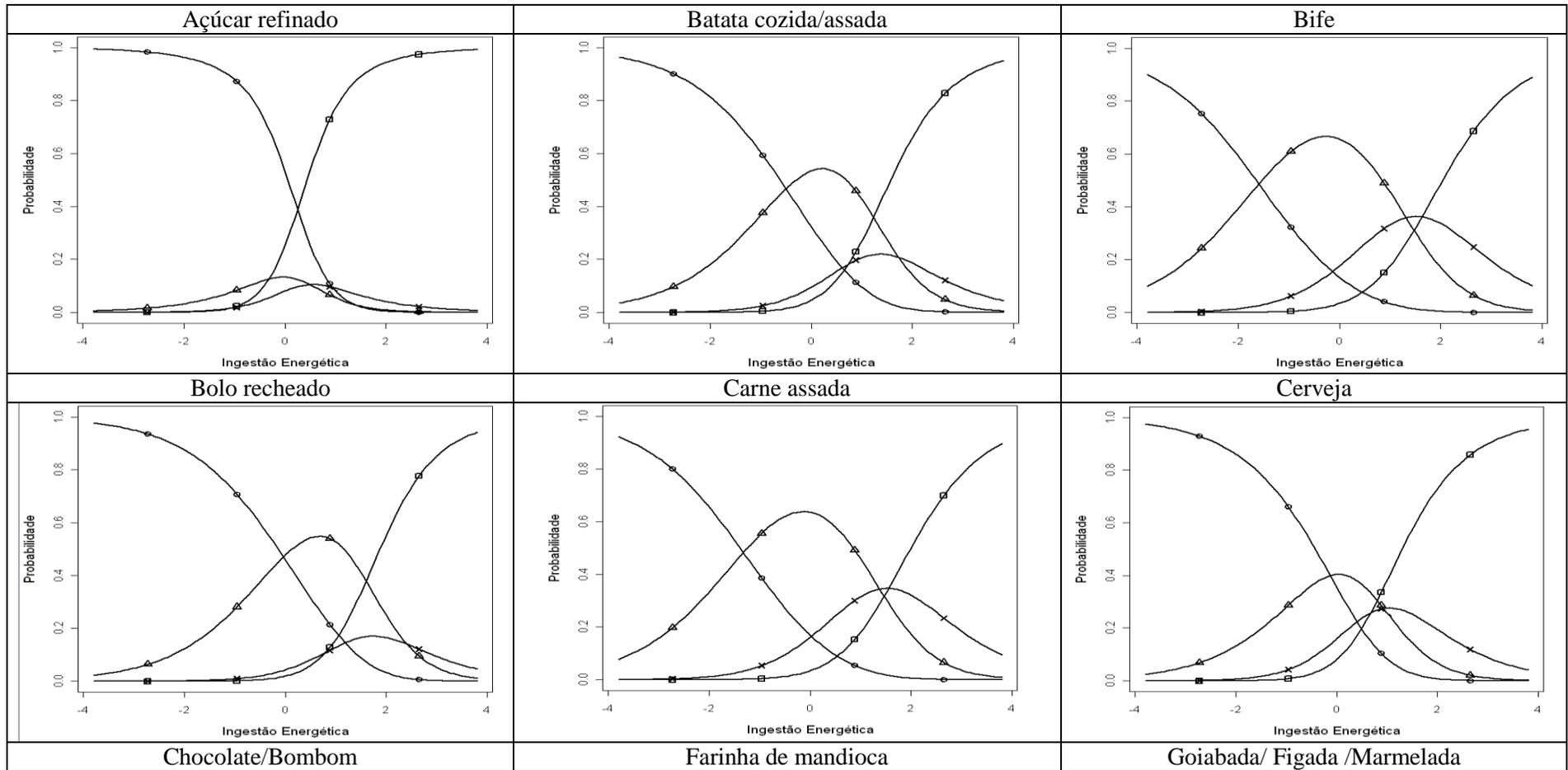
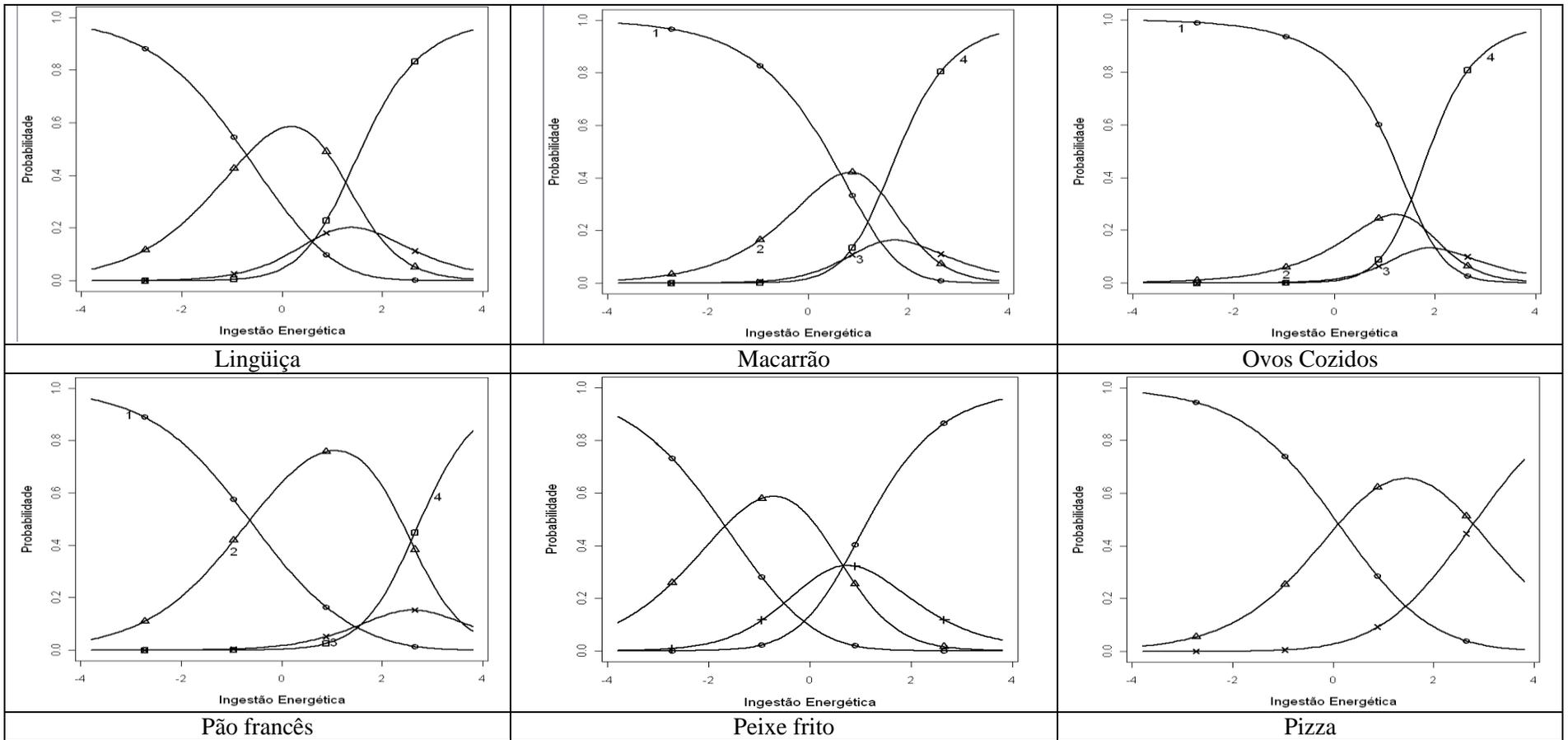
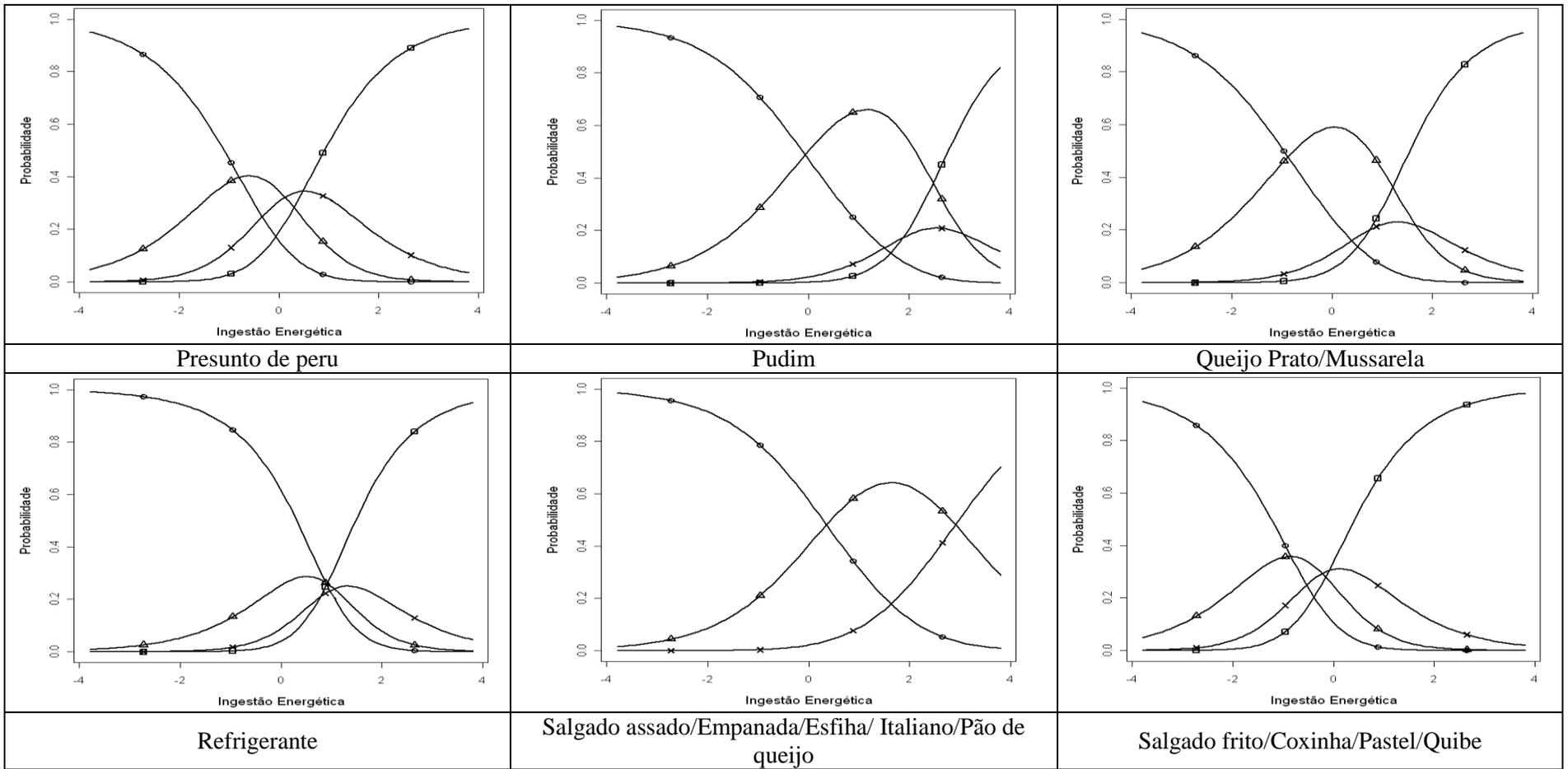
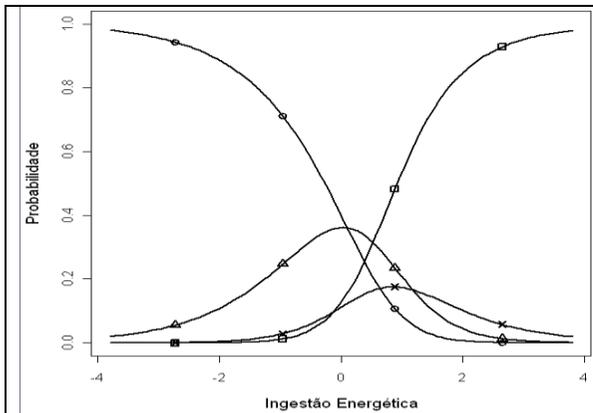


