## Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública

# Efeito da adição de farinha de jatobá – do – cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães.

#### Cintia Pereira da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas

São Paulo

2013

# Efeito da adição de farinha de jatobá – do – cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães.

#### Cintia Pereira da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas

São Paulo

2013





#### Universidade de São Paulo

#### RELATÓRIO DE DEFESA

Aluno: 6138 - 7071333 - 1 / Página 1 de 1

Relatório de defesa pública de Dissertação do(a) Senhor(a) Cintia Pereira da Silva no Programa: Nutrição em Saúde Pública, do(a) Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Aos 02 dias do mês de agosto de 2013, no(a) Sala Prof. Diógenes A. Certain realizou-se a Defesa da Dissertação do(a) Senhor(a) Cintia Pereira da Silva, apresentada para a obtenção do título de Mestra intitulada:

"Efeito da adição de farinha de jatobá-do-cerrado (Hymenaea stigonocarpa Mart.) na resposta glicêmica de pães"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Jose Alfredo Gomes Areas	Presidente	FSP - USP	aprovada,
Maria Elisabeth Machado Pinto e Silva	Titular	FSP - USP	agnorado
Vanessa Dias Capriles	Titular		charge

Resultado Final: aprovadL

Parecer da Comissão Julgadora \*

Eu, Vania dos Santos Silva \_\_\_\_\_\_\_\_, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 02 dias do mês de agosto de 2013.

Maria Elisabeth Machado Pinto e Silva-

Ponessa Dias Capriles

Jose Alfredo Gomes Areas Presidente da Comissão Julgadora

<sup>\*</sup> Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

Dedico este trabalho aos meus pais, Antonio e Francisca, e a meus irmãos, Caroline e Samuel que são o meu porto seguro.

#### **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me dá o dom da vida e permitir que eu não perdesse a fé durante todo o percurso.

A minha família, por apoiar minha escolha e suportar minha ausência para a realização desta etapa em minha vida.

Ao professor José Alfredo, pela confiança e ensinamentos durante todo o desenvolvimento do trabalho.

A professora Regilda Saraiva por sua amizade e por me apresentar o mundo científico e suas infinitas possibilidades.

Aos voluntários, que generosamente se disponibilizaram a participar desta pesquisa.

Aos membros da banca, Professora Elisabeth Machado, Professora Vanessa Capriles e Professora Luciana Fontes pelas valiosas contribuições durante a correção do trabalho.

Aos colegas de laboratório/COS Áurea, Amanda, Bianka, Camila, Daniela, Érica, Geni, Gustavo, Liânia, Luciana, Marcelo, Mariana Kowalski, Mariana Séfora, Rosana, Tássia e Thaise pela amizade e companheirismo em todos os momentos.

A professora Silvia Helena Carabolante e a professora Cristina por viabilizarem a realização da análise sensorial na Escola SENAI Horácio Augusto da Silveira.

Ao professor João Batista Lopes pelo auxílio na análise estatística.

Aos técnicos de laboratório Rosana e Bastos pela acolhida e ajuda indispensável.

Aos funcionários do Departamento de Nutrição, em especial Roseli Prates e ao José Bezerra, pela disponibilidade sempre.

Aos amigos de São Paulo Manoela, George, Antônio Júnior, Deia Silva e demais pelo companheirismo nos momentos de tensão e pelos momentos de descontração indispensáveis e inesquecíveis.

"Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados."

(Mahatma Gandhi)

SILVA CP. Efeito da adição de farinha de jatobá – do – cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães. [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública; 2013.

#### Resumo

**Introdução:** O grupo das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) compreende as doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, câncer e doenças respiratórias crônicas. Estudos mostram que a proporção de mortes por estas doenças vem aumentando e demandam por assistência continuada de serviços e ônus progressivo, na razão direta do envelhecimento da população. A dieta é uma importante ferramenta para prevenção e controle das DCNT. Estudos sobre o índice glicêmico (IG) dos alimentos são de grande relevância, já que estão relacionados com possíveis efeitos fisiológicos e terapêuticos de dietas com baixo IG, tanto para pessoas saudáveis, como para as portadoras de DCNT como, por exemplo, obesidade e diabetes. O jatobá-do-cerrado, também conhecido como jataí ou jutaí (Hymenaea stignocarpa Mart.), pertencente à família Leguminosae e subfamília Caesalpinoideae, é uma leguminosa arbórea de ocorrência no cerrado brasileiro pouco explorado e com grande potencial de utilização devido a sua composição química. O alto conteúdo de fibra alimentar do jatobá indica o potencial de sua utilização como ingrediente, para redução da resposta glicêmica de produtos alimentícios. Objetivos: Verificar o efeito da adição de farinha de jatobá-docerrado na resposta glicêmica de pães. Metodologia: A partir da formulação de um pão branco padrão, foram desenvolvidas três formulações utilizando a farinha de jatobá-do-cerrado, substituindo-se a farinha de trigo em proporções de 10, 20 e 30 %. Os produtos desenvolvidos foram caracterizados quanto à composição centesimal, IG e carga glicêmica (CG). Também foi avaliada a aceitabilidade sensorial dos pães de jatobá por meio da escala hedônica de nove pontos. Resultados: A adição da farinha de jatobá alterou a composição dos pães, com destaque para o aumento nos teores de fibras. Foi observada uma redução no IG e na CG dos pães de jatobá, podendo classificá-los como alimentos de baixo IG (53), para o pão com 20 % de farinha de jatobá e moderado IG (62 e 56), para os pães com 10 e 30% de farinha de jatobá respectivamente. Quanto a CG todos os tratamentos podem ser classificados como alimentos de carga glicêmica moderada. Quanto à aceitabilidade, os tratamentos 10 e 20 % não diferiram entre si segundo os atributos: aroma, textura, sabor e avaliação global obtendo os melhores escores entre 6 (gostei levemente) e 7 (gostei moderadamente). O pão com 30% de farinha de jatobá apresentou menores escores, em torno de 5 (não gostei, nem desgostei). Conclusão: A adição da farinha de jatobá proporcionou a obtenção de produtos com reduzido IG e carga glicêmica moderada, rico em fibras, e aceitos sensorialmente, confirmando seu potencial como ingrediente no

enriquecimento de formulações que utilizem farinhas, como pães, tornando-se uma opção para introdução na dieta tanto de indivíduos saudáveis quanto os portadores de doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade e diabetes.

**Descritores:** jatobá – do – cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.); pães; índice glicêmico.

SILVA CP. Effect of addition jatoba-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour on glycemic response of breads. [MSc Dissertation]. Sao Paulo: School of Public Health, 2013.

#### **Abstract**

Background: The non-transmissible chronic diseases (NTCD) include cardiovascular disease, diabetes, obesity, cancer and chronic respiratory diseases. Studies show that the proportion of deaths from these diseases is increasing and demand continuous attention and promote progressive burden, in direct proportion to the aging of population. Diet is an important tool for prevention and control of NTCDs. Studies on the glycemic index (GI) of foods are of great importance, since they are related to possible physiological and therapeutic effects of low-GI diets for both healthy people and for those suffering from NTCD such as obesity and diabetes. The jatobá-do-cerrado, also known as jataí or jutaí (Hymenaea stignocarpa Mart.), belong to the family Leguminosae and subfamily Caesalpinoideae, and it is a little explored legume tree occurring in the Brazilian Savanna with great potential for use due to its chemical composition. The high dietary fiber content of jatobá-docerrado indicates the potential for use as an ingredient for reducing the glycemic response of food products. Objectives: To investigate the effect of adding jatobá-do-cerrado flour on the glycemic index of conventional breads. Methods: From the basic composition of a standard white bread, three formulations were developed using jatobá-do-cerrado flour, replacing wheat flour in proportions at 10, 20 and 30 %. The products developed were characterized for chemical composition, GI and glycemic load (GL). Sensory acceptability of jatobá breads through hedonic scale of nine points was also evaluated. Results: The addition of jatobá flour changed the composition of breads, especially increased its fiber content. We observed a reduction in the GI and GL of jatobá breads, which can be classified as low-GI foods (53), for bread with 20 % jatobá flour and moderate GI (62 and 56), for the loaves with 10:30 % of jatobá flour respectively. As the GL, all treatments can be classified as moderate GL foods. Regarding acceptability, the treatments with 10 and 20 % of jatobá flour did not differ according to the attributes: aroma, texture, flavor and overall assessment, getting the best scores between 6 (like slightly) and 7 (like moderately). Bread with 30% of jatoba flour presented a lower score around 5 (not liked not disliked). Conclusion: The addition of jatobá flour provided products with a low GI and moderate GL, high fiber content and sensory acceptance, confirming its potential as an ingredient in formulations using flour, such as bread, making it an option for introduction in the diet of both healthy individuals as well as those with chronic diseases such as obesity and diabetes.

