

*Ciência para uma
Vida Saudável*



FoRC

FOOD RESEARCH CENTER

Centro de Pesquisa em Alimentos

Resposta glicêmica e Carboidratos



Eliana Bistriche Giuntini
elibi@alumni.usp.br

Carboidratos – Aspectos gerais

- > proporção de macronutriente na dieta (energia)
50% em países desenvolvidos
70% em países em desenvolvimento
- Recomendação FAO/WHO (1998):
55 - 75% $\geq$ 275 g/ 8.400 kJ(2.000 kcal)
- $(CH_2O)_n$ = carbonos hidratados + N, P, S
- Sacarídeos $\rightarrow$ grego *sakcharon* = açúcar

Classificação por grau de polimerização

- GP (repetição da unidade estrutural)
- Ligação α ou não α
- Monossacarídeos (3 a 7 C)
- Dissacarídeos (2 mono)
- Oligossacarídeos: 3 ou + mono
- Polissacarídeos: + 20 unid

Classificação por grau de polimerização (cont)

Açúcares

- Monossacarídeos: glicose, galactose, frutose (6 C)
- Dissacarídeos: 2 mono → sacarose (glicose + frutose)
lactose (galactose + glicose)
maltose (glicose + glicose)

Sólidos cristalinos, solúveis em água
sabor adocicado

Hidrogenação da fonte de
açúcar

- Polióis (álcool de açúcar): sorbitol, manitol, lactitol
baixa quantidade em frutas e hortaliças

Classificação por grau de polimerização (cont)

Oligossacarídeos

- malto-oligossacarídeos (α -glicanos): por hidrólise parcial do amido
- oligossacarídeos não α -glicanos: rafinose e estaquiose (α galactosídeos)
- fruto-oligossacarídeos (FOS): GP<10, formados por unidades monoméricas de frutose
- galacto-oligossacarídeos (GOS)

transgalactosilação da lactose
pela enzima beta-galactosidase

Classificação por grau de polimerização (cont)

Polissacarídeos

- Ligação α – hidrolisadas por enzimas digestivas humanas
- Ligação β – NÃO hidrolisadas por enzimas digestivas humanas
- Homopolissacarídeos – mesmo mono
 - Amido e glicogênio (reserva energia)
 - Celulose e quitina (estrutural)
- Heteropolissacarídeos – diferentes monossacarídeos
 - Pectina (ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose)

Polissacarídeos - Amido

- Amilose – 20-30% do amido, linear, lig α 1,4 $\rightarrow$ menor digestibilidade ($\uparrow$ retrogradação)
- Amilopectina – 70-80%, ramificada lig α 1,4 e α 1,6 $\rightarrow$ gel mais estável $\left\{ \begin{array}{l} \uparrow \text{capacidade de retenção de água} \\ \downarrow \text{retrogradação} \end{array} \right.$
- Grânulos semicristalinos, proporções variáveis, insolúvel em água fria, gelatinizam com aquecimento, podem retrogradar





Grau de Polimerização VS Digestão de carboidratos

Açúcares / digestão

- Glicose, frutose, galactose
 - Sacarose, maltose, lactose
- Rapidamente absorvidos
↓
rápida resposta glicêmica

- Sorbitol, manitol
 - Lactitol, maltitol
- Pouco absorvidos
↓
passíveis de fermentação

Oligossacarídeos/digestão

- Maltodextina
- Rapidamente hidrolisada e absorvida
↓
rápida resposta glicêmica
- Rafinose, estaquiose
 - FOS, GOS
 - Polidextrose
 - Maltodextina resistente
- Resistentes à hidrólise
↓
passíveis de fermentação

Amido/digestão

- α amilase salivar + quebra mecânica (boca)
- α amilase pancreática (intestino delgado)

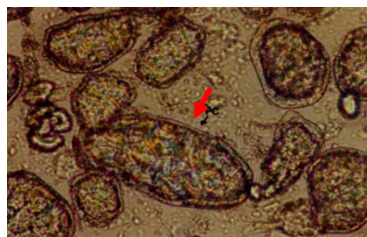


Forma física do alimento pode dificultar acesso ao amido = retardo

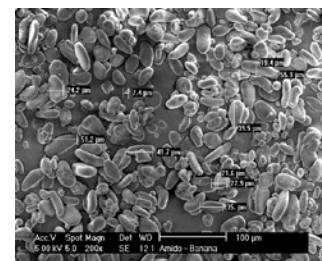
- Típico em grãos, sementes e leguminosas
- Amido nativo (banana verde, batata crua)
- Processos industriais (redução de superfície de contato)

Amido resistente

1. Amido fisiologicamente inaccessível (grãos parcialmente triturados e sementes)

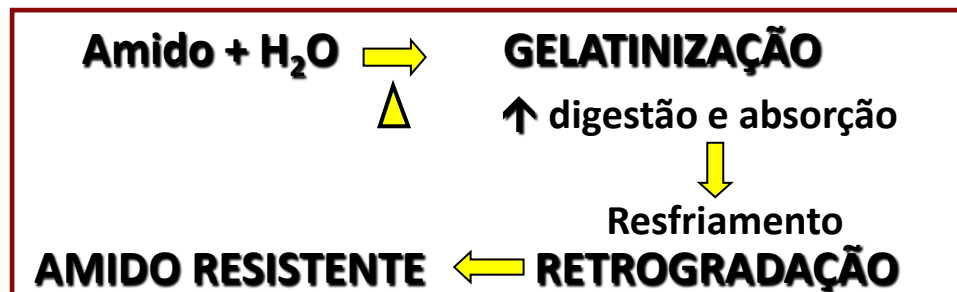


2. Grânulo resistente (banana verde e batata crua)



3. Amilose retrogradada (corn flakes, amido cozido e resfriado)

4. Amido quimicamente modificado



Richard Nikoley e Tim Steele, no blog freetheanimal.com, popularizaram a técnica de suplementar amido resistente com o emprego de Unmodified Raw Potato Starch, ou seja, Fécula de batata crua e não modificada. A marca testada e aprovada pode ser encontrada na Amazon, mas é vendida apenas na América do Norte (mais abaixo, descreverei as alternativas nacionais):



Este produto, tirando a umidade, é quase 100% amido resistente. É, digamos assim, o padrão-ouro. Os estudos em humanos foram feitos com cerca de 30g de amido resistente por dia, o que equivale a cerca de 4 colheres de sopa de fécula de batata crua.