Figura 1 - Gráfico da função de informação do teste

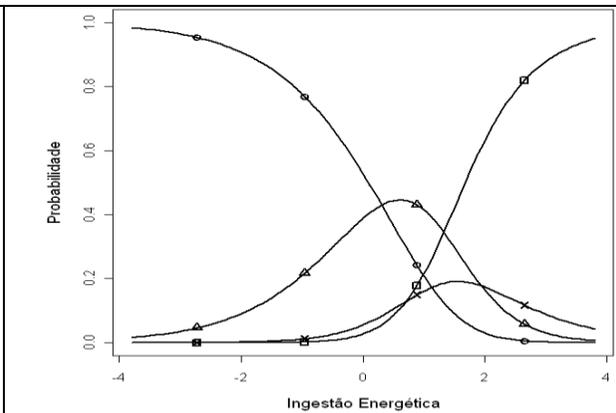




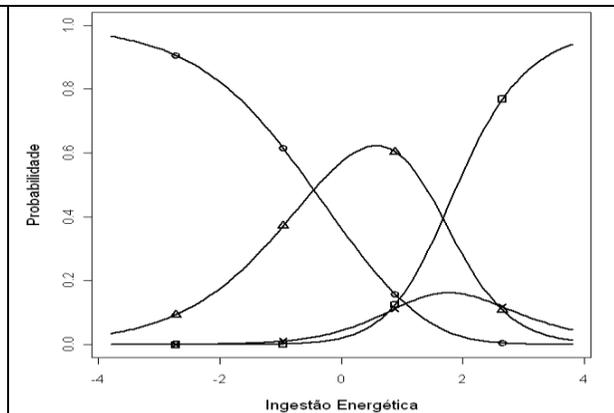




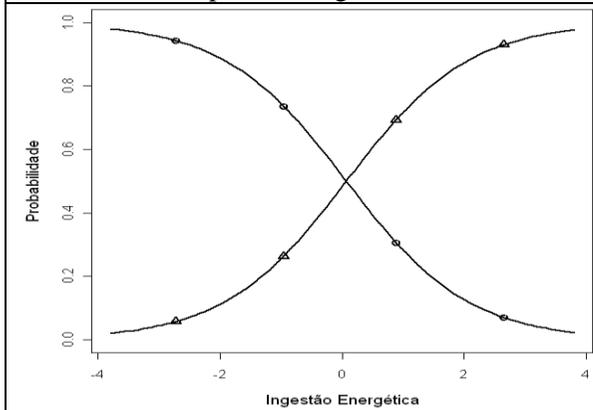
Sanduíche tipo hambúrguer/Mc/Bauru/Xis



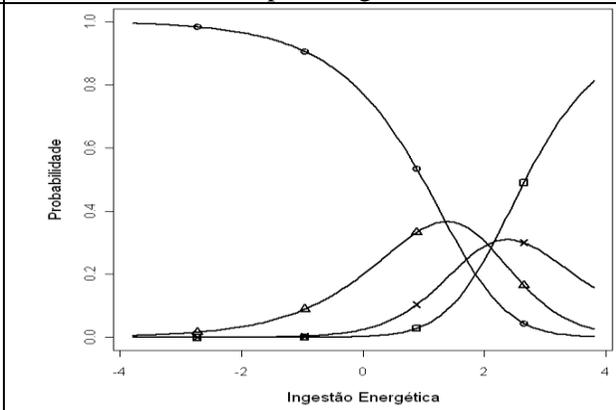
Sopa de legumes



Sorvete



Tomate



Legenda:



Figura 2 - Curvas Características de Resposta para os 25 itens alimentares selecionados

Tabela 1 - Limites de cada curva característica de resposta

Item Alimentar	Cat1 para Cat2			Cat2 para Cat3			Cat3 para Cat4		
	Valor($b_{i,1}$)	EP	Valor z	Valor($b_{i,2}$)	EP	Valor z	Valor($b_{i,3}$)	EP	Valor z
Açúcar refinado	1,4	0,3	4,7	0,5	0,4	1,2	-1,1	0,4	-3,2
Batata cozida /assada	-0,5	0,2	-2,4	1,7	0,3	5,7	0,7	0,4	1,7
Bife	-1,6	0,3	-6,2	1,3	0,2	5,5	1,6	0,4	3,7
Bolo recheado	0,0	0,2	-0,2	2,4	0,4	5,9	0,8	0,6	1,3
Carne assada	-1,3	0,2	-5,5	1,4	0,2	5,5	1,6	0,4	3,5
Cerveja	-0,1	0,2	-0,6	0,9	0,3	3,5	0,7	0,3	2,0
Chocolate/Bombom	-0,7	0,2	-3,4	1,9	0,3	6,1	0,7	0,4	1,5
Farinha de mandioca	0,7	0,2	3,2	2,2	0,4	5,0	0,7	0,6	1,1
Goiabada/Figada /Marmelada	1,8	0,3	7,0	2,2	0,6	3,6	0,6	0,8	0,7
Linguiça	-0,6	0,2	-3,2	3,6	0,6	6,0	1,6	1,2	1,4
Macarrão	-1,7	0,3	-5,7	0,6	0,2	2,9	0,7	0,3	2,3
Ovos Cozidos	0,1	0,2	0,5	2,8	0,5	5,9			
Pão francês	-0,8	0,3	-3,0	0,1	0,2	0,5	0,5	0,3	1,9
Peixe frito	-0,1	0,2	-0,3	3,1	0,5	5,9	1,9	1,1	1,7
Pizza	-0,9	0,2	-4,0	1,7	0,3	5,8	0,7	0,4	1,9
Presunto de peru	0,9	0,2	4,0	1,1	0,3	3,2	0,8	0,4	1,8
Pudim	0,4	0,2	1,8	2,9	0,5	5,5			
Queijo	-0,8	0,3	-2,8	-0,2	0,3	-0,9	-0,1	0,2	-0,4
Prato/Mussarela	0,1	0,2	0,5	1,2	0,3	3,8	-0,1	0,3	-0,4
Refrigerante	0,1	0,2	0,5	1,2	0,3	3,8	-0,1	0,3	-0,4
Salgado assado /Empada/Esfiha /Italiano /Pão de queijo	0,3	0,2	1,5	1,9	0,4	5,2	0,7	0,5	1,4
Salgado frito /Coxinha /Pastel /Quibe	-0,5	0,2	-2,3	2,6	0,4	6,4	0,8	0,6	1,3
Sanduíche tipo hambúrguer /Mc /Bauru /Xis	0,1	0,2	0,4						
Sopa de legumes	1,4	0,2	6,0	2,0	0,5	4,2	2,2	1,1	2,0
Sorvete	-1,3	0,2	-5,2	1,3	0,3	5,2	0,8	0,4	2,2
Tomate	-1,4	0,4	-3,7	-0,2	0,3	-0,8	-1,0	0,2	-4,2

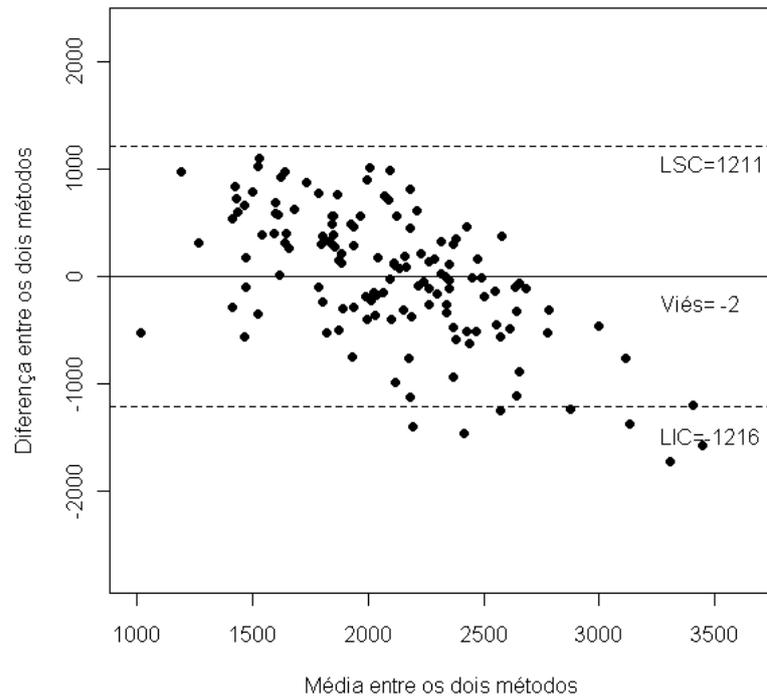


Figura 3 - Gráfico de Bland-Altman para verificar a concordância entre os métodos (TRI e IR24h)

Tabela 2 - Valores mínimos, máximos e percentis dos métodos de estimações propostos

Método	Min	Percentil					Máx
		10	25	50	75	90	
IE_TRI	754	1621	1898	2128	2350	2553	2801
IE_R24h	702	1273	1605	2096	2484	2909	4237