**Keywords:** jatobá - do - cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.); breads; glycemic index.

### ÍNDICE

1 INTRODUÇAO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Diabetes mellitus	15
2.2 A DIETA E O Diabetes mellitus	16
2.3 ÍNDICE GLICÊMICO	22
2.4 PÃO RICO EM FIBRAS	23
2.5 JATOBÁ	25
3 OBJETIVOS	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 MATERIAL	30
4.2 MÉTODOS	30
4.2.1 Composição química da farinha de jatobá-do-cerrado	30
4.2.1.1 Macronutrientes	30
4.2.1.2 Perfil de aminoácidos	31
4.2.1.3 Perfil de ácidos graxos	31
4.2.1.4 Teor de minerais	32
4.2.1.5 Teor de vitaminas	32
4.2.1.5.1 Determinação de Ácido Ascórbico (vitamina C)	32
4.2.1.5.2 Determinação de Carotenóides	33
4.2.2 Desenvolvimento dos pães	35
4.2.2.1 Formulação	35
4.2.2.2 Composição química	36
4.2.2.3 Avaliação Sensorial	36
4.2.2.4 Avaliação da resposta glicêmica dos pães	37

4.3 ASPECTOS ÉTICOS	39
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FARINHA DE JATOBÁ	40
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES	49
5.2.1 Macronutrientes	49
5.2.2 Avaliação sensorial	52
5.2.3 Resposta Glicêmica dos pães de jatobá	55
6 CONCLUSÕES	59
7 REFERÊNCIAS	60
ANEXOS	
CURRÍCULO LATTES	

#### LISTA DE TABELAS

- **Tabela 1:** Fibra alimentar: propriedades, local de ação, implicações.
- **Tabela 2:** Composição centesimal e teor de minerais de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.
- **Tabela 3:** Gradiente de eluição das fases móveis ao longo do tempo da análise dos carotenóides da farinha de jatobá.
- Tabela 4: Formulações dos pães.
- **Tabela 5 -** Ciclo utilizado no preparo dos pães.
- Tabela 6: Características dos sujeitos estudados.
- **Tabela 7:** Porções dos alimentos utilizados para avaliação da resposta glicêmica, segundo a quantidade de 42 g de carboidratos disponíveis.
- **Tabela 8:** Composição centesimal (g.100 g<sup>-1</sup>) da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.
- **Tabela 9:** Perfil de aminoácidos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (g.100 g<sup>-1</sup>), recomendação de aminoácidos essenciais de acordo com a FAO/WHO (1991) e escore de aminoácidos.
- **Tabela 10:** Composição de minerais de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (mg.100 g<sup>-1</sup>).
- **Tabela 11:** Teor de carotenóides e vitamina A e Limite de Detecção e Quantificação dos carotenoides da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.).
- **Tabela 12:** Composição centesimal (g.100 g<sup>-1</sup>) do pão branco padrão e dos pães com jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.
- **Tabela 13:** Amido total (mg.100 mg<sup>-1</sup>) e Amido resistente (mg.100 mg<sup>-1</sup>) no pão branco e em pães enriquecidos com farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.).
- **Tabela 14**: Média das notas de aceitação dos pães de jatobá, segundo os atributos sensoriais.
- **Tabela15:** Resposta glicêmica dos pães de jatobá e do alimento controle.

#### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Classificação dos carboidratos.
- Figura 2: Ocorrência do Bioma Cerrado nos estados brasileiros.
- Figura 3: Jatobá-do-cerrado (Hymenaea stignocarpa Mart).
- **Figura 4:** Composição de ácidos graxos de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (g.100 g<sup>-1</sup>).
- **Figura 5:** Grau de saturação dos ácidos graxos de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (g.100 g<sup>-1</sup>).
- Figura 6: Teor de fibras segundo a concentração de farinha de jatobá em pães.
- Figura 7: Pães desenvolvidos.
- **Figura 8:** Aceitabilidade das formulações de pães com jatobá segundo escala hedônica de nove pontos.
- **Figura 9:** Curvas de resposta glicêmica dos pães de jatobá em comparação ao pão branco (alimento controle).
- **Figura 10:** Área de resposta glicêmica (ARG) dos pães segundo a concentração da farinha de jatobá.

### 1 INTRODUÇÃO

O grupo das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) compreende as doenças cardiovasculares, *diabetes mellitus*, hipertensão, obesidade, câncer e doenças respiratórias crônicas. Muitas doenças deste grupo têm fatores de risco comuns, e demandam por assistência continuada de serviços e ônus progressivo, na razão direta do envelhecimento dos indivíduos e da população (ACHUTTI e AZAMBUJA, 2004).

No Brasil, em 2008 as DCNT responderam por 62,8 % do total das mortes por causa conhecida e séries históricas de estatísticas de mortalidade indicam que a proporção de mortes por DCNT aumentou em mais de três vezes entre as décadas de 30 a 90 (BRASIL, 2011). Em virtude disso, é essencial autoridades de saúde buscarem alternativas para prevenir e controlar a ocorrência destas doenças para então minimizarem os gastos com saúde pública (CHUNG-JUNG et al., 2011).

A dieta é uma importante ferramenta para prevenção e controle de DCNT, como as doenças cardiovasculares e o diabetes (GERALDO e ALFENAS, 2008; MELLO e LAAKSONEN, 2009; FROTA et al., 2010). Por isso, há a necessidade de realizar estudos com alimentos que possam atuar na redução do risco de desenvolvimento destas doenças.

A tendência do consumidor atual é utilizar alimentos práticos e de fácil preparo que, adicionalmente à qualidade nutritiva, tragam bem-estar e benefícios à saúde. Neste âmbito, têm sido desenvolvidos produtos alimentícios com propriedades funcionais através da incorporação de vegetais, que são fontes de compostos bioativos (CBAs), a fim de melhorar a qualidade desses produtos (PAUCAR-MENACHO et al., 2008).

Produtos a base de cereais são consumidos diariamente pela maioria da população, e nos últimos anos a indústria de alimentos tem focado no aumento do valor nutritivo desses produtos (KTENIOUDAKI e GALLAGHER, 2012).

Na literatura são citados muitos estudos sobre a adição de fibra alimentar em produtos alimentícios, como em: panificação, bebidas, laticínios, massas e sopas (ELLEUCH et al., 2010). Ingredientes obtidos a partir de: laranja, maçã, beterraba e manga têm sido usados como fonte de fibras em produtos de panificação na última década (KTENIOUDAKI e GALLAGHER, 2012).

A adição de diferentes ingredientes em pães têm se mostrado promissora em diversos estudos, devido ao elevado consumo deste produto pela população viabilizando a obtenção de produtos de baixas calorias, ricos em fibras e de baixo índice glicêmico (GANDRA et al., 2008; ROLIM et al., 2011).

Estudos sobre o índice glicêmico (IG) dos alimentos são de grande relevância, já que estão relacionados com possíveis efeitos fisiológicos e terapêuticos de dietas com baixo IG, tanto para pessoas saudáveis, como para as portadoras de DCNT (MELLO e LAAKSONEN, 2009).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, superado em área apenas pela Amazônia. Apesar de compreender uma larga biodiversidade, a destruição dos ecossistemas que o constituem vem ocorrendo de forma acelerada (KLINK e MACHADO, 2005). A expansão da agricultura nesta região causa a extinção de diversas espécies de plantas (CARAMORI et al., 2004). Apesar de muitas espécies terem sido identificadas, o seu potencial nutritivo ainda é desconhecido (MARIN et al., 2009).

Dentre plantas nativas do cerrado destacamos o jatobá. O jatobá-do-cerrado, também conhecido como jataí ou jutaí (*Hymenaea stignocarpa* Mart), pertencente à família *Leguminosae* e subfamília *Caesalpinoideae*, é uma leguminosa arbórea de ocorrência no cerrado brasileiro (LORENZI et al., 2008). As leguminosas são alimentos associados a benefícios a saúde devido a sua complementariedade com cereais e por suas propriedades quanto à prevenção de algumas doenças como o diabetes, obesidade e possivelmente câncer de colón. Entre os nutrientes presentes nas leguminosas, destacamos quantidades significativas de vitaminas, minerais e fibra alimentar (GUILLON e CHAMP, 2002; TRINIDAD et al., 2010). O alto conteúdo de fibra alimentar do jatobá indica o potencial de sua utilização como ingrediente, para redução da resposta glicêmica de produtos alimentícios.

Considerando a perspectiva de exploração desta variedade não convencional da biota brasileira na alimentação humana, justifica-se a incorporação da farinha de jatobá na elaboração de pães e respectiva avaliação do seu potencial de redução da resposta glicêmica.

#### 2 REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 Diabetes mellitus

A alimentação é uma preocupação mundial. Enquanto em algumas partes do mundo há escassez de alimentos, em outras, doenças metabólicas crônicas surgiram a partir do consumo excessivo de nutrientes presentes em alguns alimentos. Ambas as situações podem resultar em menor expectativa de vida e representam um importante problema de saúde pública (TURGEON e RIOUX, 2011).

O diabetes mellitus (DM) é um grupo de doenças metabólicas caracterizado por hiperglicemia e associado a complicações de vários órgãos. A sua ocorrência pode ser atribuída a defeitos de secreção e/ou ação da insulina que envolve processos patogênicos específicos, por exemplo, destruição das células beta do pâncreas (produtoras de insulina) entre outros (BRASIL, 2006).

Segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2009) a classificação atual do DM baseia-se na etiologia e não no tipo de tratamento, portanto devem ser eliminados os termos DM insulinodependente e DM insulinoindependente. A classificação proposta pela Organização Mundial de Saúde e pela Associação Americana de Diabetes (ADA) inclui quatro classes clínicas que segregam as condições hiperglicêmicas nos seguintes grupos: DM tipo 1 (DM1), DM tipo 2 (DM2) e outros tipos específicos de DM e DM gestacional.

O diabetes é comum e de incidência crescente. Estima-se que 18 milhões de pessoas nos Estados Unidos tem diabetes. Destes, aproximadamente 5 % são do tipo 1, enquanto que 90 % são do tipo 2 (SHILS, 2003). As taxas de prevalência de DM tipo 2 tem sido crescentes em todo o mundo, de tal forma que se considera que esta condição tenha alcançado proporções epidêmicas em muitos países (VENN e MANN, 2004).

Estimou-se que, em 1995, o diabetes atingia 4,0 % da população adulta mundial, e que em 2025 alcançará a cifra de 5,4 %. A maior parte desse aumento se dará em países em desenvolvimento (BRASIL, 2006).

Dados do Ministério da Saúde por meio do Vigitel (Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico), que monitora a frequência e distribuição de fatores de risco e de proteção para doenças crônicas em

todas as capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal, mostraram que 5,9 % dos brasileiros referiram diagnóstico médico de *diabetes mellitus* em 2009 (BRASIL, 2011).

#### 2.2 A DIETA E O Diabetes mellitus

As antigas civilizações do Egito, Grécia, Roma e Índia reconheciam a relação entre diabetes e o efeito da intervenção dietética. O romano Areteu, em 70 d.C, observou a polidpsia e a poliúria e denominou a condição diabetes, que significa "fluir através". Thomas Willis, um médico inglês, introduziu posteriormente o termo mellitus ou "semelhante a mel" depois de observar o gosto doce da urina (SHILS, 2003).