Pessoas magras, saudáveis, e com flexibilidade metabólica toleram bem o consumo de 150-200g de

Classificação fisiológica dos CHO

➤ Fisiológica: digestibilidade enzimática

Disponíveis - sacarose, lactose, maltose, isomaltulose, maltodextrina, amido disponível

*Diferentes
velocidade de
digestão*

17 kJ /g
(4 kcal)

Não disponíveis - amido resistente; maltodextrina resistente; frutanos; polidextrose; celulose; pectinas, entre outros

*PODEM ser fermentados
pela microbiota intestinal e
geralmente apresentam
reduzida resposta glicêmica
pós-prandial*

8 kJ /g
(2 kcal)

Carboidratos complexos ou não disponíveis?

1977

CHO simples → carboidratos dos açúcares (glicose, frutose e sacarose)



E a absorção???

CHO complexo → os carboidratos presentes em vegetais em geral, principalmente cereais integrais, assim passou a ser associado ao amido e outros polissacarídeos não amido

Década de 1990

Diferentes tipos de amido

FAO/WHO (1998) - termo COMPLEXO não reflete digestibilidade

Carboidratos disponíveis

Velocidade de hidrólise

≠ velocidade de absorção



Variada resposta glicêmica

➤ Mono/Dissacarídeos

- de rápida digestão – glicose, sacarose, lactose...
- de lenta digestão - isomaltulose

➤ Oligossacarídeos

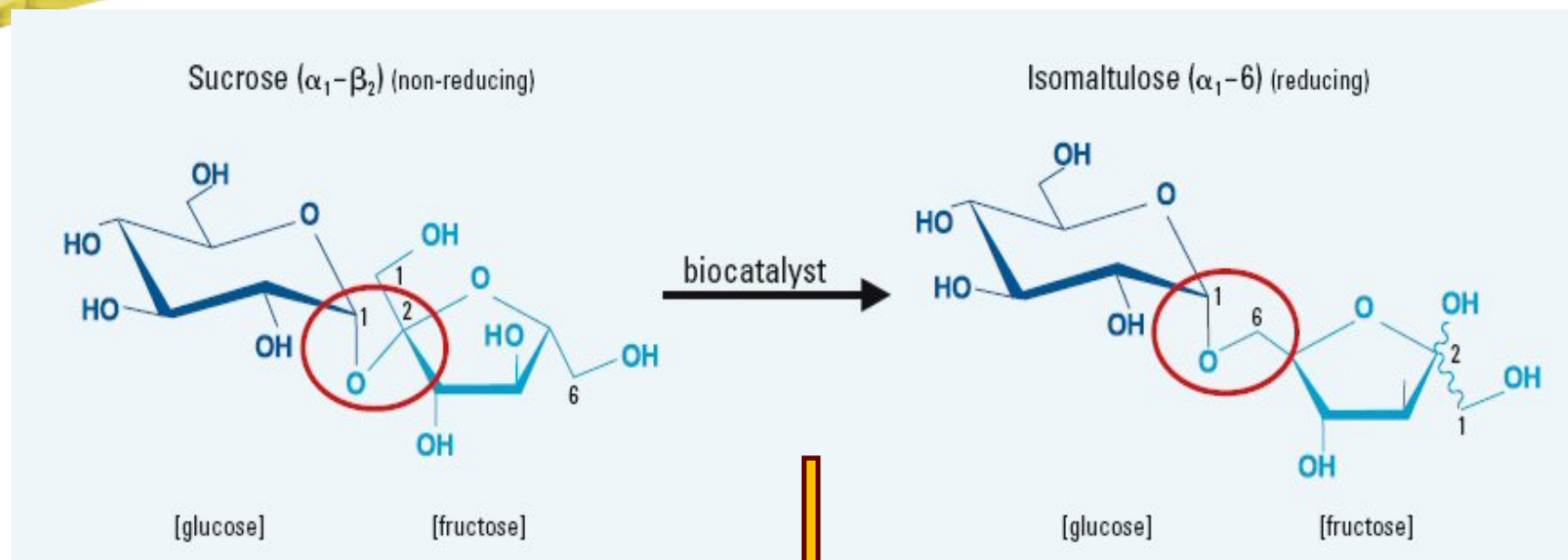
- de rápida digestão – maltodextrina

➤ Polissacarídeos

- de rápida e lenta digestão – amido, dependendo da fonte ou tratamento

Englyst, Food Chem, 1996; Goñi et al., Nutr Res, 1997; Englyst et al., AJCN, 1999; Rosin et al., JFCA, 2002