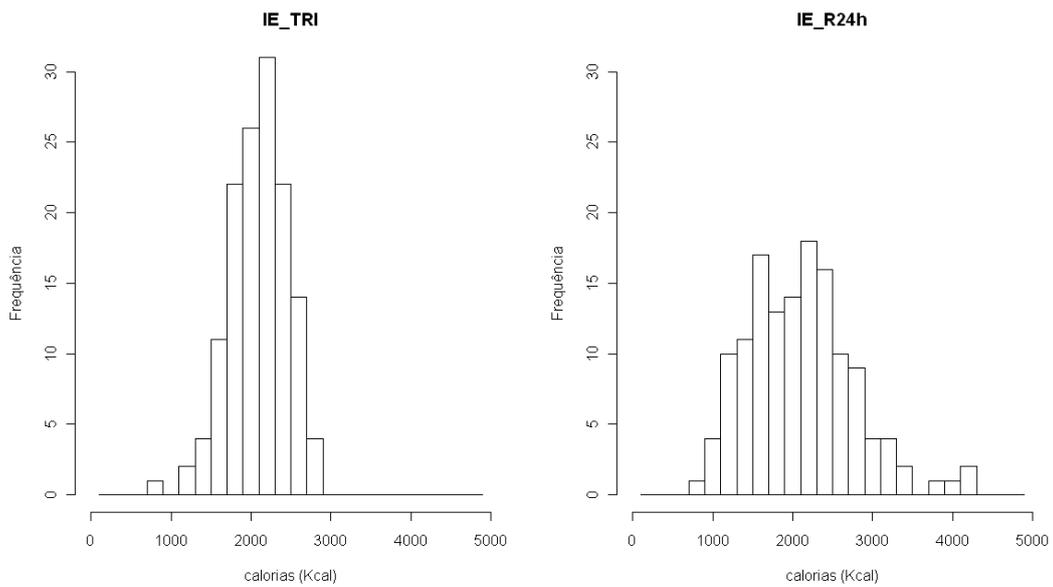


Figura 4 - Histograma da distribuição dos valores IE_TRI e IE_R24h

Itens Alimentares	r	p-valor	Itens Alimentares	r	p-valor	Itens Alimentares	r	p-valor	Itens Alimentares	r	p-valor
Prato/Mussarela*	0,314	0,000	Geléias shimier	0,128	0,136	Melancia	-0,062	0,473	Chá	0,025	0,771
Macarrão*	0,312	0,000	Pão doce	0,126	0,143	Vodka/Cachaça/Wiski	0,061	0,478	Laranja	0,025	0,772
Pizza*	0,292	0,001	Salada de maionese/ Salada de batata	0,122	0,155	Maionese industrial	0,058	0,498	Bolo simples	-0,023	0,791
Sorvete*	0,266	0,002	Feijão preto	0,119	0,167	Purê de batata	0,058	0,504	Corada (batata)	0,022	0,800
Lingüiça*	0,263	0,002	Leite desnatado	0,117	0,173	Arroz branco	0,055	0,526	Polenta frita	0,021	0,806
Carne assada*	0,261	0,002	Abacaxi	-0,117	0,174	Doce de leite	0,052	0,547	Carne ensopada	0,021	0,806
Goiabada/Figada/ Marmelada*	0,252	0,003	Pão de leite	-0,112	0,194	Gelatina	0,052	0,548	Margarina	0,021	0,809
Bife*	0,243	0,004	Mamão	-0,108	0,209	Refrigerante light	0,050	0,558	Leite integral	0,020	0,817
Uva+	-0,241	0,005	Banana	0,101	0,239	Cuca	0,048	0,580	Ensopado, cozido, assado (frango)	-0,019	0,824
Cerveja*	0,214	0,012	Omelete/Pochê/Ovo mexido	0,099	0,250	Salsicha	0,047	0,586	Aipim/Inhame	-0,019	0,828
Bolo recheado*	0,212	0,013	Grelhado	0,098	0,255	Pepino	-0,047	0,587	Maça	0,017	0,846
Farinha de mandioca*	0,187	0,028	Requeijão light	-0,098	0,256	Brócolis	-0,046	0,597	Couve	0,017	0,847
Sopa de legumes*	-0,184	0,031	Pinhão	0,098	0,257	Pipoca	0,046	0,597	Bebida de soja	0,016	0,850
Chocolate/Bombom*	0,182	0,033	Abobrinha	-0,097	0,258	Empanado (frango)	0,045	0,605	Biscoito doce/ Maria/ Maizena	-0,014	0,870
Salgado assado/Empada/ Esfiha/Italiano/Pão de queijo*	0,169	0,048	Cenoura	0,093	0,278	Fígado de boi	-0,044	0,610	Alface/Agrião/Rúcula	0,013	0,883
Refrigerante*	0,165	0,055	Vagem	0,091	0,292	Iogurte light	0,041	0,630	Chuchu	0,013	0,883
Sanduíche tipo hambúrguer/Mc/Bauru/Xis*	0,164	0,055	Suco natural	0,086	0,319	Azeite de oliva	0,039	0,647	Tangerina	0,012	0,893
Pudim*	0,161	0,061	Outro doce de fruta/ frutas em calda	0,085	0,326	Chimarrão	0,036	0,679	Leite semidesnatado	-0,012	0,894
Açúcar refinado*	0,157	0,066	Carne de porco	0,083	0,333	Bala	0,034	0,689	Torrada industrializada	0,010	0,909
Salgado frito/ Coxinha/ Pastel/ Quibe*	0,157	0,067	Repolho	-0,079	0,359	Suco industrializado	0,034	0,690	Café	-0,010	0,909
Cozido (ovos)*	0,153	0,074	Ensopado/cozido (peixe)	0,077	0,374	Frita/Palha (batata)	-0,034	0,691	Milho, milho enlatado	-0,009	0,916
Peixe frito*	0,150	0,080	Ovos fritos	0,076	0,376	Iogurte	0,034	0,692	Aveia	-0,006	0,946
Batata cozida/assada*	0,150	0,080	Arroz integral	-0,074	0,390	Angu/Polenta	-0,032	0,711	Salada de frutas	-0,006	0,949
Presunto de peru*	0,150	0,080	Frango frito	0,073	0,400	Vinho	-0,031	0,718	Couve-flor	0,004	0,960
Pão francês*	0,148	0,085	Carne seca/ Carne de sol/ Charque	-0,066	0,442	Manteiga com sal	0,031	0,721	Manga	-0,004	0,963

Tomate*	0,145	0,090	Presunto	0,066	0,445	Quiabo	0,030	0,724	Pão de forma	0,004	0,964
Espinafre+	-0,145	0,091	Suco/Refresco	0,065	0,452	Beterraba	-0,028	0,743	Melão	0,004	0,966
Abóbora+	-0,143	0,096	Carne moída	-0,064	0,459	Almôndega	0,027	0,757	Biscoito tipo salgadinho	0,004	0,967
Biscoito salgado (clubsocial, salclic, creamcrack)	-0,132	0,123	Pão integral	0,063	0,462	Margarina light	0,027	0,758	Minas/Ricota	0,003	0,976
Requeijão	0,132	0,125	Farofa	-0,062	0,471	Ervilha/Ervilha enlatada	-0,026	0,765	Biscoito doce recheado	-0,001	0,995

* itens selecionados

+ itens excluídos usando o critério do alfa de Cronbach

Anexo 1 - Correlação de Spearman do número de porções diárias de cada item alimentar com a [IE_R24h](#)

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo politômico da TRI, que apresentou uma maior função de informação, quando comparado com outros modelos e outros pontos de corte, foi o modelo de crédito parcial generalizado com parâmetro de discriminação igual a 1. A estimativa média da ingestão energética foi equivalente quando comparada com a $\overline{IE_{R24h}}$. O viés encontrado foi baixo e não significativo (viés=-2). As correlações apresentaram um grau satisfatório. Essas estimativas foram realizadas com uma redução dos itens alimentares. Foram selecionados 25 dos 120 iniciais através de uma correlação com a $\overline{IE_{R24h}}$. Por esses critérios o modelo da TRI mostrou ser uma ferramenta promissora na estimativa da ingestão energética dos adultos.

As pesquisas no contexto nutricional aplicando a TRI estão em fase inicial. Há outros modelos TRI que podem ser testados. Os resultados encontrados aqui demonstram que esse é um caminho que poderá contribuir para melhorar a estimativa da ingestão energética.

7. ANEXOS

- a. Projeto de Pesquisa
- b. Declaração permitindo o uso do banco de dados para fins científicos
- c. Questionário de Frequência Alimentar
- d. Recordatório de 24 Horas
- e. Trabalho de conclusão do Curso de Bacharelado em Estatística

Anexo (a): Projeto de Pesquisa

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EPIDEMIOLOGIA**

**Anteprojeto
EPI06**

ALUNO: Luciano Guimarães

**- Professoras da cadeira EPI 06 -
Prof^a. Tatiane da Silva Dal Pizzol, Dr^a
Prof^a. Maria Inês Schmidt, Dr^a**

Porto Alegre, junho de 2010

Introdução

Esse anteprojeto é parte de um estudo mais amplo denominado ECCAGe – Validação relativa de Questionário de Frequência Alimentar em gestantes usuárias de serviços do Sistema Único de Saúde em dois municípios no Rio Grande do Sul, Brasil. Realizado em quatro unidades de saúde do Sistema Único de Saúde, duas de Bento Gonçalves e duas de Porto Alegre, no período de novembro de 2005 a janeiro de 2006.

Na orientação desse trabalho está a Prof^ª. Dr^ª. Suzi Camey do Instituto de Matemática - Departamento de Estatística - da UFRGS e do PPG da Epidemiologia.

Questão de pesquisa:

Aplicação da Teoria de Resposta ao Item no Questionário de Frequência Alimentar na estimação da ingestão energética.

Justificativa / Objetivo

O estado nutricional materno, antes e durante a gestação, reflete no grau de saúde da mãe e do recém-nascido. A correta ingestão energética na gestação serve de base para promover ganho de peso adequado à mãe e ao recém-nascido. Por essa razão é necessário medir a ingestão de alimentos da maneira mais precisa possível ¹.

O Questionário de Frequência Alimentar (QFA) e o Recordatório de 24 horas (R24h) são considerados os dois principais instrumentos utilizados para coleta de dados dietéticos ². O QFA é o método mais utilizado para mensurar a dieta progressa, pois tem a capacidade de classificar os indivíduos segundo seus padrões alimentares habituais, além de ser de fácil aplicabilidade e baixo custo, o que viabiliza sua utilização em estudos populacionais ³.

Muitos estudos apontam dificuldade em mensurar de forma acurada e precisa as informações dietéticas.

O QFA apresenta limitações em relação à memória e percepção, falta de padronização do instrumento e treinamento dos entrevistadores, falhas na estrutura do instrumento e falhas devido ao acaso ⁴.

Sabe-se também que a mensuração calórica habitual dos indivíduos está sujeito a erros aleatórios e sistemáticos. O erro sistemático, ou viés, ocorre em média para

todos os indivíduos medidos. O erro aleatório decorre, principalmente, de flutuações dadas pelo dia-a-dia e varia entre indivíduos, com média igual a zero, fornecendo medidas menos precisas ⁴.

Guthria (1984) observou grandes discrepâncias, considerando 147 adultos jovens, entre a percepção de porções-padrão e quantidade de alimentos apresentados por nutricionistas como porções típicas⁵.

A TRI surgiu entre os anos 1950 e 1960 para responder a indagação relativa aos testes de inteligência, cujos resultados variavam em razão dos instrumentos de medida utilizados. É um conjunto de modelos matemáticos que procuram representar a probabilidade de alguém dar uma resposta ao item como função dos parâmetros de quem responde ⁶.

Após o avanço tecnológico dos anos 80, com o desenvolvimento de softwares para uso prático dos algoritmos complexos que o modelo contém, essa teoria começou a ser difundida ^{6,7}.

O escore theta (traço latente, nesse estudo representando a ingestão energética) têm uma relação não linear com a probabilidade de consumo de um determinado item. Assim possibilita uma melhor análise dos itens e a fidedignidade da estimação da medida ⁷.

Utilizaremos a Teoria de Resposta ao Item (TRI) como alternativa para estimar a ingestão energética das gestantes a partir do conjunto de respostas dadas no QFA e compararemos com a ingestão energética medido por dois recordatórios alimentares.

Revisão da Literatura

- Construção do QFA⁵.
- Estudos do QFA em grupos específicos focado em gestantes ^{1;2;5}.
- Pontos positivos e negativos do QFA^{8;10;11;12}.
- Aplicação da TRI em epidemiologia e áreas com maior utilização dessa teoria ^{6;7;13;14;15}.

Estratégia de Busca

Uma busca na literatura foi realizada através da base de dados eletrônica PUBMED, para encontrar estudos publicados em inglês ou português, usando os termos de busca conforme as tabela 1.

Tabela 3 - Pesquisa na base de dados eletronica PUBMED com termos Mesh

Search	Most Recent Queries	Time	Result
#25	Search TRI	10:11:09	0
#24	Search (#19) AND (#23)	10:09:54	0
#23	Search limitations	10:09:20	5
#22	Search nutric*	10:07:59	1
#21	Search nutricion	10:07:52	0
#20	Search ((#16) OR (#17)) AND (#3)	10:02:46	0
#19	Search ((#16) OR (#17)) OR (#3)	10:01:29	94
#18	Search ((#16) AND (#17)) AND (#3)	10:01:02	0
#3	Search questionnaire	10:00:16	4
#17	Search frequency	10:00:05	13
#16	Search food	09:56:28	77

Pesquisando na PUBMED encontramos (pesquisa entre aspas apresenta o mesmo resultado que [tw]):

3896 resultados usando "food frequency questionnaire";

709 resultados usando "item response theory";

1 resultados usando "food frequency questionnaire" AND "item response theory";

4 resultados usando "food frequency questionnaire" AND "abandon".

Também foram pesquisadas as referências dos artigos obtidos, bem como outros estudos e teses indicados por profissionais da área referente à pesquisa (ver bibliografia).

Planejamento da Pesquisa

Delineamento

Trata-se de um estudo transversal para estimar a ingestão energética nas gestantes.

Sujeitos

Critério de Inclusão: As participantes foram gestantes, que se encontravam nas salas de espera para consulta ou exames de pré-natal. Não foram usadas limites de idade ou idade gestacional.

Critério de Exclusão: Excluída gestantes portadoras de deficiência mental.

Foram excluídas nove gestantes selecionadas: uma gestante cuja ecografia realizada no dia da entrevista mostrou óbito fetal, uma gestante que não concluiu a primeira entrevista e uma hospitalizada no dia anterior à entrevista, que não respondeu o recordatório.