Naquela época, o debate foi intenso sobre a quantidade de carboidratos permitida para portadores de diabetes. Os autores das dietas pobres em carboidratos, e rica em gordura, argumentaram que o excesso de açúcar presente no sangue e na urina de diabéticos exigia restrição de carboidratos, enquanto os seguidores das dietas ricas em carboidratos argumentaram que os carboidratos perdidos na urina deveriam ser repostos através da dieta (SHILS, 2003).

Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS (2003), a dieta está envolvida na etiologia do *diabetes mellitus* tipo 2. Consumo em excesso de energia, ácidos graxos saturados e *trans*, e baixa ingestão de fibras devido ao maior consumo de alimentos a base de grãos refinados têm sido propostos como fatores contribuintes. A obesidade e a redução da atividade física estão bem estabelecidas como fatores de risco para o desenvolvimento do *diabetes mellitus* tipo 2.

A terapia nutricional é parte fundamental no cuidado do diabetes mellitus. O principal objetivo desta terapia é manter a glicemia o mais próximo possível de valores considerados normais, com uso de dieta balanceada, a fim de prevenir/retardar as complicações crônicas do diabetes (CUPPARI, 2005; SILVA et al., 2009). Dentre os macronutrientes destacamos o papel dos carboidratos na prevenção e controle do diabetes.

Os carboidratos da dieta são um grupo diverso de substâncias com uma gama de características físicas, químicas e propriedades fisiológicas. Enquanto são os principais substratos para metabolismo de energia, podem afetar: a saciedade,

glicemia, insulina, metabolismo de lipídios e, por meio de fermentação, exercer um controle importante sobre a função do cólon, o trânsito, o metabolismo e o equilíbrio da flora intestinal (CUMMINGS e STEPHEN, 2007).

Uma classificação baseada puramente nas características químicas não permite uma simples tradução para os benefícios metabólicos, pois cada classe majoritária química tem uma variedade de efeitos fisiológicos que se sobrepõem (CUMMINGS e STEPHEN, 2007).

Quanto ao grau de polimerização, os carboidratos podem ser classificados em: açúcares, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os açúcares podem ser agrupados em: monossacarídeos, dissacarídeos e polióis. Os polissacarídeos podem ser divididos em: amido e polissacarídeos não-amiláceos (ALLER et al., 2011).

Os monossacarídeos são poliidroxialdeídos (aldoses) ou poliidroxicetonas (cetoses) de cadeia linear. Na natureza, os mais abundantes são as hexoses (6 carbonos). Os representantes típicos desta classe são a glicose, frutose e galactose (ORDÓÑEZ et al., 2005). O consumo em excesso de monossacarídeos na dieta está associado à ocorrência de lipogênese (acúmulo de gordura corporal) e de efeitos metabólicos adversos como esteatose hepática, resistência a insulina, intolerância a glicose e o surgimento de doenças crônicas não transmissíveis como a hipertensão.

Os dissacarídeos são comuns na alimentação e são formados quando dois monossacarídeos combinam-se. Os três principais dissacarídeos de importância fisiológica são: sacarose (glicose + frutose), lactose (glicose + galactose) e maltose (glicose + glicose). Assim como os monossacarídeos, o consumo em excesso de dissacarídeos na dieta esta relacionado com alta liberação de insulina, hipoglicemia, aumento da forma e consequentemente excesso do consumo energético podendo levar ao surgimento de doenças crônicas como a obesidade e o diabetes.

Os oligossacarídeos contem de três a dez unidades simples de açúcares. Os dois principais oligossacarídeos de importância nutricional são rafinose e estaquiose, estão presentes em vegetais, como as leguminosas, e caracterizam-se por permanecerem não-digeríveis até alcançarem o intestino grosso (DUTRA DE OLIVEIRA, 2008). Por serem não-digeríveis, seus efeitos fisiológicos são semelhantes aos da fibra dietética, acarretando uma maior saciedade e estimulando o crescimento de bactérias benéficas ao trato gastrointestinal.

Os polissacarídeos contêm muitas unidades de monossacarídeos, a maior parte glicose. Alguns têm 3.000 unidades ou mais. Os termos "amido" e "carboidratos complexos" são os principais termos usados para os polissacarídeos da dieta (DUTRA DE OLIVEIRA, 2008).

O amido é um polímero encontrado nos vegetais, cujo a função é reserva de energia. São constituídos por dois polissacarídeos diferentes: amilose (estrutura linear) e amilopectina (estrutura ramificada). É a fonte mais importante de carboidratos da dieta de indivíduos em muitos países do mundo (DUTRA DE OLIVEIRA, 2008; ORDÓÑEZ et al., 2005). Segundo seu efeito pós-prandial, os amidos podem ser classificados em lentamente digeríveis, rapidamente digeríveis e resistentes à digestão (ALLER et al., 2011). O amido rapidamente digerível é rapidamente absorvido, conduzindo a uma rápida elevação da glicose sanguínea e geralmente, a um episódio subsequente de hipoglicemia. Este aumento rápido e elevado de glicose deve ser evitado, pois pode trazer malefícios ao organismo como, por exemplo, dano celular e consumo de energia em excesso. Já o amido resistente à digestão, é fermentado no cólon produzindo ácidos graxos de cadeia curta, fornecendo energia adicional ao corpo. Seus benefícios são similares aos da fibra alimentar, pois seu consumo está associado a maior saciedade e ingestão de energia controlada sendo, portanto benéfico para a saúde. O amido lentamente digerível proporciona liberação lenta e gradual de glicose, levando a uma prolongada disponibilidade de energia e consequentemente um consumo energético controlado.

A terminologia baseada nas propriedades fisiológicas ajuda no foco dos potenciais efeitos benéficos dos carboidratos para a saúde, identificando alimentos que podem fazer parte de uma dieta saudável (CUMMINGS e STEPHEN, 2007). Dentre estes carboidratos, destacamos a fibra alimentar.

Segundo a Comissão em Nutrição e Alimentos para Usos Especiais na Dieta (CODEX) 'Fibra Alimentar' são: "polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisadas por enzimas endógenas no intestino de seres humanos que podem ser classificados em três categorias: 1) polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos; 2) polímeros de carboidratos obtidos de material cru por meio físico, químico ou enzimático e que tenham mostrado algum efeito fisiológico

benéfico para a saúde humana, de acordo com evidencias científicas comprovadas por autoridades competentes e 3) polímeros de carboidratos sintéticos que tenham mostrado algum efeito fisiológico benéfico à saúde através de meios científicos aceitos pelas autoridades competentes".

Os diversos componentes da fibra alimentar são encontrados principalmente entre os vegetais, como: cereais, leguminosas, frutas, hortaliças e tubérculos (GIUNTINI e MENEZES, 2011). Com base na solubilidade em solução enzimática de pH controlado as fibras podem ser classificadas em solúveis e insolúveis (CUMMINGS e STEPHEN, 2007).

Os efeitos fisiológicos das fibras estão associados com as propriedades físicoquímicas do tipo de fibra ingerida, como capacidade de retenção de água, viscosidade, fermentação, adsorção, ligação, volume (GIUNTINI e MENEZES, 2011). Algumas propriedades das fibras podem ser observadas na **Tabela 1**.

Tabela 1- Fibra alimentar: propriedades, local de ação e implicações.

Propriedades	Atuação no intestino delgado	Implicações
Retenção de água	Aumenta o volume na fase aquosa do conteúdo intestinal	Retarda a digestão e absorção de carboidratos e lipídios
Volume	Aumenta o volume; Altera a mistura do conteúdo	Promove a absorção de nutrientes no intestino mais distal
Viscosidade	Retarda a entrada do conteúdo gástrico; Altera a mistura e difusão	Associação com redução do colesterol plasmático e alteração da resposta glicêmica
Adsorção e ligação de compostos	Aumenta a excreção de ácidos biliares ou outros compostos ligados	Reduz o colesterol plasmático
Propriedades	Atuação no intestino grosso	Implicações
Dispersão em água	Permite penetração de micro- organismos na fase aquosa	Aumenta a decomposição bacteriana de polissacarídeos
Volume	Aumenta a entrada de material fecal no intestino grosso; Afeta a mistura do conteúdo	Fornece substrato para microbiota, favorece efeito laxante e diminui a exposição a produtos tóxicos
Adsorção e ligação	Aumenta a quantidade de compostos, como ácidos biliares, presentes no intestino grosso	Aumenta a excreção desses compostos; Oportunidade de modificação da microbiota de componentes
Fermentação	Aumento da microbiota; Adaptação da microbiota aos substratos polissacarídeos	Aumenta a massa bacteriana e os produtos do metabolismo (CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , AGCC)

Fonte: GIUNTINI e MENEZES, (2011).

Os carboidratos podem exercer potenciais efeitos no metabolismo. As propriedades fisiológicas dos carboidratos dependerão da sua taxa e extensão de digestão e absorção no intestino delgado, como pode ser observado na **Figura 1**.

Além disso, a presença de outros componentes da dieta como lipídios e proteínas também influenciam a resposta fisiológica dos carboidratos (ALLER et al., 2011).

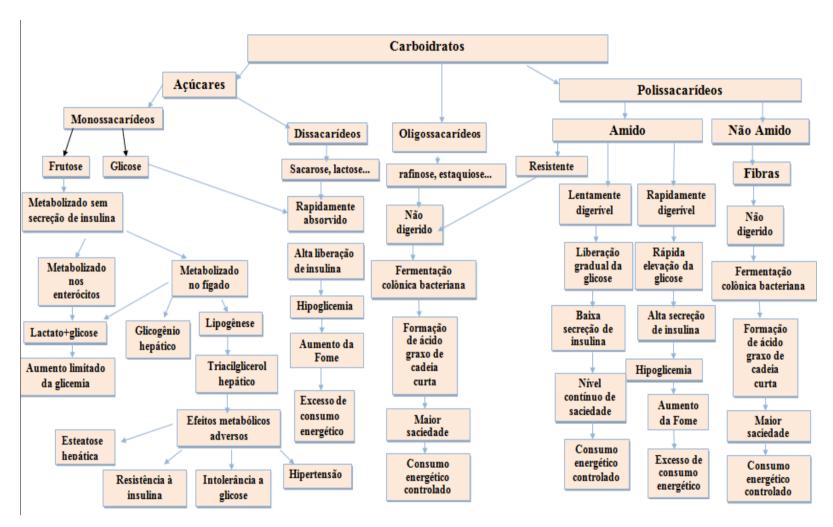


Figura 1 – Classificação dos carboidratos, adaptado de Aller et al. (2011).