Isomaltulose = carboidrato de lenta digestão



Conversão enzimática pelo *Protaminobacter rubrum*
e outros micro-organismos

Velocidade de hidrólise da isomaltulose é 4-5 vezes menor em relação à sacarose

Conceitos

- **Resposta glicêmica**
- **Índice glicêmico**
- **Carga glicêmica**

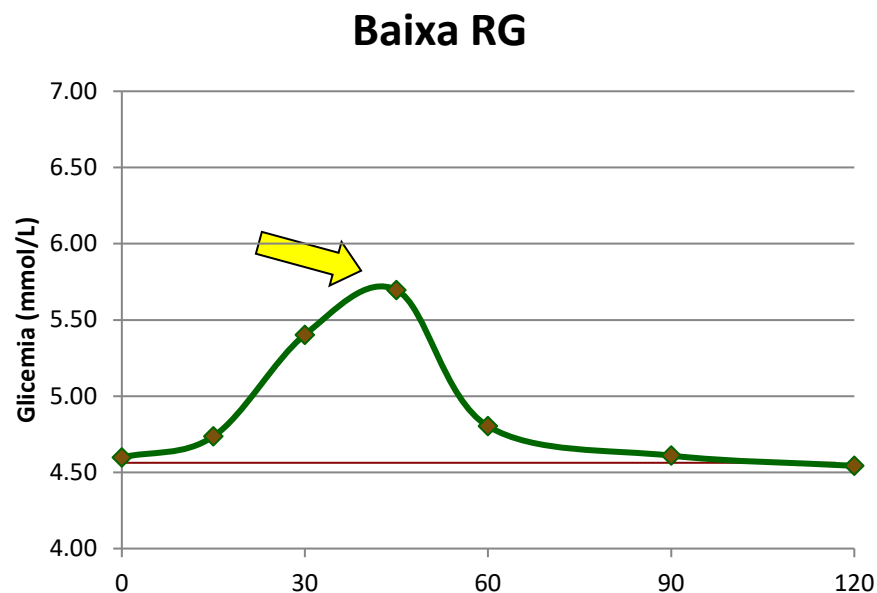
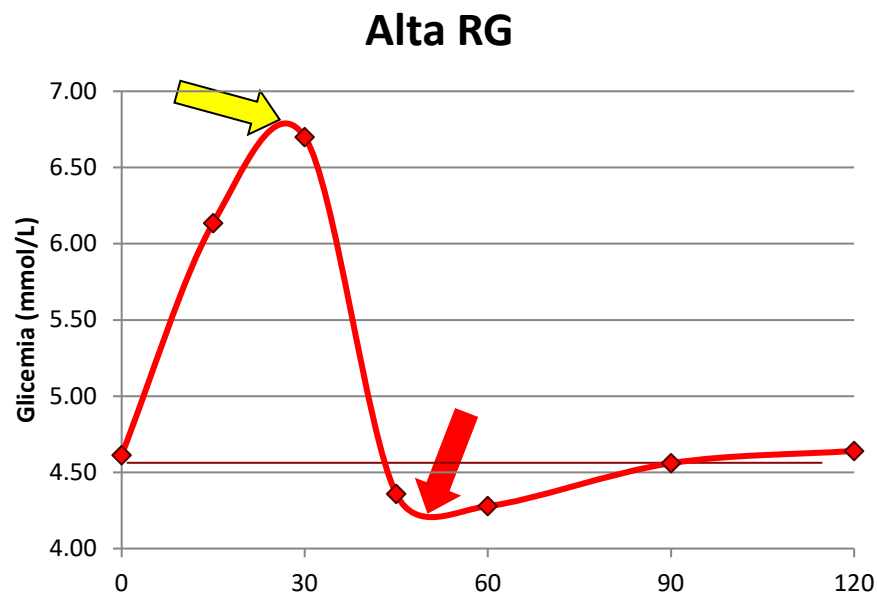


Desenho do estudo de resposta glicêmica

- **Projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa**
- **Recrutamento de voluntários (> 10)**
- **Análise química: açúcares solúveis + amido disponível (= amido total – amido resistente)**
- **Ingerir 50 g (25 g) de carboidratos disponíveis de cada alimento**
- **Glicemia T0, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min**
- **3 vezes alimento referência (triagem)**
- **Alimentos teste – cada voluntário é seu próprio controle**

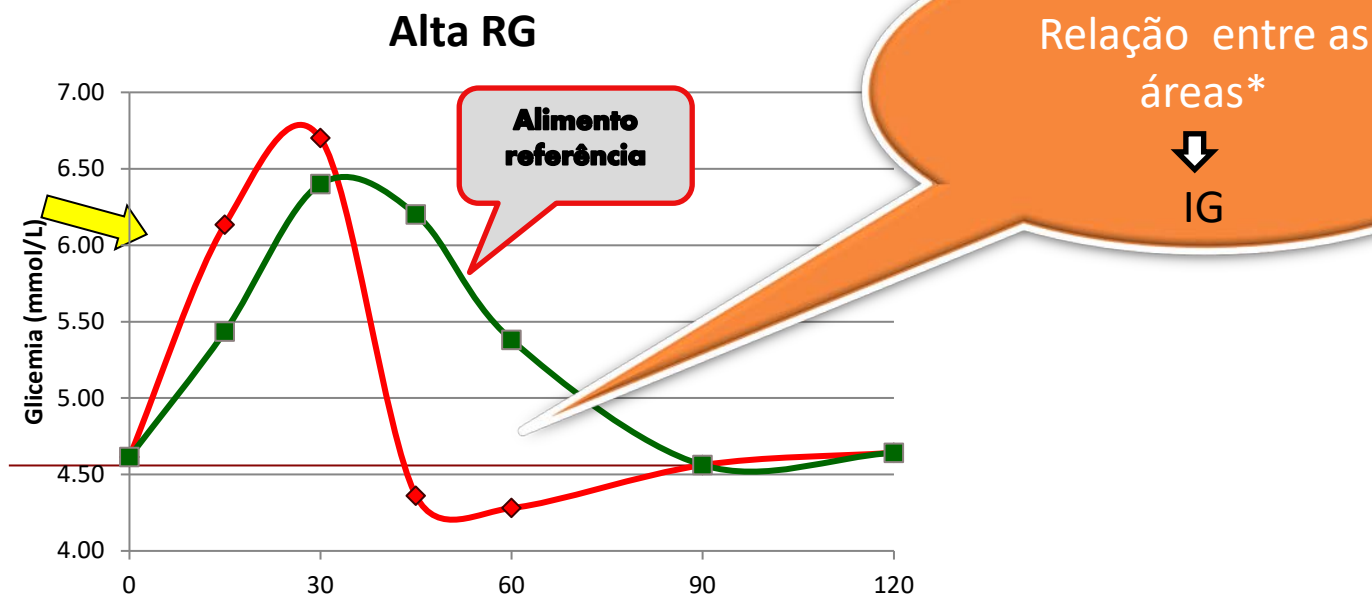
Brouns et al., 2005; FAO, 1998

Resposta glicêmica dos carboidratos



Resposta glicêmica produzida por carboidratos de rápida (A) e lenta digestão (B)