Amostragem

Meu projeto será realizado com o banco de dados do projeto ECCAGe. A amostra foi de conveniência.

Foram selecionadas 161 gestantes, sendo 85 de Bento Gonçalves e 76 de Porto Alegre.

Análise dos Dados

Será usado o software R 2.10.1 para a estimativa dos parâmetros e da ingestão energética (traço latente do TRI).

Medidas

Frequência Alimentar, Tamanho da Porção e Composição Nutricional do Alimento. Utilizou a Tabela de Composição de Alimentos: Suporte para Decisão Nutricional / Sonia Tucunduva Philippi.

Logística

Entrevistadas por equipe treinada centralmente antes ou após a consulta pré-natal.

Questões Éticas

O estudo do qual pertence esse projeto originalmente foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A entrevista, para as gestantes que concordaram em participar da pesquisa, foi aplicada após a leitura e esclarecimento do Termo de Consentimento.

A participação foi voluntária e isenta de custos, ou de qualquer outra responsabilidade. Garantiu-se a liberdade de retirada de consentimento a qualquer momento e abandono do estudo, sem qualquer prejuízo a pesquisa.

O estudo, por ser composta pela entrevista e revisão de prontuário, não gera risco às gestantes. A única inconveniência é o tempo tomado pela permanência das mesmas na unidade básica de saúde. O benefício deste trabalho poderão ser revertidos à todas as gestantes de modo indireto.

Está sendo providenciado o adendo para permissão do uso dos questionários para essa pesquisa.

Cronograma

	2010			2011			
	2º Trim.	3º Trim.	4º Trim.	1º	2º	3º	4º
Revisão Literária	x	x	x	x	x		
Análise Estatística		x	x	x	x		
Apresentação/Publicação					x	x	x

Recursos necessários

Recurso	Descrição	Valor Aproximado
Material de Escritório	Folhas para impressão de artigos	R\$ 100,00
Equipamentos	Cartuchos de Impressão	R\$ 100,00
Referências	Aquisição de artigos	R\$ 300,00
<i>TOTAL =</i>		<i>R\$ 500,00</i>

Bibliografia:

1. Giacomello A, Schmidt MI, Nunes MAA, et al. Validação relativa de Questionário de Freqüência Alimentar em gestantes usuárias de serviços do Sistema Único de Saúde em dois municípios no Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.* 2008;8(4).
2. Fisberg RM, Colucci ACA, Morimoto JM, Marchioni DML. Questionário de freqüência alimentar para adultos com base em estudo populacional. *Rev. Saúde Pública.* 2008;42(3).
3. Furlan-Viebig R, Pastor-Valero M. Desenvolvimento de um questionário de freqüência alimentar para o estudo de dieta e doenças não transmissíveis. *Rev. Saúde Pública.* 2004;38(4).
4. Slater B, Marchioni DM, Voci SM. Use of linear regression for correction of dietary data. *Revista de Saúde Pública.* 2007;41:190–196.
5. MONTEIRO JP, PFRIMER K, TREMESCHIN MH, MOLINA M, CHIARELO P. *Consumo Alimentar: Visualizando Porções.* 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
6. RABELO ML. A Teoria de Resposta ao Item no novo ENEM. *Revista Explicando o ENEM(SER):*65-67.
7. PASQUALI L, PRIMI R. Basic Theory of Item Response Theory - IRT. *Avaliação Psicológica.* 2003;2(2):99-110.
8. Brown D. Do food frequency questionnaires have too many limitations? *J Am Diet Assoc.* 2006;106(10):1541-1542.
9. Watson K, Baranowski T, Thompson D, et al. Innovative application of a multidimensional item response model in assessing the influence of social desirability on the pseudo-relationship between self-efficacy and behavior. *Health Educ. Res.* 2006;21(suppl_1):i85-97.
10. Kristal AR, Peters U, Potter JD. Is It Time to Abandon the Food Frequency Questionnaire? *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention.* 2005;14(12):2826-2828.
11. Kristal AR, Potter JD. Not the time to abandon the food frequency questionnaire: counterpoint. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2006;15(10):1759-1760.
12. Willett WC, Hu FB. Not the time to abandon the food frequency questionnaire: point. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2006;15(10):1757-1758.
13. TEZZA R, BORNIA A. Teoria da Resposta ao Item: vantagens e oportunidades para a engenharia de produção. *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador BA.* 2009;XXV ICIEOM(Rio de Janeiro - RJ: ABEPRO).

Anexo (b): Declaração para uso do banco de dados



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

DECLARAÇÃO

Eu, Maria Teresa Anselmo Olinto, coordenadora do projeto de pesquisa "Construção e Validação de um Instrumento para Avaliação de Consumo Alimentar na População", financiando pelo PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (processo n. 0257052), autorizo Luciano Guimarães a fazer uso dos bancos de dados gerados por esse projeto.

Os dados poderão ser utilizados para gerar monografias, dissertações e produções no formato de artigo científico. Fica acordado que todo artigo científico gerado a partir desses dados deverá passar pela avaliação da coordenação do projeto antes de ser submetido para publicação.

São Leopoldo, 10 de Março de 201

Maria Teresa Anselmo Olinto
CPF: 343270880-72

Anexo (c): Questionário de Frequência Alimentar

Ordem	Alimento Agrupado	NÃO (0)	Frequência				nº de porções	Medida	Observações
			mês	semana	dia				
1	FRUTAS							Quando a medida não estiver contemplada na coluna J, incluí-la na linha verde correspondente ao alimento.	
2	abacaxi						fatia		
3									
4	banana						unidade pqna		
5							unidade media		
6							unidade grande		
7									
8	laranja						unidade média		
9							unidade grande		
10									
11	maca						unidade média		
12							unidade grande		
13									
14	mamao						fatia pqna		
15							unidade de papaia pqno		
16									
17	manga						fatia		
18							unidade		
19									
20	melancia						fatia		
21									
22	melao						fatia		
23									
24	Salada de frutas						copo		

25									
26	tangerina								unidade média
27									unidade grande
28									
29	uva								cacho pqno
30									
31	LEGUMES E VERDURAS	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções		Medida
32	abobora								colher de sopa
33									pedaço médio
34									
35	abobrinha								colher de sopa
36									colher de servir
37									
38	aipim / inhame								pedaço
39									
40	alface/agriao/rucula								pires de xicara de chá
41									
42	beterraba								fatia
43									colher de servir
44									
45	brocolis								colher de sopa
46									pegador
47									
48	cenoura								colher de sopa
49									
50	chuchu								colher de sopa
51									colher de servir
52									
53	couve								colher de sopa
54									pegador
55									

56	couve flor									colher de sopa
57										flor
58										
59	ervilha/ervilha enlatada									colher de sopa
60										colher de servir
61										
62	espinafre									colher de sopa
63										
64	milho / milho enlatado									colher de sopa
65										espiga
66										
67	pepino									colher de sopa
68										fatia
69										
70	quiabo									colher de sopa
71										
72	repolho									colher de sopa
73										colher de servir
74										
75	salada de maionese / salada de batata									colher de sopa
76										
77	sopa de legumes									concha média
78										
79	tomate									fatia
80										
81	vagem									colher de sopa
82										colher de servir
83										
84	azeite de oliva									colher de chá
85										colher de sopa
86										

87	LANCHES	NÃO (0)	mês	semana	dia	nº de porções	Medida
88	pao de forma						fatia
89							
90	pao frances						unidade
91							fatia
92	pao de leite						unidade pqna (bisnaguinha)
93							unidade média (cachorro quente)
94							
95	pao integral						fatia
96							
97	pao doce						unidade
98							
99	torrada industrializada						fatia
100							
101	Frios	NÃO (0)	mês	semana	dia	nº de porções	Medida
102	geleia / shimier						colher de chá
103							colher de sopa
104							
105	maionese industrial						colher de chá
106							colher de sopa
107							
108	manteiga c sal						colher de chá
109							
110	margarina						colher de chá
111							
112	margarina light						colher de chá
113							
114	requeijao						colher de sopa
115							colheres de chá
116							

117	requeijao light							colher de sopa
118								
119	Queijos e presuntos	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
120	minas/ricota							fatia media
121								fatia ricota
122								
123	prato/mussarela							fatia media
124								
125	presunto							fatia pqna
126								fatias médias
127								
128	presunto de peru							fatia
129								
130	biscoitos e bolos	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
131	biscoito doce (Maria / Maizena)							unidade
132								
133	biscoito doce recheado							unidade
134								
135	biscoito salgado (Club Social, salclie,cream cracker)							unidade
136								
137	biscoito tipo salgadinho							pacote pqno
138								pacote médio
139								pacote grande
140								
141	biscoitos e bolos	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
142	bolo recheado							fatia pqna
143								fatia média
144								

145	bolo simples							fatia média
146								fatia grande
147								fatia pequena
148	Salgados	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
149	pizza							fatia pqna
150								fatia média
151								
152	Salgado assado (empada, esfiha italiano, pao d queijo)							unidade
153								
154								
155	Salgado frito (coxinha, pastel, quibe)							unidade
156								
157	Sanduche tipo hamburguer (mac, bauru, xis...)							unidade
158								
159	bebidas	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
160	bebida de soja	0						copo tipo requeijão
161								
162	cafe							copo cafesinho
163								xicara de chá
164								
165	cha							xicara de chá
166								caneca
167								copo
168	refrigerante							copo tipo requeijão
169								lata
170								
171	refrigerante light							copo tipo requeijão
172								lata

173								
174	suco industrializado							copo tipo requeijão
175								copo plástico 300ml
176								
177	suco natural							copo tipo requeijão
178								copo plástico 300ml
179								
180	suco refresco							copo tipo requeijão
181								copo plástico 300ml
182								
183	bebidas alcoolicas	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
184	Cerveja							copo tipo requeijão
185								lata
186								
187	Vinho							taça
188								
189	vodka, cachaça, wiski							dose
190								
191	leite e derivados	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
192	iogurte							copo tipo requeijão
193								pote
194								
195	iogurte light							copo tipo requeijão
196								pote
197								
198	leite desnatado							copo tipo requeijão
199								caneca pqna
200								
201	leite integral							copo tipo requeijão
202								caneca pqna

203								
204	leite semi-desnatado							copo tipo requeijão
205								caneca pqna
206								
207	outros	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
208	aveia							colher de sopa
209								
210	chocolate/bombom							barra pqna chocolate
211								unidade bombom
212								
213	pipoca							saco
214								
215	DOCES	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
216	bala							unidade
217								
218	doce de leite							colher de sopa
219								
220	gelatina							colher de sopa
221								pote
222								copo tipo requeijão
223	goiabada / figada / marmelada...							colher de sopa
224								fatia
225								
226	outro doce de fruta (frutas em calda)							unidade
227								pedaço
228								
229	pudim							colher de sopa
230								fatia pqna
231								
232	sorvete							bola

233								colher de sopa
234								
235	acucar refinado							colher de chá
236								colher de sobremesa
237								
238	PRATOS QUENTES	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
239	angu ou polenta							colher de sopa
240								colher de servir
241								
242	arroz branco							colher de sopa
243								colher de servir
244								
245	arroz integral							colher de sopa
246								colher de servir
247								
248	farinha de mandioca							colher de sopa
249								
250	farofa							colher de sopa
251								colher de servir
252								
253	feijao preto							concha média
254								
255	macarrao							pegador
256								
257	batata	NÃO (0)	mês	semana	dia		nº de porções	Medida
258	batata cozida ou assada							colher de sopa
259								unidade pqna
260								
261	corada							colher de sopa
262								unidade pqna