Os efeitos fisiológicos da fibra alimentar, assim como de suas propriedades físicas inerentes ao alimento, tem sido foco de atenção na prevenção do *diabetes melittus* tipo 2 (MELLO e LAAKSONEN, 2009). Porém, é observado nos estudos o baixo consumo deste nutriente pela população.

A recomendação de ingestão pela OMS (2003) é de 25 g/dia de fibra alimentar total. Menezes et al. (2001) estimaram a ingestão de fibras pela população brasileira com base nos dados do IBGE nas décadas de 1970, 80 e 90 e concluíram que a ingestão caiu sensivelmente nas refeições feitas em domicílio: de 19,3 g/dia em 1970 para 12,4 g/dia em 1990.

Segundo o Guia Alimentar da População Brasileira (2006) frutas, legumes e verduras são ricos em vitaminas, minerais e fibras e devem estar presentes diariamente nas refeições, pois contribuem para a proteção à saúde e diminuição do risco de ocorrência de várias doenças. Entretanto a participação de frutas, legumes e verduras no valor energético total fornecido pela alimentação das famílias brasileiras, independentemente da faixa de renda, é baixa, variando de 3% a 4%, entre 1974-2003.

Portanto, há a necessidade de se incentivar o consumo de alimentos *in natura* ricos em fibras e desenvolver produtos adicionados de fibras a fim de oferecer um aporte maior deste nutriente para a população.

#### 2.3 ÍNDICE GLICÊMICO

A resposta glicêmica é dependente da velocidade de digestão e absorção dos carboidratos presentes nos alimentos, processos que envolvem fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como: quantidade de carboidrato presente no alimento, natureza do amido (teores de amilose e amilopectina e de amido resistente), natureza dos monossacarídeos, grau de cozimento e de processamento do alimento, interação amido-nutriente, teor de lipídeos, proteínas e fibra alimentar, além dos efeitos fisiológicos e bioquímicos da mastigação, do esvaziamento gástrico e da absorção intestinal (FAO/OMS, 1998; WILLETT et al., 2002; SIQUEIRA et al., 2007).

O Índice Glicêmico (IG) reflete o aumento de glicose sanguínea após a ingestão de carboidratos disponíveis de um alimento em relação a um alimento

padrão. Pode ser definido como o aumento da área sob a curva glicêmica produzida pelo carboidrato disponível (CD) de um alimento em relação à área correspondente produzida pela ingestão da mesma quantidade de CD do alimento padrão (pão branco ou glicose) (JENKINS et al., 1981; WOLEVER et al., 1991; FAO/OMS, 1998).

O uso do IG como ferramenta dietoterápica adequada para nortear as escolhas de alimentos ricos em carboidratos é suportado por ensaios clínicos e meta análises publicados atualmente (SILVA et al., 2009).

A aplicabilidade do IG serve tanto para prevenção primária de doenças crônicas como obesidade, quanto para o auxílio no tratamento de quadros instalados, como de *diabetes mellitus*. Entretanto, este conceito também pode ser utilizado por praticantes de atividade física que visam melhorar a utilização do glicogênio muscular e o desempenho (SIQUEIRA et al., 2007).

Estudos epidemiológicos sugerem que o consumo de alimentos com grande quantidade de fibras na sua composição e classificados em baixo índice glicêmico ou carga glicêmica diminuem o risco de diabetes tipo 2 (OMS/FAO, 2003; MELLO e LAAKSONEN, 2009).

Alimentos de baixo índice glicêmico e carga glicêmica têm sido relacionados à redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis e, por esse motivo, existe um interesse crescente na investigação da resposta glicêmica dos alimentos (CAPRILES et al., 2009).

Pesquisas indicam que as pessoas que consomem a partir de três porções de grãos integrais por dia reduzem o risco de desenvolvimento de *diabetes mellitus* tipo 2 de 20 a 30 % (ALLER et al., 2011; VENN e MANN, 2004).

O papel das leguminosas nestes índices ainda não é claro devido o seu baixo consumo pelas populações estudadas. Sabe-se, porém que este tipo de alimento possui componentes como os carboidratos lentamente digeríveis e o alto conteúdo de fibras, que desempenham potenciais efeitos sobre o controle glicêmico (VENN e MANN, 2004; TRINIDAD et al., 2010).

#### 2.4 PÃO RICO EM FIBRAS

Os alimentos funcionais são consumidos como parte de uma dieta normal, sendo conhecidos por melhorar o estado de saúde, além da sua função nutricional

básica (SHAHIDI, 2004). Uma gama considerável de alimentos funcionais está disponível no mercado, com diferentes níveis de apelo relacionados aos benefícios à saúde (FERGUSON, 2009).

O desenvolvimento de métodos que entendam os motivos de escolha dos alimentos pelos consumidores e o conhecimento sobre os processos de fabricação podem aumentar a chance de sucesso de novos produtos no mercado internacional. Ultimamente, o sucesso dos produtos tem sido relacionado com o sabor, aparência, preço e apelo quanto à saúde para os consumidores (BETORET et al., 2011).

Segundo Buttriss e Stokes (2008), os benefícios à saúde associados às fibras alimentares incluem: controle da glicose e do colesterol plasmático, proteção contra as doenças cardiovasculares, regulação da função intestinal e proteção contra câncer de colón. Apesar destes inúmeros benefícios, estudos mostram que as práticas alimentares atuais são constituídas de dietas pobres em fibras alimentares (MATTOS e MARTINS, 2000).

Produtos de panificação são consumidos em grandes quantidades por dia e podem proporcionar um meio conveniente para o fornecimento de fibra alimentar e outros compostos nutricionais para os consumidores (KTENIOUDAKI e GALLAGHER, 2012). No Brasil, o consumo per capita de pães /ano é de 33,5 kg e o mercado continua em crescente expansão (ABIP, 2011).

O pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes. O produto é classificado de acordo com os ingredientes e ou processo de fabricação e ou formato, sendo o pão de forma caracterizado pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia (BRASIL, 2000).

Trigo, aveia, cevada e arroz são muitas vezes usados para enriquecer com fibras produtos à base de cereais cozidos e extrusados. Em particular, trigo em grão e farelo de trigo especial são mais comumente usados para a produção de produtos integrais, incluindo: biscoitos, pães, bolos e snacks extrusados (KTENIOUDAKI e GALLAGHER, 2012). A substituição parcial da farinha de trigo por outros ingredientes, como soja e linhaça em pães, com o objetivo de enriquecer os alimentos

com fibras tem se mostrado uma alternativa viável (VASCONCELOS et al., 2006; BORGES et al., 2011).

Frações isoladas de leguminosas podem ser usadas pela indústria de alimentos como ingredientes simples, funcionais, a fim de obter um produto rico em fibras (GUILLON e CHAMP, 2002).

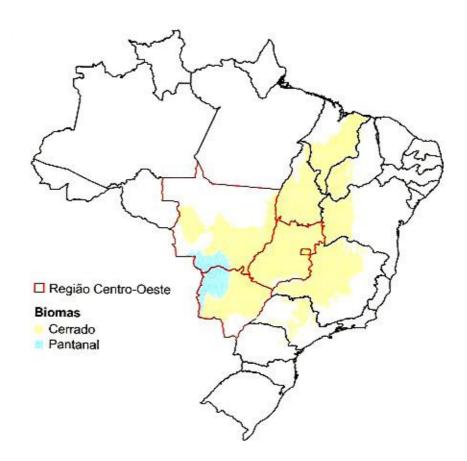
#### 2.5 JATOBÁ

O Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma brasileiro, apenas superado em área pela Floresta Amazônia (SANO et al., 2008).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. A flora é característica e diferenciada dos biomas adjacentes (SANO et al., 2008). Devido à sua localização geográfica e extensão, o Cerrado tem uma grande diversidade de vegetais que podem ser usados para diversos fins, inclusive na dieta humana. Frutas desta região têm potencial para melhorar a dieta, gerar renda e, consequentemente, melhorar a qualidade de vida de famílias de baixa renda (CARDOSO et al., 2013).

Apesar de compreender uma larga biodiversidade, a destruição dos ecossistemas que o constituem vem acontecendo de forma acelerada (CARAMORI et al., 2004; KLINK e MACHADO, 2005). Apesar de muitas espécies terem sido identificadas, o seu potencial nutritivo ainda é desconhecido (MARIN et al., 2009).

Dentre as possibilidades atuais de utilização dos vegetais do cerrado, destacamse: o plantio em áreas de proteção ambiental, o enriquecimento da flora das áreas mais pobres; a recuperação de áreas desmatadas ou degradadas; a formação de pomares domésticos e comerciais; e o plantio em áreas de reflorestamento, parques e jardins, e em áreas acidentadas (AVIDOS e FERREIRA, 2000). Espécies nativas do cerrado possuem enraizamento profundo, o que permite um aproveitamento mais eficiente da água e dos minerais do solo comparativamente às lavouras de grãos (OLIVEIRA e ROCHA, 2008).



**Figura 2-** Ocorrência do Bioma Cerrado nos estados brasileiros. Fonte: VIEIRA et al., 2010.

Espécies nativas brasileiras desempenham importante papel na alimentação humana desde as épocas remotas, por fornecer nutrientes aos povos indígenas que habitavam o Brasil e aos colonizadores que aqui chegaram (VIEIRA et al., 2010).

Dentre estas espécies nativas é destacado o jatobá. O jatobá-do-cerrado, também conhecido como jataí ou jutaí (*Hymenaea stignocarpa* Mart), pertencente à família *Leguminosae* e subfamília *Caesalpinoideae* (LORENZI et al., 2008).

O jatobá-do-cerrado é uma leguminosa arbórea com comprimento entre 6 e 18 cm e diâmetro de 3 a 6 cm. A polpa farinácea, de cor creme, envolve de 3 a 6 sementes. Sua árvore é uma espécie tropical que mede 4 a 6 m de altura, sendo encontrada mais em terreno seco, muitas vezes de pouca fertilidade. Pode ser encontrado nos estados do Amazonas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal (VIEIRA et al., 2010).