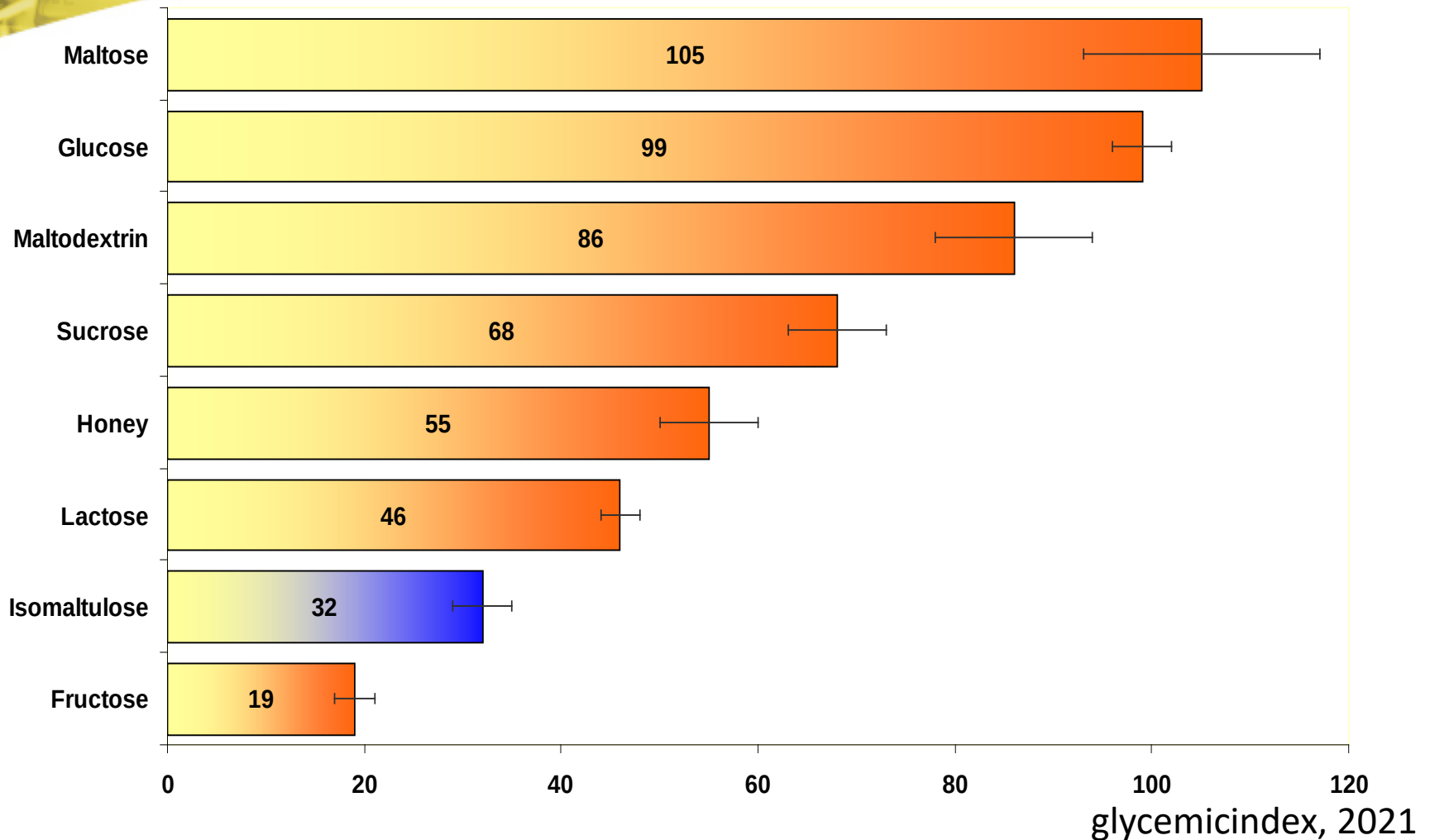
Resposta glicêmica dos carboidratos



Resposta glicêmica produzida por carboidratos de rápida (A) e lenta digestão (B)

** Alimento teste/alimento referência*

Índice glicêmico de mono, di e oligossacarídeos disponíveis



Conceitos

- RG – curva _ calcular ASC

avaliar picos
e formatos

- IG – índice qualitativo

$$IG = (ASC \text{ alimento teste} / ASC \text{ glicose}) * 100$$

- CG – carga glicêmica

$$CG = \frac{IG \times \text{g de carboidratos "disponíveis"} \text{ porção}}{100}$$

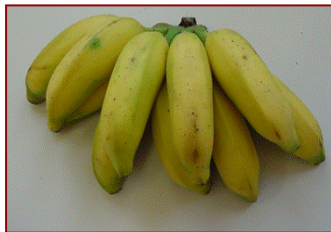


Liu et al., 2000; Ludwig, 2003

IG e CG de frutas brasileiras



Banana nanicão
(*Musa* spp.)



Banana Thap Maeo
(*Musa* spp.)



Banana Prata
(*Musa* spp.)



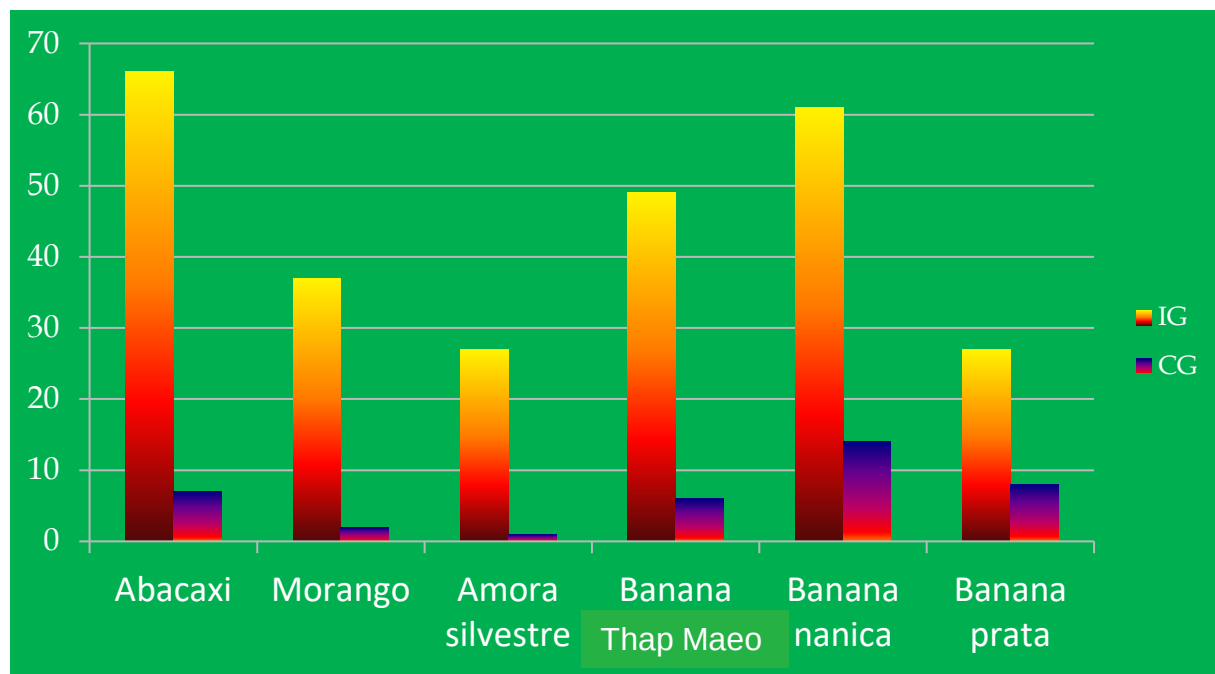
Amora silvestre
(*Rubus rosaefolius*)