263								
264	frita ou palha							colher de servir
265								pegador
266								
267	purê de batata							colher de sopa
268								colher de servir
269								
270	ovos	NÃO (0)	mês	semana	dia		n° de porções	Medida
271	cozido							unidade
272								
273	frito							unidade
274								
275	omelete / poche / ovo mexido							unidade pqna
276								
277	CARNES							
278	Carne de boi	NÃO (0)	mês	semana	dia		n° de porções	Medida
279	almondega							unidade
280								
281	bife							unidade média
282								
283	carne assada							fatia média
284								
285	carne ensopada							colher de sopa
286								pedaço
287								
288	carne moída							colher de sopa
289								colher de servir
290								
291	carne seca / carne de sol / charque							colher de sopa
292								colher de servir

293								
294	Frango	NÃO (0)	mês	semana	dia	n° de porções	Medida	
295	empanado						nuggets	
296							filé	
297								
298	ensopado/cozido/assado						colher de servir	
299							pedaço (peito, coxa e sobrecoxa)	
300								
301	frito						pedaço (peito, coxa e sobrecoxa)	
302								
303	grelhado						filé médio	
304								
305	Peixe	NÃO (0)	mês	semana	dia	n° de porções	Medida	
306	ensopado ou cozido						filé médio	
307							posta média	
308								
309	frito						filé médio	
310							posta média	
311								
312	Outras carnes	NÃO (0)	mês	semana	dia	n° de porções	Medida	
313	carne de porco						pedaço	
314								
315	figado de boi						unidade	
316								
317	linguica						unidade de lingüiça	
318							unidade de salsichão	
319								
320	salsicha						unidade	
321							fatia	

	ALIMENTOS DE CONSUMO REGIONAL	NÃO (0)	mês	semana	dia	n° de porções	Medida
322							
323	chimarrao						cuias
324							térmicas
325							entre 2 a 3 pessoas
326	cuca						fatia pqna
327							fatia média
328							fatia grande
329							
330	pinhao						unidades
331							
332	polenta fita						fatias
333							
336	OUTROS ALIMENTOS	NÃO (0)	mês	semana	dia	n° de porções	Medida
337							
338							
339							
340							
341							
342							
343							
344							
345							
346							

Para os alimentos novos, incluir o nome do alimento na coluna B, as frequências e o número de porções nas colunas correspondetes e a medida na coluna J.

Anexo (d):Recordatório de 24 Horas

Inquérito Recordatório de 24 horas

<Agora, vamos conversar sobre tudo o que você fez e comeu ontem>					
HORA	MINUTOS	ATIVIDADES	Alimentos consumidos ou Descrição da Preparação	Número da Figura do Alimento no Registro	Quantidade ou Medida Caseira (Registro Fotográfico)
		Foi dormir no dia de ontem... Acordou...			

Anexo (e): Trabalho de conclusão do Curso de Bacharelado em Estatística

Título: Aplicação da Teoria de Resposta ao Item no Questionário de Frequência Alimentar para estimação do consumo calórico

Título Reduzido: TRI para estimação do consumo calórico

Autores:

Luciano Santos Pinto Guimarães¹ - guima98@gmail.com

PhD Maria Teresa Anselmo Olinto³ - mtolinto@unisinis.br

Dr^a. Suzi Alves Camey^{1,2} - camey@mat.ufrgs.br

1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia.

2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática, Departamento de Estatística.

3 Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva

Correspondência com autor (corresponding author):

Suzi Camey E-mail: camey@mat.ufrgs.br

Phone/Fax number: 55+51+3308-6193

Mailing Address:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Departamento de Medicina Social / PPG- Epidemiologia

Rua Ramiro Barcelos, n° 2600 – 4° andar – sala 419

CEP: 90035-003

Porto Alegre – Brasil

Resumo:

Background: A teoria da resposta ao item (TRI) envolve um conjunto de modelos estatísticos que permitem estimar uma variável não observável através de variáveis observáveis. O objetivo principal dessa pesquisa foi apresentar e encontrar o melhor modelo TRI para estimar do consumo calórico.

Setting: utilizou-se um banco de dados de 152 gestantes usuárias do sistema público de saúde, residentes no sul do Brasil.

Methods: As opções de resposta de um QFA com 88 itens alimentares foram dicotomizadas (consome/não consome). A partir da análise de componentes principais focada foram selecionados 19 itens alimentares, todos correlacionados positivamente com a média de dois recordatórios alimentares utilizados como método de referência. Testaram-se modelos TRI unidimensionais para itens dicotômicos. Para comparar os resultados das estimações foram usados os o gráfico de Bland-Altman e a correlação de Pearson.

Results: O modelo logístico de dois parâmetros foi o que melhor se adequou aos dados. O coeficiente de correlação de Pearson foi de 0,32 ($p < 0,001$). O viés entre as estimações da TRI e do R24h/48h foi de -14,1 (IC95:-1616,0; 1587,7). Foram identificados alimentos com alta probabilidade de serem consumidos e alimentos que discriminam bem o consumo calórico das gestantes.

Conclusion: A estimação do consumo calórico pela TRI apresentou melhor correlação com a estimativa do consumo calórico medida pelo R24h/48h do que a estimativa do consumo calórico medido pelo QFA da maneira tradicional. A nova metodologia também reduziu o viés, corrigindo a superestimação encontrada pelo método tradicional do QFA, com redução dos itens empregados, dicotomizando a resposta e sem depender de tabelas nutricionais.

Introdução

Um dos maiores desafios em epidemiologia nutricional é a obtenção da correta medida da dieta, particularmente, a quantificação do consumo calórico e dos nutrientes. A ausência de uma medida direta da dieta pode ocasionar erros aleatórios e sistemáticos que afetam a validade interna e externa dos resultados, provenientes de falhas no relato tanto da frequência e da porção de consumo, no uso das tabelas de alimentos, e também devido a própria variabilidade da dieta[1].

Entre os diversos métodos para avaliar a dieta, o Questionário de Frequência Alimentar (QFA) tem sido o método preferencial para estudos epidemiológicos por ser de baixo custo, de simples aplicação e permitir conhecer o consumo habitual de alimentos por um grupo populacional em um determinado período de tempo, normalmente o ano anterior[2]. Por outro lado, a simplicidade do QFA contrapõe-se ao tempo de aplicação, principalmente quando são utilizados questionários que investigam muitos itens alimentares, como por exemplo, o estudo de Carlsen et al (2010)[3] que utilizou 270 itens. Um QFA muito longo pode tornar a entrevista cansativa, desmotivar o entrevistado e diminuir sua cooperação no relato das informações sobre o consumo calórico. Além disso, quanto maior número de itens alimentares presentes em um QFA maior a superestimação do consumo calórico da dieta[2]. Um outro problema do QFA é que ele depende das tabelas nutricionais para poder estimar o consumo calórico. Um dos inconvenientes dessas tabelas é que para vários itens alimentares existem valores energéticos diferentes para cada subtipo do item. Por exemplo, para o item banana existem vários subtipos de bananas, cada um com valores energéticos diferentes. Como, normalmente no QFA aparece apenas "banana" qualquer escolha feita não reflete a realidade. Portanto um método de estimação que não dependa de tais tabelas seria bastante útil.

O ideal seria poder estimar o consumo calórico com o menor número possível de itens e informações simples sobre a frequência e quantidade consumida. A Teoria de Resposta ao Item (TRI) apresenta-se como uma ferramenta para atingir esse ideal. A TRI é um conjunto de modelos que permite estimar uma variável não observável (por exemplo, consumo calórico) através de variáveis observáveis (por exemplo, consumo de itens alimentares). Essa teoria vem sendo elaborada aos poucos desde meados dos anos 30 por vários autores. As principais aplicações da TRI são em testes educacionais e

testes psicométricos[4][5]. Na área da nutrição, até o momento, a única aplicação de TRI refere-se a instrumentos que medem insegurança alimentar[6][7].

Existe uma variedade de modelos matemáticos da Teoria de Resposta ao Item que podem ser classificados de acordo com o número de categorias de resposta para cada item: dicotômicos (itens com duas categorias) e politômicos (itens com mais de duas categorias). Os modelos também são classificados de acordo com o número de parâmetros que os definem, podendo apresentar um, dois ou três parâmetros. Cada parâmetro mede uma característica diferente do item cuja interpretação na estimação do consumo calórico será mostrada na seção de métodos deste artigo.

O nosso objetivo foi apresentar o uso da TRI e encontrar o melhor modelo para estimar o consumo calórico através da classificação dicotômica de um subconjunto de itens alimentares de um QFA. Para tal, selecionou-se itens alimentares que realmente contribuem para a estimação do consumo calórico utilizando como referência a média de dois recordatórios alimentares, testou-se o modelo TRI que melhor se ajustava aos dados e, ao final, comparou-se as estimativas de consumo calórico obtidas pela TRI e pelo QFA com as médias de consumo entre os dois recordatórios alimentares de 24 e 48hs.

MÉTODOS

Sujeitos

Utilizou-se o banco de dados de um estudo de validação de QFA de 152 gestantes usuárias do sistema público de saúde, em dois municípios de médio e grande porte localizado no sul do Brasil, no período de novembro de 2005 a janeiro de 2006. O detalhamento da metodologia adotada foi descrito no artigo de Giacomello et al. (2008)[8].

QFA/R24h

O QFA utilizado continha a frequência e a quantidade de consumo de 88 itens alimentares, referente aos 12 meses anteriores a entrevista. A quantidade de consumo de cada item alimentar foi obtida por meio de porções padronizadas e a frequência de consumo com as seguintes categorias de consumo: “mais de três vezes ao dia”, “duas a três vezes ao dia”, “uma vez ao dia”, “cinco a seis vezes por semana”, “duas a quatro vezes por semana”, “uma vez por semana”, “uma a três vezes por mês”, “nunca/quase

nunca”. Durante as entrevistas foram aplicados o QFA e dois recordatórios alimentares (R24h e R48h), relativo aos dois dias precedentes. Inicialmente, era aplicado o QFA e logo após o R24h seguido do R48h a fim de prevenir a influência destes nas respostas do questionário. Utilizou-se a tabela de composição de alimentos do Suporte para Decisão Nutricional/Sonia Tucunduva Philippi[9]. O consumo de nutrientes baseado nos recordatórios alimentares foi estimado com uso do software Virtual Nutri.

Análise Estatística

A análise apresentada a seguir refere-se a modelos mais simples de TRI, unidimensionais com respostas dicotômicas. Portanto, os itens do consumo calórico do QFA foram agregados em duas categorias (sim/não). Foram categorizadas como “zero” as frequências “nunca/quase nunca” (itens não consumidos) e categorizadas como 1 todas as outras (itens consumidos). Foi utilizado o teste da razão da verossimilhança para verificar qual modelo melhor se ajustou aos dados.

O modelo geral é aquele que inclui três parâmetros (ML3). Esse modelo chamado de Modelo de Birnbaum[10] é caracterizado pela equação 1 dada por:

$$P(X_{ij} = 1|\theta_j) = c_i + (1 - c_i) \left(\frac{1}{1 + e^{-1,702 a_i (\theta_j - b_i)}} \right), \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

i é o índice que identifica os itens alimentares (varia de 1 a 88);

j é o índice que identifica as gestantes (varia de 1 a 152);

$X_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{quando a gestante } j \text{ responde não consumir o item alimentar } i \\ 1, & \text{quando a gestante } j \text{ responde que consome o item alimentar } i \end{cases}$

θ_j é o nível de consumo calórico do j -ésima gestante.

a_i, b_i e c_i são os 3 parâmetros do modelo que serão descritos a seguir.

Dessa forma pode-se dizer que $P(X_{ij} = 1|\theta_j)$ é a probabilidade da gestante j consumir o item alimentar i dado que ela possui um consumo calórico θ_j .

De modo geral em epidemiologia nutricional a interpretação desses parâmetros, tendo como variável não observável o consumo calórico, é a seguinte: o parâmetro c_i pode ser interpretado como a probabilidade de um sujeito, que apresenta baixo consumo calórico, consumir o item alimentar i . Chamaremos c_i de prevalência mínima do consumo calórico do item i . O parâmetro b_i pode ser interpretado como a dificuldade de

consumir o item alimentar i . Um item alimentar com baixa dificuldade indica uma probabilidade alta de ser consumido. Uma alta dificuldade revela alimentos com pouca probabilidade de consumo. O parâmetro a_i é utilizado para identificar o poder que um item alimentar tem em discriminar o consumo calórico entre os sujeitos. Um item alimentar com baixa discriminação não possui poder de diferenciar sujeitos que possuam consumos calóricos muito distintos, assim como valores altos indicam itens capazes de separar sujeitos com níveis semelhantes de consumo calórico. Segundo Andrade et al (2000)[11] valores de discriminação mais apropriados são aqueles maiores que 1.