Figura 3- Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart).

As leguminosas são fontes de carboidratos complexos, proteínas, fibra alimentar, vitaminas e minerais de alto valor biológico de grande uso para a alimentação humana (THARANATHAN e MAHADEVAMMA, 2003; TRINIDAD et al., 2010; BOJÑANSKÁ et al., 2012).

O jatobá-do-cerrado diferencia-se de outras leguminosas, como a soja e o feijão, por apresentar baixa quantidade de lipídios e proteínas. As informações disponíveis indicam que o jatobá-do-cerrado possui um elevado teor de fibras solúveis e insolúveis e alguns minerais como cálcio e magnésio, conforme apresentado na **Tabela 2**.

O uso da farinha de jatobá ainda é muito restrito quando comparado às farinhas tradicionais como trigo e milho. A farinha de jatobá é, na maioria das vezes, consumida *in natura*, porém sua polpa farinácea apresenta forte potencial para o enriquecimento de formulações que utilizam farinhas, como pães, bolos e biscoitos. O sabor adocicado e aroma característico podem conferir características sensoriais marcantes aos produtos desenvolvidos (VIEIRA et al., 2010).

**Tabela 2-** Composição centesimal e teor de minerais de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.

Constituintes	Quantidades
Proteínas (g.100 g <sup>-1</sup> )	7,60 ±0,22
Lipídios $(g.100 g^{-1})$	$3,03\pm0,05$
Cinzas (g.100 g <sup>-1</sup> )	4,60±0,06
Fibra Alimentar solúvel(g.100 g <sup>-1</sup> )	11,01±0,50
Fibra Alimentar insolúvel(g.100 g <sup>-1</sup> )	42,86±0,27
Amido $(g.100 g^{-1})$	$3,1\pm0,1$
Carboidratos (por diferença)*	30,90
Cálcio (mg.100 g <sup>-1</sup> )	73,9
Zinco (mg.100 g <sup>-1</sup> )	1,0
Ferro (mg.100 g <sup>-1</sup> )	1,1
Magnésio (mg.100 g <sup>-1</sup> )	48,5

<sup>\*</sup>Teor de carboidratos incluindo a fração do amido.

Fonte: Silva, et al., (1999); Silva et al., (2001); Marin et al., (2009).

Oliveira e Rocha (2008) apontaram que a inclusão das espécies nativas do Cerrado na merenda escolar agrega valor nutricional, além de atrativos sensoriais como cor, sabor e aroma peculiares e intensos.

Chang et al. (1998) e Silva et al. (2001) utilizaram o jatobá-do-cerrado na elaboração de cookies com elevada fonte de fibra alimentar e isentos de açúcares e snacks, demonstrando a aplicabilidade desta leguminosa no desenvolvimento de produtos.

Um dos maiores desafios da atualidade é frear o extrativismo predatório a que muitas espécies, como o jatobá-do-cerrado, estão sendo submetidas. Com a demonstração da importância que a biodiversidade desempenha tanto no funcionamento dos ecossistemas quanto na alimentação humana, será possível o estímulo da perpetuação dessas espécies nativas por meio de plantios comerciais.

#### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Verificar o efeito da adição de farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar a farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.)
   quanto à composição em macro e micronutrientes.
- Desenvolver p\u00e4es adicionados de farinha de jatob\u00e1 do cerrado (Hymenaea stigonocarpa Mart.) e caracteriz\u00e1-los quanto sua composi\u00e7\u00e4o qu\u00eamica.
- Investigar a aceitabilidade sensorial dos p\u00e4es adicionados de farinha de jatob\u00e1
   do cerrado (Hymenaea stigonocarpa Mart.).
- Avaliar a resposta glicêmica dos pães adicionados de farinha de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.1 MATERIAL

A farinha de jatobá-do-cerrado foi adquirida comercialmente do Centro de Produção, Pesquisa e Capacitação do Cerrado – CEPPEC proveniente do município de Nioaque/MS. Esta farinha é produzida de maneira artesanal pela comunidade da região, em um projeto sustentável. A farinha foi submetida à secagem prévia em forno convencional, sem controle de tempo e temperatura, antes do processo de embalagem para comercialização. Os demais ingredientes (margarina, sal, leite, açúcar, farinha de trigo e fermento biológico) utilizados para a formulação dos pães foram adquiridos no mercado consumidor local de São Paulo (SP).

#### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Composição química da farinha de jatobá-do-cerrado

#### 4.2.1.1 Macronutrientes

Foram determinados os teores de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, fibras solúvel e insolúvel segundo a AOAC (2010), métodos 950.46, 923.03, 960.52, 920.39 e 985.29, respectivamente. Para o cálculo da proteína, empregou-se o fator de conversão 6,25. Os carboidratos totais foram calculados por diferença. O valor energético foi calculado utilizando os fatores de conversão de Atwater, sendo 4 kcal.g<sup>-1</sup> para proteínas e carboidratos e 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios.

O amido total foi determinado segundo AOAC (2010) método 996.11 com modificações de Walter et al. (2008). O método baseou-se na hidrólise enzimática seguida da determinação espectrofotométrica da glicose liberada por meio da reação com Reagente Glicose PAP Liquiform (CENTERLAB, Brasil), contendo as enzimas glicose-oxidase (~11000 U.mL<sup>-1</sup>) e peroxidase (~700 U.mL<sup>-1</sup>), 290 µmol.L<sup>-1</sup> de 4-aminoantipirina e 50 mM de fenol pH 7,5.

O teor de amido resistente foi quantificado segundo metodologia proposta por Goñi et al. (1996), por meio de hidrólise enzimática seguido da determinação espectrofotométrica da glicose liberada por meio da reação com Reagente Glicose PAP Liquiform (CENTERLAB, Brasil), contendo as enzimas glicose-oxidase

(~11000  $U.mL^{-1}$ ), peroxidase (~700  $U.mL^{-1}$ ), 290  $\mu$ mol. $L^{-1}$  de 4-aminoantipirina e 50 mM de fenol pH 7,5..

#### 4.2.1.2 Perfil de Aminoácidos

O preparo da amostra para a análise dos aminoácidos totais envolveu a hidrólise para liberação dos aminoácidos, preparação dos hidrolisados por meio de secagem e derivatização e separação dos derivados feniltiocarbamil por cromatografia liquida de alta eficiência, de acordo com a metodologia proposta por WHITE et al., (1986).

Os valores de triptofano foram determinados por espectrofotometria com leitura a 590 nm pelo método descrito por Spies (1967), utilizando-se hidrólise enzimática com pronase a 40°C por 24 horas, uma vez que a hidrólise ácida destrói este aminoácido.

Esta análise foi realizada no Laboratório CBO Análises Laboratoriais<sup>®</sup>, em Campinas (SP).

#### 4.2.1.3 Perfil de Ácidos Graxos

Os ácidos graxos foram determinados como ésteres metílicos de ácidos graxos por meio de cromatografia gasosa. A extração dos lipídios da farinha de jatobá-do-cerrado foi realizada através do método Bligh e Dyer (1959). Uma alíquota contendo 150 mg de lipídios foi submetida a saponificação com NaOH 0,5 N em metanol, estereficada com BF<sub>3</sub> em metanol (MERCK, Brasil) por meio de aquecimento, e extraída em hexano grau CLAE (Cromatografia Liquida de Alta Eficiência) (MORRINSON e SMITH, 1964). A identificação dos ésteres metílicos foi realizada em equipamento Chrompack CP9002 (Middelburg, Holanda). Foi utilizado como padrão o *Lipid Standard* SIGMA – *Fatty acid methyl ester mixtures* 47885 para identificação dos picos. As condições cromatográficas foram as seguintes: coluna capilar de sílica fundida CIOLA-WAX, com 20 m de comprimento e 0,32 mm de diâmetro interno; gás de arraste: hidrogênio a 2,0 mL/minuto; injetor splitter a 270 °C, com razão de split de 1: 35; detector FID a 300 °C; temperatura inicial da corrida de 60 °C, com elevação de 3,5 °C/min até 240 °C. O volume injetado de cada extrato no cromatógrafo a gás foi de 1 μL.

#### 4.2.1.4 Teor de Minerais

O teor de minerais foi determinado segundo a AOAC (2010), métodos 985.35 e 984.27, utilizando a técnica de espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP OES), após incineração das amostras em forno mufla a 450 °C. Estas análises foram realizadas no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos/ ITAL/SP, em triplicata.

#### 4.2.1.5 Teor de Vitaminas

#### 4.2.1.5.1 Determinação de Ácido Ascórbico (vitamina C)

O conteúdo de ácido ascórbico (AA) e ácido dehidroascórbico (DHA) foi determinado segundo os métodos propostos por Cardoso et al. (2011a); Cardoso et al. (2011b) e Campos et al. (2009), com algumas modificações.

Cerca de 1 g da farinha de jatobá foi homogeneizada em turrax com 5 mL de água Milli-Q. Em seguida, foram adicionados 15 mL de solução de extração (3 % ácido metafosfórico, 8 % ácido acético, ácido sulfúrico 0,3 mol/L e EDTA 1 mM). A mistura foi agitada em vortex por 2 minutos e centrifugada a 1789 g/ 15 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi coletado e diluído com água Milli-Q em balões de 25 mL. Desta diluição foram coletados 2 mL os quais foram filtrados (filtro de 0,45 μm) e armazenados em vial âmbar a 5 °C até o momento da análise cromatográfica.

O ácido dehidroascórbico foi determinado por meio da diferença entre o conteúdo total de AA (após conversão de DHA à AA) e o conteúdo original de AA (antes da conversão à DHA). A 1 mL do extrato de jatobá foi adicionada 2,5 mL de uma solução de tampão trizma 0,5 M pH 9,0 com 40 mM de Ditiotreitol (DTT), até o pH ficar entre 5,5 - 6,0. Em seguida, a amostra ficou em repouso, ao abrigo da luz, por 10 minutos. Após este período, foram adicionados 3 mL de ácido sulfúrico 0,4 M até a amostra atingir pH 3,0. O extrato foi filtrado (filtro de 0,45 μm) e armazenado em vial âmbar a 5 °C até o momento da análise cromatográfica. Todo o processo de extração foi feito ao abrigo da luz.