Abacaxi pérola
(*Ananas comosus*)



Morango Oso Grande
(*Fragaria ananassa* Duch)



$56 \leq \text{médio IG} \leq 69$

$11 \leq \text{média CG} \leq 19$

Fatores que afetam a resposta glicêmica

- **Estrutura química** - ex.: glicose (IG=100); frutose (IG=19); sacarose (IG=68)
- **Estrutura física** - ex.: pão - a farinha refinada massa fofa de estrutura estufada – favorece ação enzimática
- **Preparo** - ex.: massas “ao dente” tem IG menor (< gelatinização do amido > resistência ao efeito das enzimas)
- **Fibra alimentar, proteínas, lipídios, presença de ácidos** - dificultam ação das enzimas digestivas do corpo ou a velocidade de digestão

Amido de rápida e lenta digestão

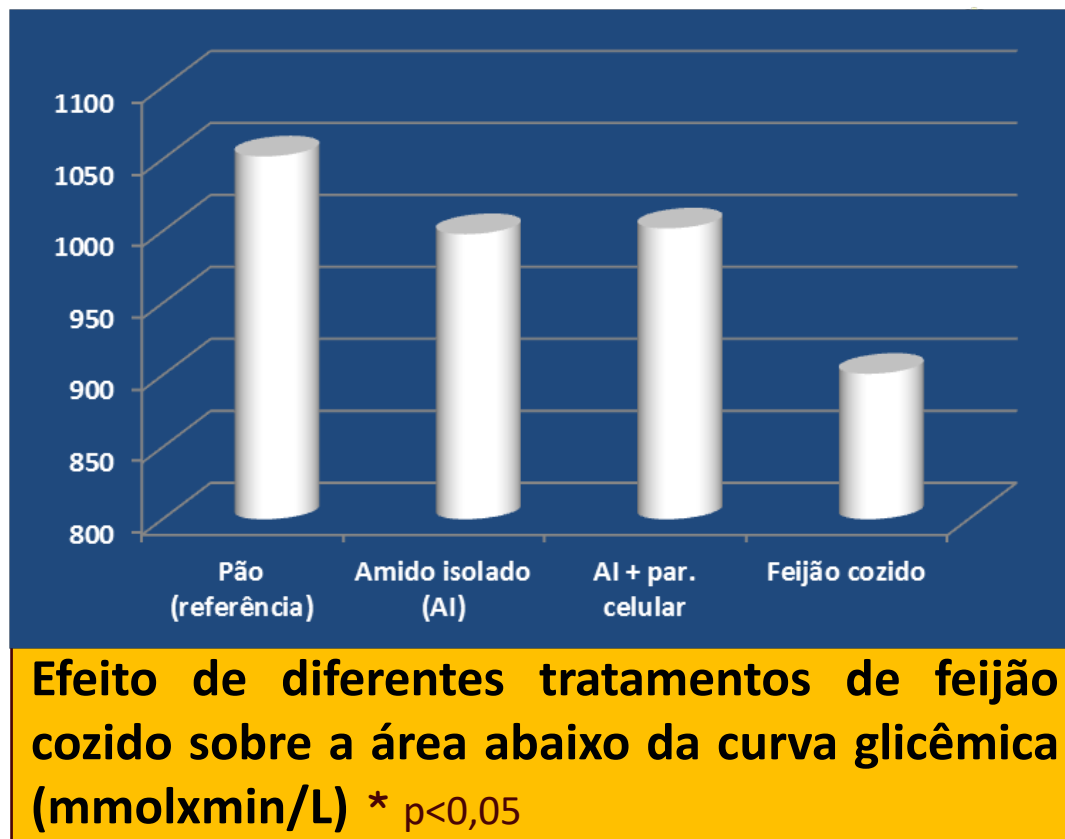


Efeito do processamento sobre a digestibilidade do amido

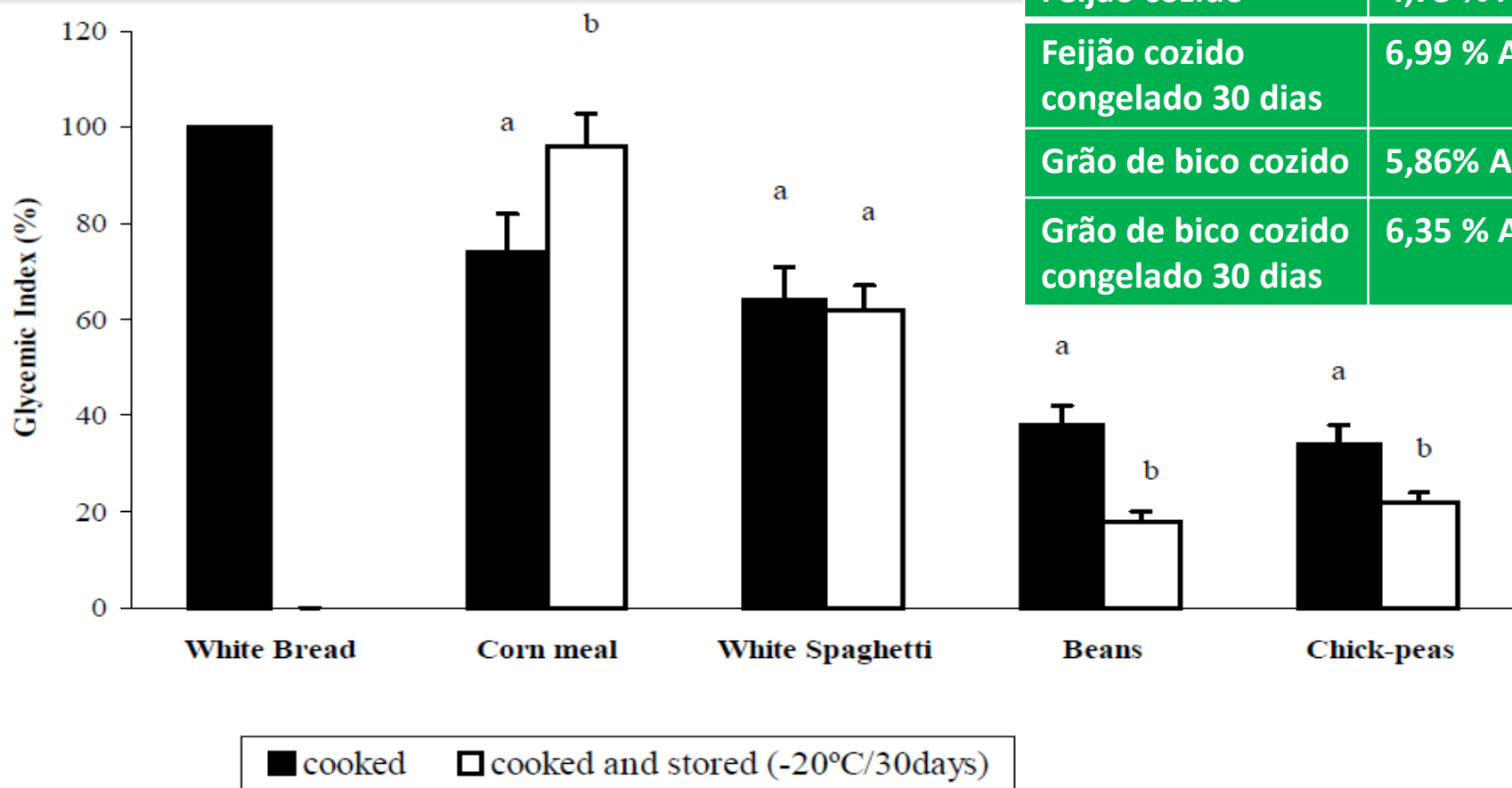


Processamento tecnológico ou cocção do alimento

- grau de gelatinização (total ou parcial)
- grau de trituração
- estrutura celular
- retrogradação do amido gelatinizado



Menezes & Lajolo, Arch Latinoam Nutr, 1995



Feijão cozido	4,75 % AR *
Feijão cozido congelado 30 dias	6,99 % AR*
Grão de bico cozido	5,86% AR*
Grão de bico cozido congelado 30 dias	6,35 % AR*

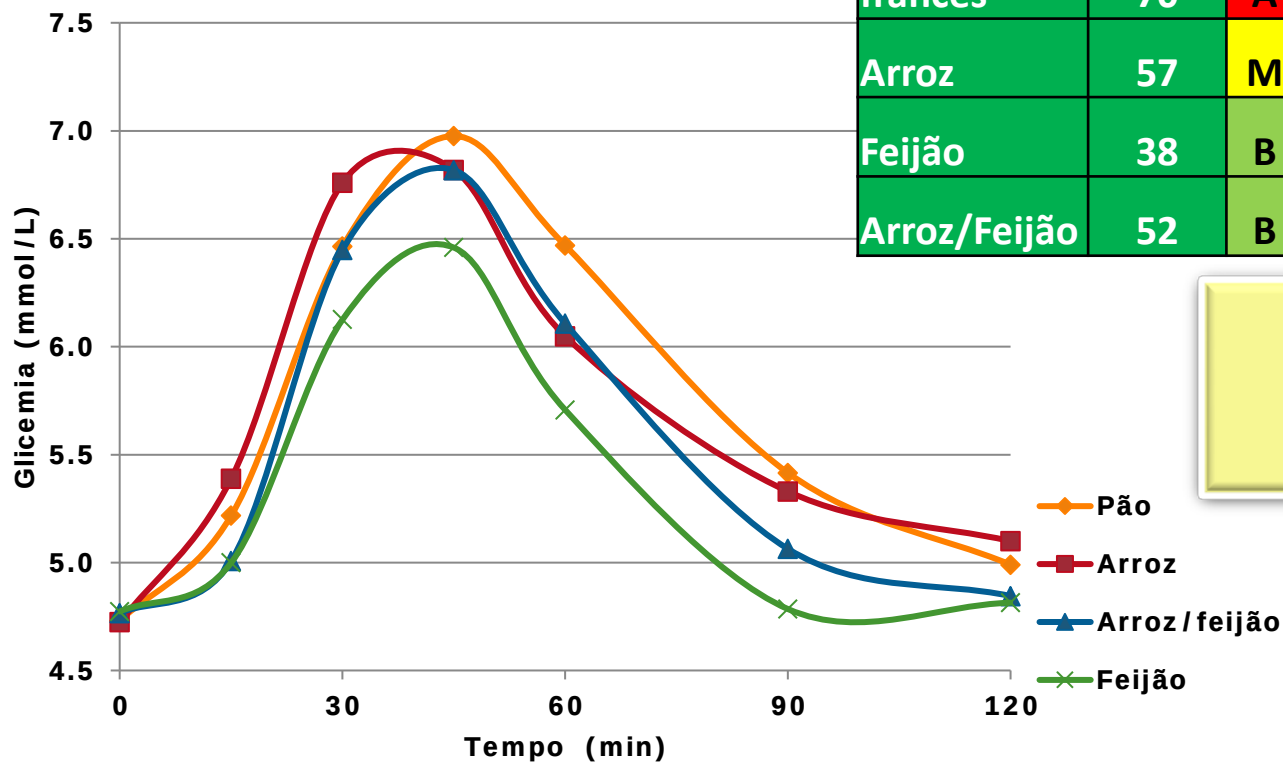
Figure 1 - Glycemic index of foods under two kinds of processing (mean $\pm$ SEM). Values with different letters are significantly different, $p < 0.05$.