Os outros dois modelos para itens dicotômicos podem ser obtidos a partir do modelo logístico de 3 parâmetros (ML3). Quando se assume a prevalência mínima do item i igual à zero, isso significa excluir c_i da equação 1. O modelo sem o parâmetro c_i é chamado de modelo logístico unidimensional de 2 parâmetros (ML2)(25). Se, além disso, for feita a suposição que todos os itens têm o mesmo poder de discriminação, tem-se o chamado modelo logístico unidimensional de 1 parâmetro (ML1), também conhecido como Modelo de Rasch[12].

Teoricamente na TRI a variável não observável, pode assumir qualquer valor real entre $-\infty$ e $+\infty$. É definida uma origem e uma unidade de medida para a definição dessa escala. Usa-se a média igual a zero e o desvio-padrão igual a 1, que é representada por escala (0,1). O parâmetro b_i é o único medido na mesma escala da variável não observável. Conhecendo a média e o desvio-padrão (DP) do consumo calórico dos sujeitos da população em estudo, podemos transformar a escala (0,1) em uma escala não padronizada, denominada por θ'_j , e obtida por[4][11] :

$$\theta'_j = DP * \hat{\theta}_j + M \quad , \text{ (Equação 2)}$$

Nos modelos da TRI pode-se expressar graficamente cada item através da Curva Característica do Item (CCI). O eixo horizontal representa o consumo calórico padronizado (média igual a zero e desvio padrão igual a 1) e o eixo vertical indica a probabilidade do consumo do alimento. A interpretação da CCI será apresentada na sessão de Resultados.

Um dos pressupostos da Teoria de Resposta ao Item é a unidimensionalidade. Um conjunto de itens deve estar medindo um único traço latente; contudo, para satisfazer este postulado é suficiente admitir que haja um fator dominante responsável

pelo conjunto de itens. Este fator é o que se supõe estar sendo medido pelo teste. Segundo Schmitt (1996)[13], quanto mais estritamente unidimensional for o constructo, menos ambíguas as interpretações dos resultados e mais legítimas são as correlações entre os itens(30). Para Erthal (1987)[14] *bons itens* são aqueles que obtêm uma correlação elevada com escore total do teste, no nosso caso, o consumo calórico medido pelo R24h, e entre si. Se um item mede um aspecto particular de uma variável, a correlação entre item e escore total deve ser positiva.

Para identificar os itens que estavam mais correlacionados entre si e com o consumo calórico medido pelo recordatório, foi utilizada a Análise de Componente Principal Focada (ACPF)[15]. Ela é uma técnica que permite descrever e entender as relações entre um grande número de variáveis com particular interesse em uma variável resposta, nesse caso o consumo calórico. Os resultados gerados pela ACPF são apresentados graficamente. Utilizando a correlação bisserial correlacionou-se o valor médio do consumo calórico entre os dois recordatórios (R24h e R48h) com os itens alimentares dicotomizados do QFA. O objetivo assim foi saber quais os alimentos que pertenciam a um mesmo padrão para serem classificados como *bons itens*, garantindo uma única dimensão a ser medida. Logo, os itens alimentares foram reduzidos para aqueles mais correlacionados positivamente com valor médio do consumo calórico dos recordatórios alimentares e para os que se encontravam mais próximos desses itens.

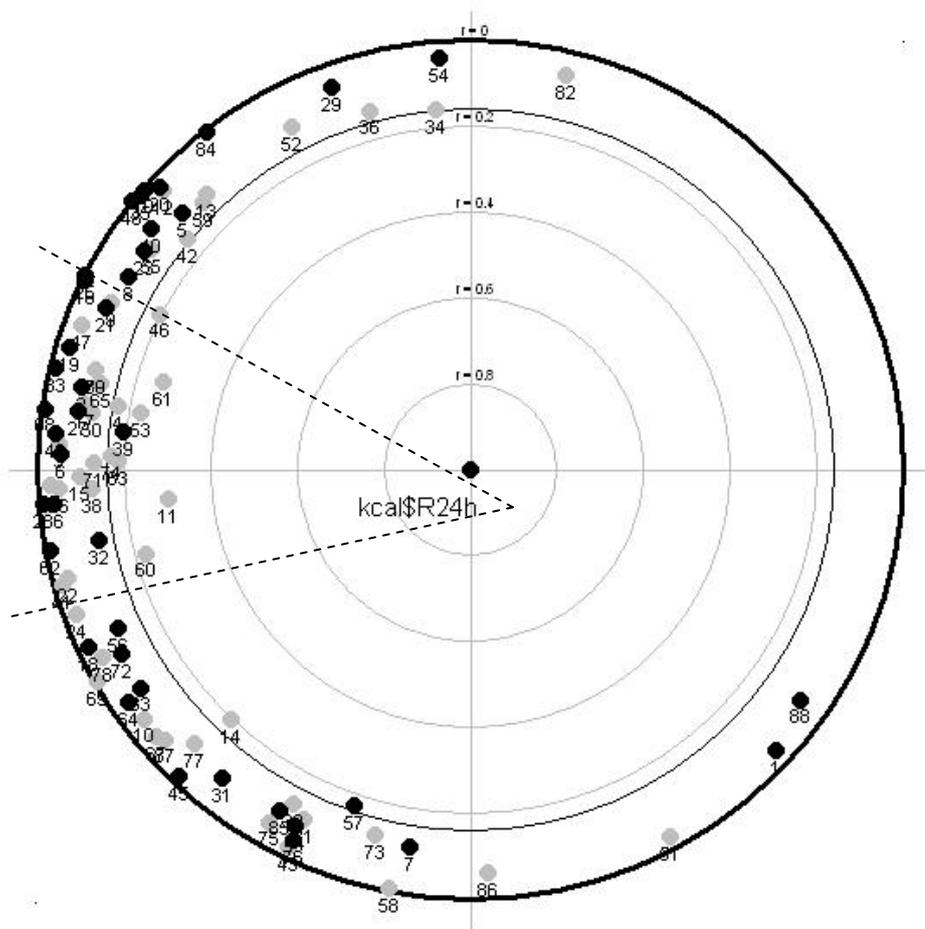
A consistência interna dos itens escolhidos foi medida através do coeficiente alfa de Cronbach[16]. As estimativas obtidas pelos dois métodos foram correlacionadas pelo método de Pearson[17]. Para avaliar a concordância entre os métodos utilizados (o valor médio do consumo calórico do R24h e a estimativa da TRI) usou-se o método gráfico de Bland-Altman[18]. Como o consumo calórico estimado pela TRI está na escala (0,1) para poder compará-lo realizou-se a transformação citada na equação 2. Todas as análises foram realizadas no software R (R Development Core Team, 2010). Para a análise da TRI usou-se a biblioteca ltm(31)], para a ACPF a psy(32) e a biblioteca que contém o Bland-Altman é a EpiR[21]. Tanto o programa quanto as bibliotecas podem ser obtidos através do endereço <http://www.r-project.org/>.

Resultados

Entre as 152 gestantes, 80,3% estavam na faixa etária entre 18 e 42 anos de idade e 91,5% apresentava, baixa renda familiar (menor do que U\$ 200/month).

Aproximadamente metade da amostra estava no terceiro trimestre de gravidez (52%). Em relação aos dias a que se referem os recordatórios alimentares, 42% das gestantes responderam tanto para os dias de semana quanto aos finais de semana (mistos). O consumo calórico médio das gestantes estimado pela média dos recordatórios foi de 1971,1 (DP=623,3).

Após a dicotomização dos dados, realizou-se a ACPF onde 19 itens dentre os 88 foram selecionados. Na figura 1 pode-se visualizar o gráfico dessa análise. Os itens apontados como bons itens são aqueles dentro da área delimitada pelas duas linhas tracejadas. Pontos claros representam itens com correlação positiva e pontos escuros itens com correlação negativa. Usou-se uma codificação para cada item alimentar evitando a poluição dentro do gráfico. O alfa de Cronbach dos 19 itens escolhidos foi de 0,713.



Legenda:

1	arroz branco	23	laranja	45	pimentão	67	hambúrguer
2	arroz integral	24	banana	46	cenoura	68	pizza
3	feijão	25	mamão	47	beterraba	69	camarão
4	macarrão	26	maçã	48	couve-flor	70	bacon
5	macarrão integral	27	melancia	49	ovos	71	maionese
6	farinha mandioca	28	abacaxi	50	leite desnatado	72	salgado
7	pão francês	29	abacate	51	leite integral	73	salgadinho
8	pão integral	30	manga	52	leite semi-desnatado	74	sorvete
9	pão caseiro	31	limão	53	iogurte	75	açúcar
10	biscoito doce	32	maracujá	54	iogurte light	76	balas
11	bolo/cuca	33	uva	55	queijo	77	chocolate pó
12	biscoito salgado	34	goiaba	56	requeijão	78	chocolate barra
13	polenta	35	pera	57	manteiga	79	doce-leite
14	batata frita	36	chicória	58	margarina	80	pudim
15	batata cozida	37	tomate	59	vísceras	81	refrigerante
16	aipim	38	chuchu	60	boi com osso	82	refrigerante light
17	milho verde	39	abóbora	61	boi sem osso	83	café
18	pipoca	40	abobrinha	62	carne porco	84	suco natural
19	lentilha	41	pepino	63	frango	85	suco artificial
20	alface	42	vagem	64	salsicha	86	vinho
21	couve	43	cebola	65	peixe	87	cerveja
22	repolho	44	alho	66	peixe-enlatado	88	bebida álcool

Figura 3 - Análise de Componentes Principais Focada para os 88 itens alimentares com foco no consumo calórico estimado pelo R24hr

Na figura 2, pode-se ver que uma única gestante reportou consumir dois dos 19 itens alimentares, 103 (67,8%) gestantes citaram consumir entre 10 e 14 itens na sua dieta e somente duas reportaram comer dezoito itens alimentares. Ninguém reportou o consumo de somente um item ou de todos os 19 itens.

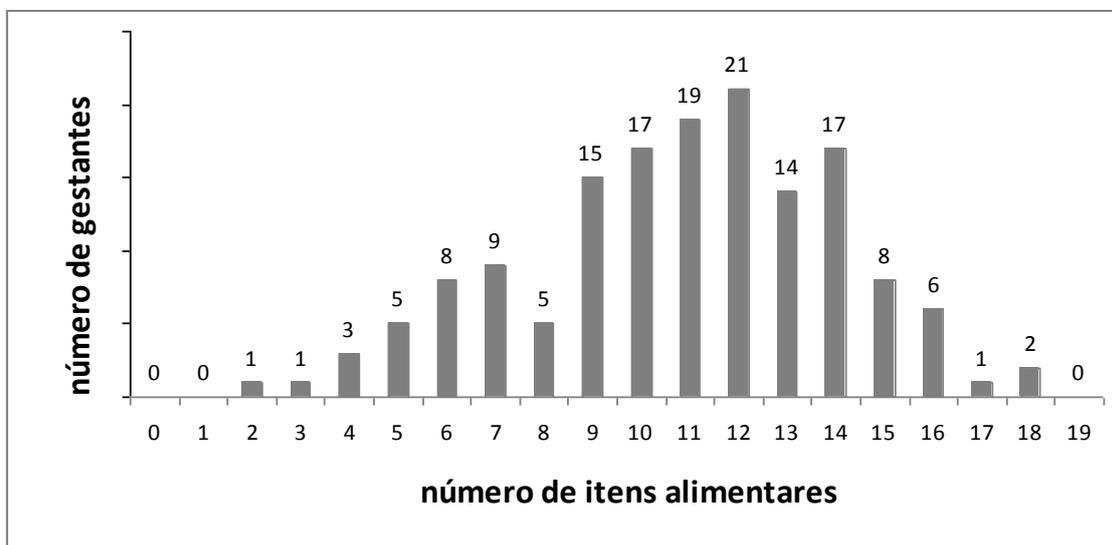


Figura 4 – Distribuição de frequência de consumo de cada número de itens

Com esses 19 itens alimentares selecionados deu-se início às modelagens unidimensionais com os modelos de um, dois e três parâmetros. Entre os três modelos o ML2 foi o de melhor desempenho pelo teste da razão da verossimilhança ($p < 0,001$).