As análises foram realizadas por Cromatografia Liquida de Alta Eficiência, utilizando o cromatógrafo líquido Shimadzu modelo LC-20 AT, equipado com injetor automático SIL-20AC, controlador CBM-20A, forno de coluna CTO-20A e

detector de arranjo de diodos (DAD) SPD-M20A, utilizando a coluna ACE 5 C18 (250 x 4,0 mm, 5 μm). A fase móvel foi isocrática constituída de fosfato de sódio monobásico 1 mM (Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) e EDTA 1 mM, com pH 3,0 ajustado com ácido fosfórico. O fluxo da fase móvel foi de 1 mL/min e o volume de injeção foi 20 μL.

A identificação do ácido ascórbico foi realizada com base no tempo de retenção e espectro de absorção UV, em comparação com o padrão de referência. A quantificação foi feita pelo DAD, por meio da construção de curvas de calibração externa de 6 pontos com o padrão ácido ascórbico a 245 nm (1 a  $8 \mu g/mL$ ,  $R^2 = 0,9995$ ). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

#### 4.2.1.5.2 Determinação de Carotenóides

A extração e a quantificação dos carotenóides (β-criptoxantina, β-caroteno e luteína) foram realizadas de acordo com Sá e Rodriguez-Amaya (2004); Rodriguez-Amaya (2001) e Craft e Soares (1992), com modificações.

Inicialmente, as amostras de farinha de jatobá (cerca de 50 mg) foram misturadas com acetona gelada (aproximadamente 5 °C) e colocadas em ultrassom por 10 minutos. Em seguida, a mistura foi homogeneizada em turrax. O sobrenadante foi coletado e o resíduo lavado 8 vezes sucessivas com acetona, sempre ao abrigo da luz. A solução obtida foi então filtrada à vácuo e colocada em funil de separação com éter de petróleo, éter etílico e água. A solução contendo os carotenóides foi recolhida, evaporada em rotaevapoarador a 30 °C e o resíduo ressuspenso em 2 mL de fase móvel. Este foi filtrado com filtro para seringa 0,22 μm (Millipore) e colocado em vial âmbar para injeção. O volume de injeção foi 20 μL.

As análises dos carotenóides na farinha de jatobá foram realizadas por Cromatografia Liquida de Alta Eficiência, utilizando o cromatógrafo líquido Shimadzu modelo LC-20 AT, equipado com injetor automático SIL-20AC, controlador CBM-20A, forno de coluna CTO-20A e detector de arranjo de diodos (DAD) SPD-M20A, utilizando a coluna Shim-Pack VP-ODS-2 (25 cm x 0,5 cm, com partícula de 5 µm, marca Shimadzu) e fase estacionária de C 18.

A fase móvel era constituída de acetonitrila (ACN) grau HPLC (A): metanol (B): acetonitrila + 0,05 % trietilamina (C): acetato de etila (C). Os solventes foram

filtrados com membrana  $0,45\,\mu m$  e desgaseificados em ultrassom antes de serem acoplados ao sistema cromatográfico. A programação do gradiente encontra-se na **Tabela 3**.

A identificação dos carotenóides foi realizada com base no tempo de retenção e espectro de absorção UV, em comparação com os padrões de referência.

**Tabela 3 –** Gradiente de eluição das fases móveis ao longo do tempo da análise dos carotenóides da farinha de jatobá.

Tempo (min)	Solvente
0 - 43	60% ACN + 0,05% trietilamina
	20% metanol
	20% acetato de etila
43,1-45	40% acetato de etila
	60% ACN + 0,05% trietilamina
45,1-53	40% acetato de etila
	60% ACN + 0,05% trietilamina
53,1-55	60% ACN + 0,05% trieltilamina
	20% metanol
	20% acetato de etila
55,1-60	60% ACN + 0,05% trietilamina
	20% metanol
	20% acetato de etila

A quantificação foi realizada por meio de padronização externa de curvas analíticas de seis pontos elaboradas com padrão puro (luteína, β-caroteno e β-criptoxantina). De acordo com a lei de Lambert-Beer foi medida a concentração real dos carotenoides de acordo com a relação:

 $C_{real}$  (mg/mL) = Absorbância máxima de cada carotenoides \*  $\varepsilon$ 

Os valores dos coeficientes de absortividade molar (ɛ) foram utilizados para o calculo dos carotenoides de acordo com (Craft & Soares, 1992). Estes foram calculados pela seguinte equação:

$$\varepsilon = (A_{1\%} * PM)/10,$$

onde:  $A_{1\%}$  é a absortividade expressos em cm $^{-1}$ 

PM é o peso molecular do carotenoide

O valor de vitamina A foi estimado de acordo com os fatores de conversão relatados pelo Institute of Medicine (IOM) (2001), em que cada Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) corresponde a 1  $\mu$ g de retinol ou 12  $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno em mistura de alimentos ou 24  $\mu$ g de outros carotenóides pro-vitamínicos.

## 4.2.2 Desenvolvimento dos pães

#### 4.2.2.1 Formulação

A partir da formulação de pão branco, fornecida pelo manual da panificadora doméstica Multi Pane®, foram desenvolvidas três formulações utilizando a farinha de jatobá, substituindo-se a farinha de trigo em diferentes proporções (**Tabela 4**). A partir de testes preliminares foi observado que as três concentrações eram viáveis para serem utilizadas neste estudo.

Tabela 4 - Formulações dos pães.

	Formulações							
Ingredientes	F	)	F1	0	F2	0.0	F3	80
	g	%	g	%	g	%	g	%
Farinha de Trigo	281,0	88	253,0	79,0	225,0	70,0	197,0	62,0
Farinha de jatobá	-	-	28,0	9,0	56,0	18,0	84,0	26,0
Açúcar	13,0	4,0	13,0	4,0	13,0	4,0	13,0	4,0
Margarina	12,0	3,5	12,0	3,5	12,0	3,5	12,0	3,5
Leite em pó	6,0	2,0	6,0	2,0	6,0	2,0	6,0	2,0
Sal	5,0	1,5	5,0	1,5	5,0	1,5	5,0	1,5
Fermento biológico	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0
Total (sólidos)	320,0	100	320,0	100	320,0	100	320,0	100
Água (mL)	16	0	16	0	16	0	24	-0

Legenda: F0= pão branco; F10= pão com 10% de farinha de jatobá; F20= pão com 20% de farinha de jatobá e F30= pão com 30% de farinha de jatobá.

A mistura foi realizada incorporando todos os ingredientes para o preparo da massa do pão, em forma untada previamente com margarina e farinha de trigo, seguindo uma ordem determinada, primeiro a adição dos líquidos (água) e em

seguida os ingredientes secos. A massa foi trabalhada em máquina panificadora doméstica Multi Pane® a qual alterna ciclos de mistura e fermentação da massa, seguida por assamento (**Tabela 5**).

**Tabela 5 -** Ciclo utilizado no preparo dos pães.

Ciclo	M	D	M	D	M	D	A	T
Pão normal (450g ou 600g)	9 min	20 min	14 min	25 min	30s	45 min	1h	2 horas e
Temperatura (°C)	28°	29°	32°	32°	32°	38°	150°	- 33 mm

Legenda: M = Mistura; D= Descansa; A = Assamento; T= Tempo total

## 4.2.2.2 Composição química

A umidade dos pães foi determinada no miolo de cada pão por dessecação em estufa a 130 °C, até peso constante, conforme método AACC 44-15 (2000), após 1 h da produção dos pães. A partir do miolo seco, foram determinados os teores de lipídios, cinzas, proteínas, fibras solúvel, insolúvel, valor energético, amido total e resistente segundo a metodologia descrita no item 4.2.1.1.

## 4.2.2.3 Avaliação Sensorial

O teste de aceitabilidade dos pães foi realizado um dia após a sua produção. O painel sensorial foi composto por 99 provadores não treinados, de ambos os gêneros, que avaliaram os pães quanto à aparência, a cor, a textura, o sabor e a aceitabilidade global em uma escala estruturada de nove pontos sendo: 1 – desgostei muitíssimo; 5 – não gostei/nem desgostei; e 9 – gostei muitíssimo (STONE e SIDEL, 1993).

As amostras foram codificadas com três números aleatórios e entregues aos provadores, juntamente com a ficha de avaliação (ANEXO 1) e um copo de água para a neutralização entre as amostras. Cada provador avaliou três amostras, utilizando o delineamento inteiramente casualizado.

## 4.2.2.4 Avaliação da resposta glicêmica dos pães

O índice glicêmico foi determinado através do método proposto por Wolever et al. (1991) e FAO/WHO (1998), seguindo as recomendações de Wolever et al. (2008).

Como alimento controle foi utilizado o pão branco obtido a partir da formulação de pão branco padrão, fornecida pelo manual da panificadora doméstica Multi Pane®, de acordo com a Tabela 4.

Catorze adultos, saudáveis, não fumantes, e que não possuíam histórico prévio de diabetes e que não faziam uso de medicações (exceto anticoncepcionais orais o injetáveis) foram recrutados junto a estudantes e funcionários da FSP/USP. Foram excluídos deste grupo fumantes, portadores de doenças crônicas como diabetes e indivíduos que faziam uso de medicações.

Cada voluntário participou de pelo menos cinco sessões, sendo duas para avaliar o alimento controle (pão branco) e três para avaliar os pães de jatobá, sendo distribuídos de acordo com sua disponibilidade, nos dias dos testes, para participar do estudo. Os participantes foram orientados a manterem seus hábitos alimentares e atividades físicas, e a não consumirem álcool nos dias anteriores (24 horas) ao teste.

Quando a duplicata da área de resposta glicêmica do alimento controle apresentou coeficiente de variação superior a 20 % foi realizada a análise em triplicata (em dois voluntários). Se após a triplicata o coeficiente de variação continuasse superior a 20 % o voluntário era excluído do estudo (um voluntário).

Após a análise dos dados também foram excluídos os sujeitos que apresentaram os valores de áreas de resposta glicêmica maiores que dois desviospadrão da média (WOLEVER et al., 2008). Neste estudo, foram excluídos os resultados de dois voluntários. Dessa forma, são apresentados os resultados de onze voluntários (**Tabela 6**).