Carreira, Lajolo & Menezes, Braz Arc Biol Tech, 2004

* Base seca



	IG glicose		Porção	Carb disp		
	média	IG	g	g	CG	CG
Pão, trigo, francês	70	A	50	20,5	14	M
Arroz	57	M	150	31,7	18	M
Feijão	38	B	200	14,1	5	B
Arroz/Feijão	52	B	150	25,4	13	M



$56 \leq \text{médio IG} \leq 69$

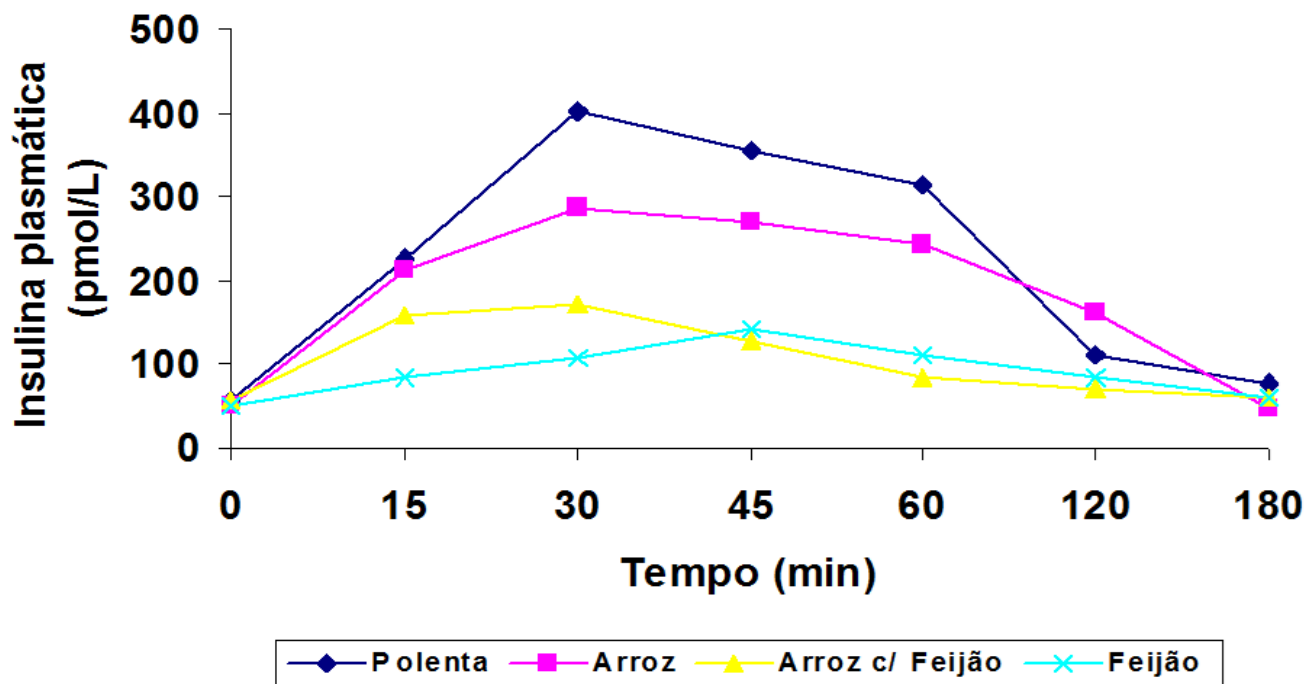
$11 \leq \text{média CG} \leq 19$

Resposta glicêmica de arroz e feijão

n=15 voluntários saudáveis

Resposta plasmática de insulina

Resposta plasmática de insulina



Voluntários saudáveis, n=7

Menezes et al., Nutr Res, 1996

Resposta plasmática da batata doce

TABLE 3: Glycemic indices[§] of selected Jamaican sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties determined by different cooking methods.

Sweet potato varieties	Glycemic index							
	Boiled		Fried		Baked		Roasted	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Dor	47 ^a	3	76 ^b	4	83 ^c	6	86 ^c	4
Quarter Million	49 ^a	4	70 ^b	6	94 ^c	3	91 ^c	2
Yellow Belly	50 ^a	3	72 ^b	4	86 ^c	2	85 ^c	2
Ganja	41 ^a	5	69 ^b	3	82 ^c	3	79 ^c	4
Watson	43 ^a	4	67 ^b	4	85 ^c	2	87 ^c	2
Clarendon	46 ^a	5	73 ^b	3	83 ^c	3	81 ^c	4
Minda	49 ^a	4	68 ^b	3	91 ^c	3	89 ^c	3
Ms Mac	45 ^a	3	63 ^b	2	87 ^c	4	85 ^c	4
Eustace	49 ^a	5	77 ^b	4	93 ^c	5	93 ^c	2
Fire on Land	46 ^a	4	75 ^b	3	87 ^c	4	90 ^c	3

Superscripts in rows sharing different letters are significantly different ($P < 0.05$).

Values are means $\pm$ SEM for $n = 10$ subjects.

[§]Glycemic index for each sample was calculated by expressing the IAUC as a percentage of the mean response area of glucose as outlined by Wolever et al. [16].

Bahado-Singh et al., J Nutr Metabol, 2011



Search results

Click on the food name to view more details or [start a new search](#)

Records 1 - 10 of 13

<< prev - page 1 of 2 - next >>

Food Name ↑ ↓	GI ↑ ↓	Serve (g) ↑ ↓	Carb per Serve (g) ↑ ↓	GL ↑ ↓
Sweet potato (Ipomoea batatas), boiled	44	150	25	11
Sweet potato (Ipomoea batatas), peeled, cubed, boiled 30 min	46	150	32	15
Sweet potato, orange flesh, peeled, cut into pieces, boiled for 8 min	61	150	18	11
Sweet potato, kumara	77	150	25	19
Sweet potato (Ipomoea batatas), peeled, baked 45 min	94	150	45	42
Sweet potato (Ipomoea batatas), peeled, fried in vegetable oil	76	150	45	34
Sweet potato (Ipomoea batatas), peeled, roasted on preheated charcoal	82	150	45	37
Sweet potato, orange	77	150	21	16
Sweet potato, purple skin white flesh, peeled, cut into pieces, boiled for 8 min	75	150	29	22
Sweet potato, type not specified	48	150	34	16
Sweet potato, peeled, cubed, boiled in salted water 15 min	59	150	30	18
Sweet potato, kumara	78	150	25	19

$56 \leq \text{médio IG} \leq 69$

$11 \leq \text{média CG} \leq 19$



A yellow-tinted background image showing laboratory glassware, including beakers and test tubes, with a gloved hand visible in the upper left corner.