Conforme a tabela 1 os alimentos mais comuns na dieta das gestantes são o “feijão”, “macarrão”, “frango” e “carne de boi sem osso”. Já os itens “camarão” e o “leite desnatado” são menos consumidos. Encontram-se também os parâmetros de cada item classificados em ordem crescente pelo parâmetro de dificuldade. Os itens alimentares que apresentam menor dificuldade de consumo são “feijão”, “macarrão”, “frango” e “batata cozida” e os de maior são “camarão” e “leite desnatado”. Os itens que possuem valores de discriminação maiores que 1 são: “macarrão”, “frango”, “carne de boi sem osso”, “sorvete”, “beterraba”, “bolo/cuca”, “iogurte”, “cenoura”, “camarão” e “leite desnatado”. Já os três itens que menos discriminam são “queijo”, “peixe” e “pão caseiro”. A última coluna da tabela representa a probabilidade de uma gestante, com consumo calórico médio, dizer que consome o item alimentar i . Interpreta-se que, a probabilidade de uma gestante em responder que consome o item “feijão” é de 98,7%, e de dizer que consome “macarrão” é de 95,6%.

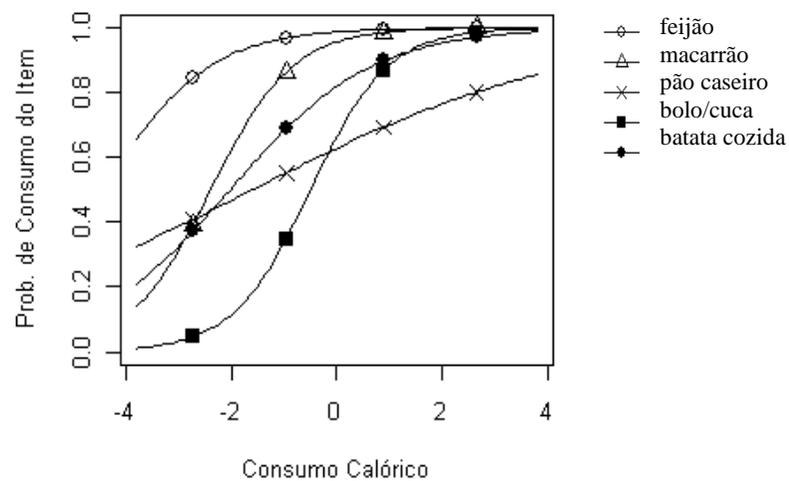
Tabela 4 - Estatística descritiva e parâmetros do ML2 (discriminação e dificuldade) ordenados pelo parâmetro de dificuldade

#	Itens Alimentares	Proporção de gestantes que consomem o item	Dificuldade (b_i)	Discriminação (a_i)	$P(X_{ij} = 1 \theta_j = 0)$
1	feijão	0,98	-4,46	0,98	0,987
2	macarrão	0,92	-2,39	1,29	0,956
3	frango	0,88	-2,22	1,04	0,910
4	batata cozida	0,80	-2,03	0,75	0,820
5	carne boi sem osso	0,85	-1,83	1,17	0,895
6	pão caseiro	0,63	-1,60	0,33	0,628
7	maçã	0,66	-0,89	0,90	0,689
8	sorvete	0,67	-0,80	1,11	0,707
9	beterraba	0,63	-0,52	1,39	0,674
10	bolo / cuca	0,63	-0,50	1,36	0,665
11	iogurte	0,59	-0,45	1,00	0,610
12	cenoura	0,57	-0,22	1,82	0,599
13	queijo	0,52	-0,13	0,63	0,521
14	maionese	0,47	0,14	0,90	0,469
15	milho verde	0,37	0,69	0,92	0,346
16	chuchu	0,27	1,37	0,83	0,243
17	peixe	0,32	1,62	0,51	0,306
18	camarão	0,03	2,95	1,45	0,014
19	leite desnatado	0,07	2,98	1,03	0,044

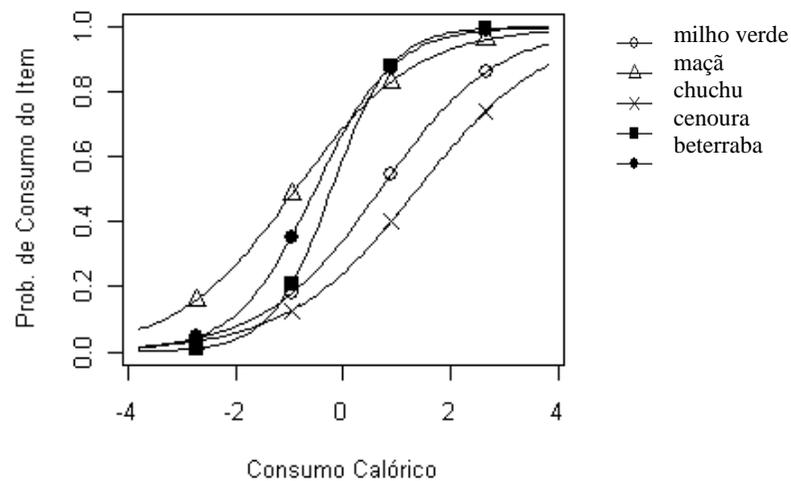
Com a ajuda da figura 3 interpretam-se os parâmetros da tabela 1. As curvas dos itens alimentares “feijão” e “leite desnatado” serão comparadas para explicar o parâmetro de dificuldade de consumo do item alimentar (parâmetro b_i). Observa-se um rápido crescimento na curva do item “feijão” (figura 3a) indicando que a probabilidade de consumo aproxima-se de um rapidamente. Ou seja, independente do valor calórico das gestantes há uma probabilidade alta de consumo desse item, logo esse terá uma baixa dificuldade de ser consumido. Já a curva do item “leite desnatado” (figura 3c) cresce lentamente podendo ser interpretado como não muito consumido. Esse alimento será classificado por um alto valor de dificuldade. Para esclarecer o parâmetro de discriminação (parâmetro a_i) foi usado, como exemplo, os itens alimentares “pão caseiro” e “bolo/cuca” (figura 3a). Suas curvas são bem distintas. O item “pão caseiro” tem uma inclinação suave, indicando baixa discriminação, diferente do item “bolo/cuca” que possui uma inclinação abrupta. Quanto maior essa inclinação maior será o valor da discriminação. Quanto mais acentuada for a inclinação maior é a capacidade do item em

dividir as gestantes em dois grupos: as que possuem consumo calórico abaixo do parâmetro de dificuldade e as que possuem consumo calórico acima do valor do parâmetro de dificuldade.

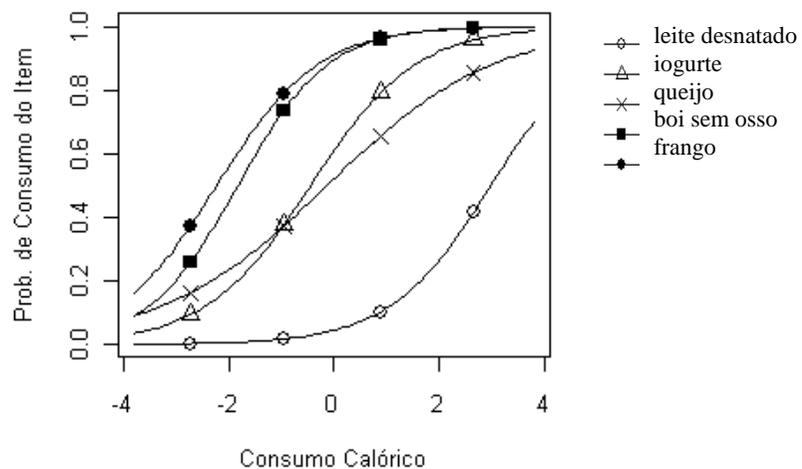
Ainda analisando a figura 3 pode-se visualizar que os itens alimentares discriminam gestantes em diferentes faixas do consumo calórico. Por exemplo, os itens bolo/cuca (figura 3a), cenoura e beterraba (figura 3b) discriminam melhor gestantes com traço latente no intervalo $[-1; 1]$ que correspondem ao intervalo de $[1347,9; 2594,4]$ kcal. O item boi sem osso (figura 3c) é capaz de discriminar melhor as gestantes que possuem traço latente no intervalo $[-3; 0]$ que corresponde às gestantes com consumo calórico no intervalo $[101,3; 1971,1]$ kcal. Já o item camarão discrimina gestantes com traço latente maior que 2, ou seja, gestantes com consumo calórico maior que 3217,7 kcal.



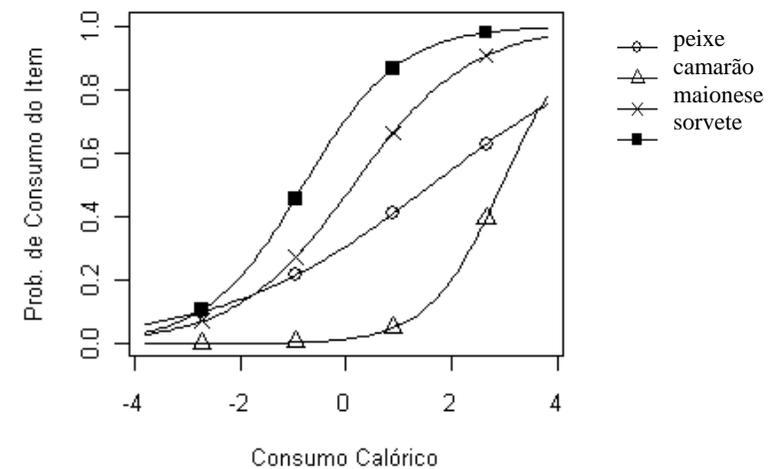
(3a)



(3b)



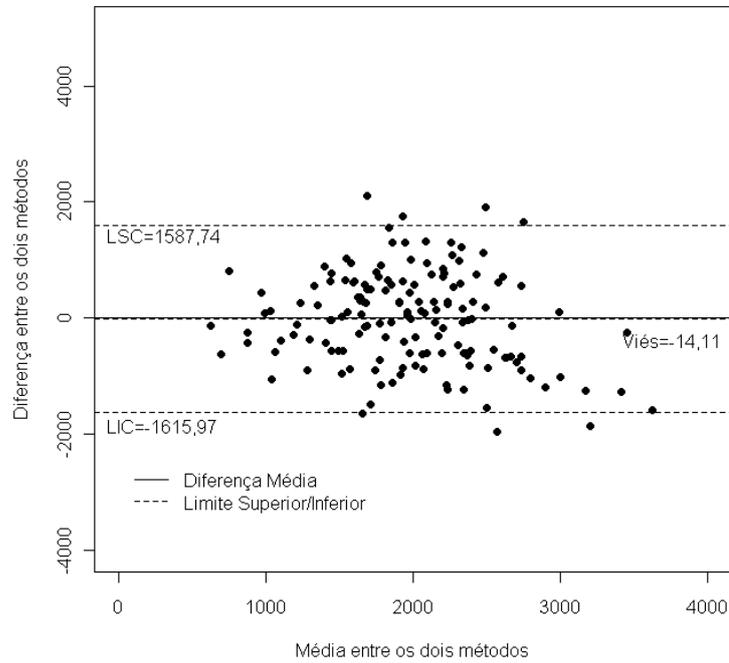
(3c)