Tabela 6 -	Características	dos	suieitos	estudados.

Variáveis	Masculino	Feminino
	(n=1)	(n=10)
Idade (anos)	23±0,00	27,2±2,85
Altura (m)	$1,74\pm0,00$	1,63±0,05
Peso (kg)	$95,9\pm0,00$	60,8±9,43
$IMC (kg/m^2)$	31,6±0,00	22,7±3,80

As medições de glicose sanguínea foram realizadas através da coleta de sangue capilar da polpa digital após jejum de (10 a 12 horas) e consumo de 42 g de carboidrato disponível do alimento a ser testado ou do alimento controle (**Tabela 7**), e posteriores punções nos tempos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão do alimento (após a primeira mordida). A concentração de glicose sanguínea foi determinada em glicosímetro (Accu-Check® Active, Roche Diagnostics, Mannheim, Alemanha). Os voluntários tiveram 10 minutos para ingerir o alimento avaliado, podendo consumir até 500 mL de água durante as duas horas de teste.

Em geral, os estudos que avaliam a resposta glicêmica dos alimentos utilizam de 25 a 50 g de porção do alimento controle/alimento teste. Neste estudo, após testes preliminares, optou-se por utilizar a porção de 42 g para viabilizar a ingestão do alimento teste no tempo estipulado do estudo, considerando o sabor exótico e o baixo consumo do jatobá pelos voluntários.

**Tabela 7 -** Porções dos alimentos utilizados para avaliação da resposta glicêmica, segundo a quantidade de 42 g de carboidratos disponíveis.

Alimento	Porção (g)	,
Alimento controle: pão branco	82	_
Pão com 10% de farinha de jatobá	102	
Pão com 20% de farinha de jatobá	97	
Pão com 30% de farinha de jatobá	107	

O cálculo da área sob a curva de resposta glicêmica foi realizado geometricamente aplicando-se a regra trapezoidal, a qual considera apenas a área de incremento glicêmico acima do valor de glicose de jejum (WOLEVER et al., 1991; FAO/WHO, 1998).

O valor médio da área da resposta glicêmica do pão branco foi considerado como controle (IG do pão = 100), e o IG dos alimentos testados foram expressos como a razão em porcentagem da área da resposta glicêmica do alimento teste em relação a área do alimento controle. A média dos IGs individuais foi considerada como o IG do produto testado (WOLEVER et al., 1991). E então, este valor foi multiplicado por 0,7 fornecendo uma estimativa do IG obtido com glicose como alimento controle (IG da glicose = 100), este valor foi utilizado para calcular a carga glicêmica (CG) que foi determinada como produto do IG do alimento e da quantidade de carboidrato disponível existente na porção do alimento [CG = (IG x teor de carboidrato disponível na porção)/100] (SALMERON et al., 1997).

Através destes valores foi possível classificar o IG e a CG dos alimentos testados. Considerando a glicose como alimento controle, o IG é classificado em baixo ( $\leq$ 55), moderado (56-69) ou alto ( $\geq$  70) (BRAND-MILLER e FOSTER-POWELL, 1999). A CG dos alimentos pode ser classificada em baixa ( $\leq$  10), moderada (11-19) ou alta ( $\geq$ 20) (ATKINSON et al., 2008).

# 4.3 ASPECTOS ÉTICOS

O protocolo experimental foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FSP/USP (protocolo n° 2318) **ANEXO 2**.

A pesquisa seguiu a resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (nº196/96) em que foram entregues Termos de Consentimento (ANEXOS 3 e 4) aos participantes nos quais eram informados detalhadamente sobre os objetivos e procedimentos utilizados, assegurando-se a proteção da privacidade.

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Foi elaborado um banco de dados no programa Excel, for Windows, versão 2007. Os dados de composição centesimal e análise sensorial foram expressos como média e desvio padrão em seguida foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey para verificação de diferença estatística entre as médias com nível de significância de 5 %. Os resultados da resposta glicêmica foram

expressos em gráficos e tabelas com média e erro padrão e submetidos ao teste t para verificar diferença entre os tratamentos e o padrão com nível de significância de 5 %.

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

# 5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FARINHA DE JATOBÁ

#### 5.1.1 Macronutrientes

Os valores da composição centesimal da farinha de jatobá estão na Tabela 8.

A farinha de jatobá diferenciou-se quanto ao teor de umidade das amostras analisadas por Silva et al. (2001) e Cardoso et al. (2013) que obtiveram 9,64 %  $\pm$  1,24 e 8,8 %  $\pm$  1,0 respectivamente. O teor de cinzas deste estudo foram semelhantes aos encontrados por Cardoso et al. (2013) que obtiveram 3,72 %  $\pm$  0,10. Quanto o teor de lipídios, os resultados foram inferiores quando comparados aos obtidos por Silva et al. (2001), Batista et al. (2011) e Cardoso et al. (2013) que encontraram 3,03 %  $\pm$  0,05; 2,41 %  $\pm$  0,48 e 4,16%  $\pm$  1,0, respectivamente.

**Tabela 8-** Composição centesimal (g.100 g<sup>-1</sup>) da farinha de jatobádo-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.

Componentes	Jatobá-do-cerrado*
Umidade	$13.0 \pm 0.05$
Cinzas	$3,5 \pm 0,06$
Lipídios	$1,5 \pm 0,10$
Proteínas	$8,0 \pm 0,21$
Carboidratos totais (por diferença)	87,0
Carboidratos:	
Fibra Alimentar Insolúvel	$47.9 \pm 1.71$
Fibra Alimentar Solúvel	$12.8 \pm 1.36$
Amido	$11,0 \pm 0,70$
Não determinado (por diferença)	15,3
Valor energético (kcal)	119,0

Valores expressos em média ± desvio padrão de três determinações independentes.

As diferenças observadas quanto ao teor de umidade e lipídios podem ser explicadas devido à diferença quanto à origem geográfica, pois o jatobá analisado pelos autores citados acima provem dos estados do Goiás e Minas Gerais. Além disso, o jatobá analisado neste estudo foi submetido a um processamento térmico prévio, enquanto a matéria-prima utilizada pelos outros pesquisadores citados na literatura não passou por nenhum processamento.

Estudos mostram que os teores de proteínas em leguminosas podem variar de 17 a 40 g para cada 100 g (BOJÑANSKÁ et al., 2012). O teor de proteínas deste estudo foi semelhante aos obtidos por Silva et al. (2001) e Batista et al. (2011) que encontraram 7,60 % ± 0,22 e 8,07 % ± 0,10. Portanto, o jatobá pode ser considerado pobre neste nutriente (8,07 g por 100 g de matéria seca) quando comparado com outras leguminosas como o feijão-caupi o qual, segundo Frota et al. (2008) possui cerca de 24,5 g de proteínas em 100 g e a farinha de soja estudada por Pires et al. (2006) que possui cerca de 41,85 g de proteínas em 100 g.

O teor de fibra alimentar pode variar de acordo com a espécie, variedade e processamento, sendo que a maioria das leguminosas consumidas por humanos possuem quantidades entre 8 a 27,5 % (GUILLON e CHAMP, 2002).

Quanto ao teor de fibras os resultados foram semelhantes aos de Silva et al. (2001) que encontraram 42,86 %  $\pm$  0,27 para fibra insolúvel e 11,01 %  $\pm$  0,50 para fibra solúvel no jatobá e diferentes de Cardoso et al. (2013) que obtiveram 44,3 %  $\pm$  2,3 para fibra alimentar total. Batista et al. (2011) obtiveram 19,24 %  $\pm$  0,61 para fibra bruta, entretanto a determinação de fibra bruta baseia-se no resíduo após a digestão ácida e alcalina do alimento, portanto este dado não é comparável aos obtidos neste estudo.

Segundo a DRI (2005) o consumo recomendado de fibra alimentar é de 25 a 38g/dia. Portanto, o jatobá pode ser considerado fonte deste nutriente, tendo em vista esta recomendação diária.

O amido é o carboidrato de reserva das plantas como cereais, raízes e leguminosas e consiste somente de moléculas de glicose (CUMMINGS e STEPHEN, 2007). O amido é a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80-90% de todos os polissacarídeos da dieta e tem um papel especial no metabolismo energético e na homeostase corporal (WALTER et al., 2005; MANN

et al., 2007). SILVA et al. (1999) determinaram o teor de amido total na farinha de jatobá e encontraram  $3,1 \text{ g} \pm 0,1$ , valor inferior ao observado este estudo.

Neste estudo, não foi determinado o teor de amido resistente na farinha de jatobá devido ao seu baixo teor de amido total, inviabilizando esta determinação.

Salgado et al. (2005) caracterizaram o amido do feijão-caupi e obtiveram valores de amido entre  $7,62 \pm 0,80$  no estágio de maturação verde, valor próximo ao do jatobá. Para o feijão maduro o teor de amido foi  $41,36 \pm 0,60$ , semelhante aos dados obtidos por Rosin et al. (2002). Oliveira et al. (2010) observaram baixos valores (menos que 1 %) de amido para a soja.

As divergências entre os resultados obtidos neste estudo e os citados na literatura podem ser explicadas devido às diferenças quanto à origem geográfica, já que a farinha analisada por SILVA et al. (1999) e Cardoso et al. (2013) são originária do estado de Goiás e Minas Gerais, respectivamente, e a deste estudo é originária do estado do Mato Grosso do Sul. Além disso, o processamento da matéria-prima também pode ter influência nos resultados, já que SILVA et al. (1999), Batista et al. (2011) e Cardoso et al. (2013), analisaram o jatobá *in natura* e neste estudo foi analisada a farinha de jatobá (polpa submetida a secagem). Diferenças quanto o método de análise também podem gerar valores divergentes, como aconteceu ao observarmos os resultados de fibra alimentar obtidos neste estudo e os obtidos por Batista et al. (2011).

Neste estudo foi possível observar que o jatobá, apesar de ser uma leguminosa, diferencia-se de outras espécies desta classe quanto a sua composição química. Estas diferenças podem ser explicadas devido ao material comestível do jatobá ser a polpa farinácea que envolve as sementes, enquanto na maioria das leguminosas a parte comestível concentra-se nos grãos/sementes.