*O índice glicêmico
pode ser manipulado?*

RG pode ser Controlada

Alto IG + Baixo IG

Cereal refinado + leguminosa

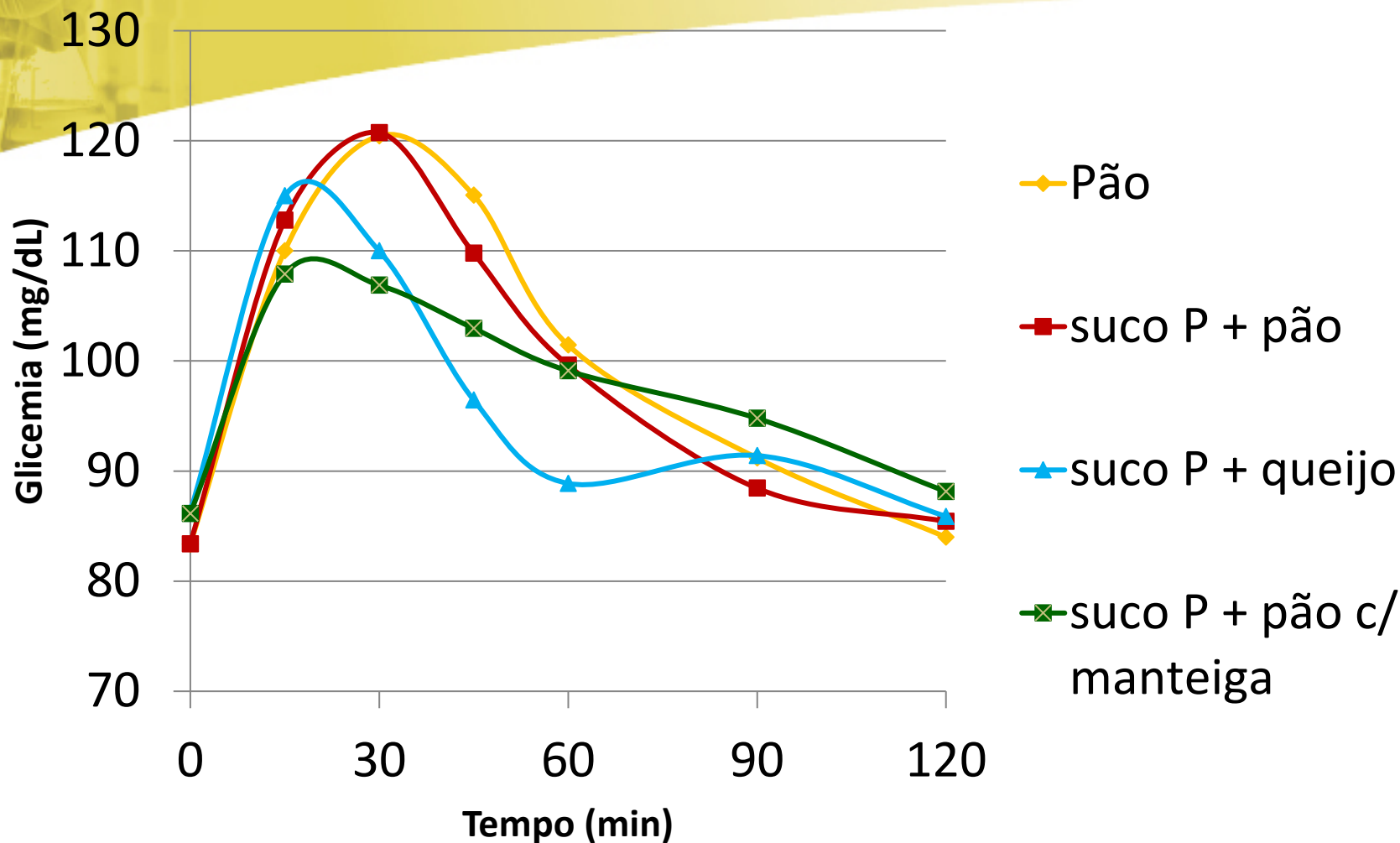
Pão + queijo

Frutas com açúcar + aveia

Valores de referência para índice glicêmico (IG), carga glicêmica (CG) e CG/dia

	IG	IG*	CG	CG/dia
	controle =pão	controle =glicose		
Baixo (B)	≤ 75	≤ 55	≤ 10	≤ 80
Médio (M)	76-94	56-69	11-19	81-119
Alto (A)	≥ 95	≥ 70	≥ 20	≥ 120

*Para a obtenção de valores de IG (glicose=100%) multiplica-se por 0,7 o valor de IG (pão=100%) (SUGIRS, 2007).



Resposta glicêmica de pão e suco de laranja Pera, consumido em conjunto com fontes de proteína (10 g + 6 g lip) ou lipídios (10 g)

Serviço do FoRC → Plataforma Multiusuários USP



**GLYCEMIC
INDEX
FOUNDATION**
Making healthy choices easy

[About Glycemic Index](#) [GI Symbol Program](#) [Carbohydrates](#) [Diabetes](#) [Recipes & Meal Plans](#)

[Swap It](#)

[Go Back](#)

[About GI Foundation](#)

[Governance](#)

[Research Activities](#)

[Position Statements](#)

[GI Testing & Laboratories](#)

GI Testing & Laboratories

The GI values of foods must be measured using valid scientific methods. It cannot be guessed by looking at the composition of the food. Currently, only a few nutrition research groups around the world provide a legitimate testing service.

The Glycemic Index Foundation recommends the following laboratories that test to the [International Standard \(ISO 26642:2010\)](#):

AUSTRALIA AND NEW ZEALAND

[The University of Sydney's Glycemic Index Research Service \(SUGIRS\) – Australia](#)

[Glycaemic Index Otago The University of Otago in New Zealand](#)

ASIA

[Temasek Polytechnic](#)

[Clinical Nutrition Research Centre](#)

[China National Research Institute of Food and Fermentation Industries Centre](#)

NORTH AMERICA

[Glycemic Index Laboratories, Inc](#)

UK AND EUROPE

[Oxford Brookes University](#)

Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar o Windows.



elibi@alumni.usp.br