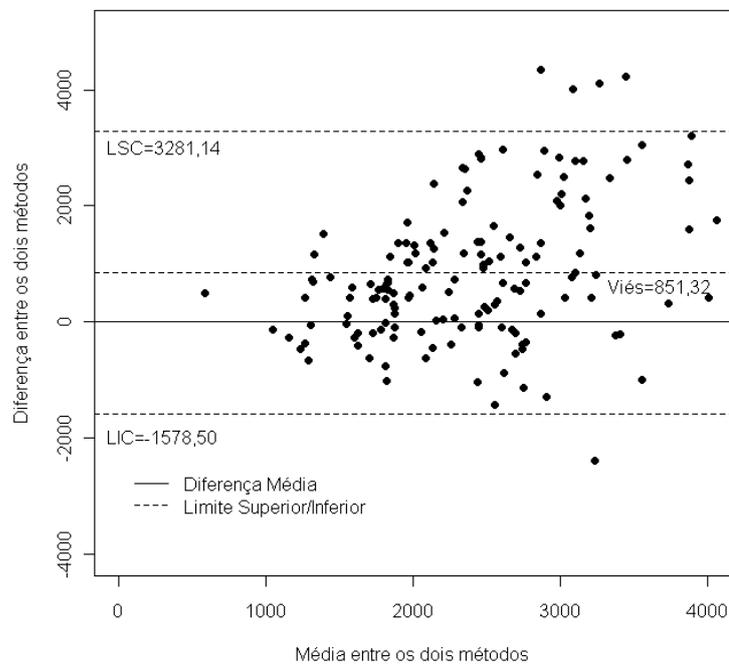
(3d)

Figura 5 - Curvas características dos 19 itens alimentares selecionados pela TRI

O coeficiente de correlação de Pearson entre o consumo calórico estimado pela TRI e a média dos consumos calóricos do R24h foi 0,322 ($p < 0,001$). O viés, ou seja, a média das diferenças entre as duas medidas foi de -14,1 (IC95%: -1616,0; 1587,7). Encontra-se na figura 4 os gráficos de Bland-Altman para visualização dos métodos de estimações da TRI com o R24h (4.a) e do QFA com o R24h (4b). Percebe-se uma redução muito grande da amplitude no intervalo de concordância, podendo ser notado uma melhor aderência dos respondentes. De um intervalo que variava de [-1578,5; 3281,1], onde a média da diferença encontrada era de 851,32, com a TRI esse intervalo reduziu-se para [-1615,97; 1587,74] com média da diferença de -14,1 ($p = 0,83$), fazendo com que houvesse menor dispersão das diferenças. Isso mostra que as estimativas pelo ML2 da TRI foram mais concordantes. No gráfico (4b) nota-se uma tendência de superestimação nos altos valores do consumo calórico, existindo diferenças de mais de 4000 kcal, ou seja, menos concordantes.



TRI x R24h (4a)



***Gráfico construído a partir dos dados fornecidos por Giacomello et al. (2008)**

QFA x R24h (4b)

Figura 6 - Gráfico de Bland-Altman

Discussão

O modelo TRI para itens dicotômico mostrou-se uma boa ferramenta para a área da nutrição. Com uma resposta simplificada e uma redução de itens alimentares conseguiu-se aumentar a concordância com o R24h e conseqüentemente diminuir o viés. Outro ganho importante foi o desaparecimento da superestimação que existe no consumo calórico medido pelo QFA.

Dicotomizando as alternativas de resposta e reduzindo o número de itens alimentares iniciais praticamente dobra-se a correlação encontrada entre a estimativa do consumo calórico medida pelo TRI e R24h em relação àquela estimada pelo QFA e R24h. A aplicação desses itens alimentares permite uma entrevista mais objetiva, motivando e incentivando o entrevistado, podendo representar um aumento do número de entrevistas nas pesquisas por promover um ganho de tempo.

Com a TRI identifica-se que os itens alimentares mais consumidos são “feijão” e “macarrão”. Os itens com menores parâmetros de dificuldade foram “feijão”, “macarrão” e “frango”, diferente dos itens “camarão” e “leite desnatado” que possuem os maiores. Isso era esperado uma vez que “feijão”, “macarrão” e “frango” são alimentos comuns na cultura brasileira. O oposto pode ser dito sobre “camarão” e “leite desnatado”. No presente artigo, os parâmetros de dificuldade podem ser interpretados como as barreiras econômicas, sociais e culturais na determinação da escolha de alimentos e da construção de padrões alimentares de grupo populacionais. Itens que mais discriminam as gestantes são: “macarrão”, “frango”, “carne de boi sem osso”, “sorvete”, “beterraba”, “bolo/cuca”, “iogurte”, “cenoura”, “camarão” e “leite desnatado”.

A estimativa do consumo calórico do R24h é mais próxima da estimativa, do consumo calórico obtida pela TRI do que da estimativa obtida tradicionalmente pelo QFA. Isso implica em intervalos de concordância menores e um viés não significativo. Pelo gráfico de Bland-Altman não se verifica nenhuma relação entre a diferença e a média das medidas.

Entre as limitações do estudo é possível citar que as escolhas dos itens foram conduzidas apenas por critérios estatísticos. Entretanto, no presente artigo nosso interesse foi apresentar a utilização do TRI na epidemiologia nutricional. Nos próximos estudos que forem utilizar o método da TRI, recomenda-se que as escolhas

dos itens alimentares também leve em consideração conhecimento a priori de hábitos e padrões alimentares. Outra limitação é a ausência de medidas que possam ser usadas para testar a validade das estimativas. O tamanho da amostra pode ter influenciado na significância do parâmetro c_i , pois como pode ser visto (figura 3) alguns itens alimentares parecem ter esse parâmetro como diferente de zero, mas como temos uma amostra pequena não foi possível mostrar que essa diferença era significativa. O parâmetro c_i ser diferente de zero significa que o item alimentar tem probabilidade diferente de zero de ser consumido mesmo para gestantes com baixo consumo calórico. O acréscimo desse parâmetro no modelo poderia auxiliar na melhora das estimativas.

Esse trabalho é pioneiro não sendo possível a comparação dos seus achados. Abri-se assim a possibilidade de várias investigações, onde poderão ser testados outros modelos da TRI. Os resultados encontrados aqui demonstram que esse é um caminho que poderá contribuir para a estimação do consumo calórico.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao grupo ECCAGe por ceder o banco de dados possibilitando essa pesquisa, em especial à Andressa Giacomello.

Bibliografia

1. Anjos LA dos, Souza DR de, Rossato SL. Desafios na medição quantitativa da ingestão alimentar em estudos populacionais. Rev. Nutr. [Internet]. 2009 fev;22(1).
2. Beaton G. Approaches to analysis of dietary data: relationship between planned analyses and choice of methodology. The American Journal of Clinical Nutrition. 1994 jan 1;59(1):253S -261S.
3. Pasquali L, Primi R. Basic Theory of Item Response Theory - IRT. Avaliação Psicológica. 2003;2(2):99-110.
4. Michels KB, Willett WC. Self-administered semiquantitative food frequency questionnaires: patterns, predictors, and interpretation of omitted items. Epidemiology. 2009 mar;20(2):295-301.
5. Slater B, Philippi ST, Marchioni DML, Fisberg RM. Validação de Questionários de Frequência Alimentar - QFA: considerações metodológicas. Rev. bras. epidemiol.

6. Fisberg RM, Colucci ACA, Morimoto JM, Marchioni DML. Questionário de frequência alimentar para adultos com base em estudo populacional. *Rev. Saúde*
7. Carlsen M, Lillegaard I, Karlsen A, Blomhoff R, Drevon C, Andersen L. Evaluation of energy and dietary intake estimates from a food frequency questionnaire using independent energy expenditure measurement and weighed food records. *Nutrition Journal*. 2010;9(1):37.
8. Brown D. Do food frequency questionnaires have too many limitations? *J Am Diet Assoc*. 2006 out;106(10):1541-1542.
9. Slater B, Marchioni DML, Voci SM. Use of linear regression for correction of dietary data. *Revista de Saúde Pública*. 2007;41:190–196.
10. Ribeiro AC, Sávio KEO, Rodrigues M de LCF, Costa THM da, Schmitz B de AS. Validação de um questionário de frequência de consumo alimentar para população adulta. *Rev. Nutr*. 2006 out;19(5):553-562.
11. Kristal AR, Peters U, Potter JD. Is It Time to Abandon the Food Frequency Questionnaire? *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2005 dez;14(12):2826-2828.
12. Kristal AR, Potter JD. Not the time to abandon the food frequency questionnaire: counterpoint. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. 2006 out;15(10):1759-1760.
13. Thompson FE, Byers T. Dietary Assessment Resource Manual. *The Journal of Nutrition*. 1994 nov 1;124(11 Suppl):2245s -2317s.
14. *Revista de Saúde Pública - Food frequency questionnaire for adults from a population-based study* [Internet]. [citado 2010 jun 12]; Available from:
15. Software para avaliação de aprendizagem utilizando a teoria da resposta ao item | Justino | *Anais do Workshop de Informática na Escola* [Internet]. [citado 2011 maio 23];
16. Araujo EAC de, Andrade DF de, Bortolotti SLV. Teoria da Resposta ao Item. *Rev. esc. enferm. USP* [Internet]. 2009 dez;43(spe). Available from:
17. Embretson, S.E., Reise, S.P. *Item Response Theory for Psychologists*. Routledge; 2000.
18. Wright Bd. Sample-Free Test Calibration and Person Measurement. Paper presented at the national seminar on adult education research (Chicago, February 11-13, 1968).
19. Castro SM de J. Teoria da resposta ao item: aplicação na avaliação da intensidade de sintomas depressivos [Internet]. [citado 2010 jun 22];

20. Lai J-S, Crane PK, Cella D. Factor analysis techniques for assessing sufficient unidimensionality of cancer related fatigue. *Qual Life Res.* 2006 set;15(7):1179-1190.
21. Chan KS, Orlando M, Ghosh-Dastidar B, Duan N, Sherbourne CD. The interview mode effect on the Center for Epidemiological Studies Depression (CES-D) scale: an item response theory analysis. *Med Care.* 2004 mar;42(3):281-289.
22. Kim Y, Pilkonis PA, Frank E, Thase ME, Reynolds CF. Differential functioning of the Beck depression inventory in late-life patients: use of item response theory. *Psychol Aging.* 2002 set;17(3):379-391.
23. McHorney CA, Cohen AS. Equating health status measures with item response theory: illustrations with functional status items. *Med Care.* 2000 set;38(9 Suppl):II43-59.
24. Andrade DF, Tavares HR, Valle RC. Teoria da Resposta ao Item: Conceito e Aplicações.
25. Lord FM, Novick MR. Statistical theories of mental test scores. Addison-Wesley Pub. Co. (Reading, Mass);
26. Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. [Internet]. MESA Press, 5835 S. Kimbark Ave., Chicago, IL 60637; e-mail: MESA@uchicago.edu; web address: www.rasch.org; telephone: 773-702-1596 fax: 773-834-0326 (\$20). 1993 [citado 2011 maio 23]. Available from: <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/detail?accno=ED419814>
27. SAMEJIMA, F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. 1969.
28. Masters GN. A rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika.* 1982 jun;47(2):149-174.
29. Muraki E. A Generalized Partial Credit Model: Application of an EM Algorithm. *Applied Psychological Measurement.* 1992 jun 1;16(2):159 -176.
30. Hackett M, Melgar-Quinonez H, Perez-Escamilla R, Segall-Correa AM. Gender of respondent does not affect the psychometric properties of the Brazilian Household Food Security Scale. *International Journal of Epidemiology*
31. Rizopoulos D. ltm: An R package for latent variable modeling and item response theory analyses. *Journal of statistical software.* 2006;17(5):1-25.
32. Falissard B. psy: Various procedures used in psychometry [Internet]. R package version 1.0: Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=psy>.