O jatobá-do-cerrado muitas vezes pode assemelhar-se aos cereais, devido sua polpa farinácea e ao seu uso em produtos como: pães, bolos e sopas, reconhecidos por serem à base de cereais. O jatobá diferencia-se da maioria das leguminosas, devido seu baixo teor de amido, porém, em relação a outros nutrientes como o teor de proteínas, este é semelhante aos cereais. Neste estudo foi observado que o conteúdo de proteína da farinha de jatobá foi próximo ao do fubá de milho que apresentou apenas 6,93 g em 100 g (FUJITA e FIGUEROA, 2003).

Com relação ao teor de fibras foi observado que a farinha de jatobá apresentou valores superiores ao de alguns produtos como o farelo de trigo e a farinha de aveia que apresentaram 27,55 g e 11,20 g em 100g respectivamente, segundo Fujita e Figueroa (2003). Por isso, a farinha de jatobá pode ser utilizada para substituir produtos à base de cereais a fim de melhorar o valor nutritivo.

#### 5.1.2 Perfil de aminoácidos

A composição de aminoácidos da farinha de jatobá-do-cerrado, os requerimentos mínimos estabelecidos para crianças de 2 a 5 anos de idade (FAO/WHO, 1991) e o escore de aminoácidos estão apresentados na **Tabela 9**.

**Tabela 9 -** Perfil de aminoácidos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (g.100 g<sup>-1</sup>), recomendação de aminoácidos essenciais de acordo com a FAO/WHO (1991) e escore de aminoácidos.

Aminoácido	Jatobá-do-cerrado (g.100 <sup>-1</sup> de proteína)	Recomendado FAO/WHO (1991)*	Escore de aminoácidos**
		1710/ W110 (1771)	ammodeldos
Arginina	6,1	-	-
Cisteína+metionina	1,6	2,5	64,8 <sup>a</sup>
Fenilalanina+tirosina	5,6	6,3	88,8 <sup>b</sup>
Histidina	2,3	1,9	124,2
Isoleucina	2,3	2,8	84,2 <sup>b</sup>
Leucina	4,1	6,6	62,4 <sup>a</sup>
Lisina	5,0	5,8	86,2 <sup>b</sup>
Treonina	1,9	3,4	56,1 <sup>a</sup>
Triptofano	0,59	1,1	53,6 <sup>a</sup>
Valina	4,2	3,5	122
Glicina	3,6	-	-

<sup>\*</sup>Padrão de aminoácidos requerido para crianças de 2 a 5 anos; \*\*escore de aminoácidos = (aminoácido teste x 100) /aminoácido de referência. a – limitante primário; b – limitante secundário

A farinha de jatobá-do-cerrado apresentou os aminoácidos sulfurados (metionina + cisteína), a leucina, a treonina e o triptofano como limitantes primários. Além destes, os aromáticos (fenilalanina + tirosina), a isoleucina, e a lisina aparecem

como limitantes secundários. A existência de aminoácidos sulfurados limitantes se assemelha aos dados de outras leguminosas como o feijão-caupi (FROTA et al., 2008), soja e feijão pérola (PIRES et al., 2006). Os dados obtidos sugerem que a proteína do jatobá-do-cerrado, devido à limitação em quatro aminoácidos essenciais, apresenta baixo valor biológico.

Silva (1997) avaliou a digestibilidade *in vitro* da proteína do jatobá e a presença de fatores antinutricionais. Quanto a digestibilidade, foi encontrado 60,2 ± 0,2, valor inferior ao encontrados em outras leguminosas como soja (71,76) e feijão pérola (78,70) analisados por Pires et al., (2006). Ao investigar a presença de fatores antinutricionais no jatobá-do-cerrado Silva (1997) observou baixos teores de ácido fítico (0,07 g/100 g), composto do qual são gerados os fitatos, e teores significativos de taninos (2.987 mg/100 g) ambos conhecidos por conhecidos por formar complexos insolúveis com minerais e proteínas, reduzindo a biodisponibilidade destes nutrientes.

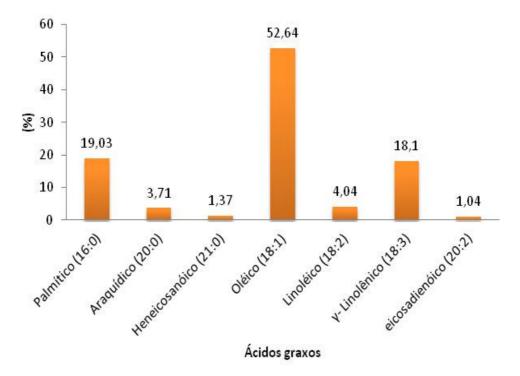
Informações sobre a composição química do jatobá-do-cerrado são escassas na literatura. Apesar de pouco conhecido, sabe-se que sua principal forma de consumo é *in natura*, por isso torna-se imprescindível, mais estudos para investigar quanto a sua digestibilidade protéica e a presença de fatores antinutricionais. Acredita-se que ao processar a polpa do jatobá transformando-a em farinha (secagem/ processamento térmico) possa haver alteração (aumento) na digestibilidade e redução nos fatores antinutricionais desta matéria-prima, porém estas análises são perspectivas para estudos futuros concentrados na avaliação da qualidade protéica desta leguminosa pós - processamento.

#### 5.1.3 Perfil de ácidos graxos

A composição dos ácidos graxos e a porcentagem de acordo com o grau de saturação da farinha de jatobá-do-cerrado encontram-se nas **Figuras 4 e 5.** 

O jatobá-do-cerrado apresentou alto conteúdo de ácidos graxos oléico (C18:1). O segundo ácido graxo em maior abundância foi o palmítico (C16:0), outros ácidos graxos saturados presentes, porém em proporções reduzidas foram o Araquídico (C20:0) e o Heneicosanóico (C21:0). Esta última identificação necessita de

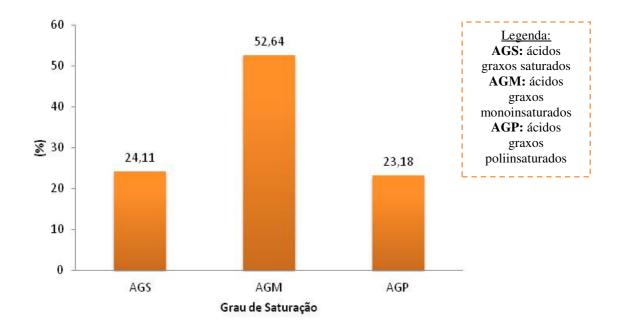
investigações mais detalhadas no futuro da presença de terpenos, que poderiam interferir nesta identificação.



**Figura 4 -** Composição de ácidos graxos da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (porcentagem em relação ao total de ácidos graxos)

Os ácidos graxos polinsaturados presentes foram: linoléico (C18:2),  $\gamma$  - linolênico (C18:3) e ômega 6 (C20:2) ácido eicosadienóico (**Figura 4**). Neste estudo, foi observado que a farinha de jatobá apresentou quantidades superiores de ácido graxos alfa-linolênico, quando comparados ao feijão e a soja pesquisadas por Martin et al. (2006).

Quanto ao grau de saturação, foi observada a predominância de ácidos graxos monoinsaturados (**Figura 5**). Os ácidos graxos mono e poliinsaturados são importantes para a saúde por contribuírem para redução das frações de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e de muito baixa densidade (VLDL). Porém, a contribuição da farinha de jatobá na dieta é pequena, devido à baixa quantidade de lipídios totais na composição desta leguminosa.



**Figura 5 -** Grau de saturação dos ácidos graxos da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (g.100 g<sup>-1</sup>).

#### 5.1.4 TEOR DE MINERAIS

Os resultados mostraram que o jatobá possui quantidades significativas de minerais, como cálcio, magnésio e potássio. Os resultados estão apresentados na **Tabela 10** e foram semelhantes aos citados por Marin et al. (2009) e Batista et al. (2011), quanto aos teores de zinco (1,0; 1,7), ferro (1,1; 0,7) e fósforo (não detectado; 104,7) e diferentes quanto aos teores de cálcio (73,9; 249), cobre (0,3; não detectado), magnésio (48,5; 135) e potássio, respectivamente.

Origem, zona de cultivo (solo, clima), adubação usualmente influenciam o conteúdo de nutrientes da espécie estudada, o que explicaria estas diferenças, já que o jatobá estudado por Marin et al. (2009) é originário de Brasília (DF) e o estudado por Batista et al. (2011) foi adquirido no estado de Minas Gerais.

Trinidad et al. (2010) determinaram o teor de minerais de algumas leguminosas e observaram que espécies como a soja (*Glycine soja*), o pole sitao (*V. unguiculata subsesp.sesquipedalis* (*L.*) Verde), feijão-frade (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão verde ( *V. radiata* (L.) R. Wilczek) são as melhores fontes de ferro (16,1; 11,3; 10,6; 10,7 mg. 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente), enquanto pole sitao, amendoim (*Arachis* 

hypogaea L.) e feijão-frade são as melhores fontes de zinco (7,4; 7,3 e 6,5 mg. 100 g<sup>1</sup>, respectivamente). Soja, feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), grão de bico (*Cicer arietinum*) e ervilhas pombo (*Cajanus cajan*) são as melhores fontes de cálcio (150,2; 56,2; 51,7 e 51,4 mg. 100 g<sup>1</sup>, respectivamente). Assim como o jatobá, estas leguminosas podem contribuir para diminuir a deficiência desses nutrientes na população.

**Tabela 10 -** Composição de minerais de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) (mg.100 g<sup>-1</sup>).

Minerais	Jatobá-do-cerrado
Cálcio	145
Cobre	0,79
Ferro	0,74
Fósforo	107
Magnésio	125
Manganês	16,78
Potássio	1352
Sódio	2,80
Zinco	1,11

#### 5.1.5 Teor de vitaminas

#### 5.1.5.1 Teor de ácido ascórbico (Vitamina C)

Neste estudo não foi detectada a presença de ácido ascórbico na farinha de jatobá. Informações sobre o teor de vitamina C em espécies nativas do Cerrado são escassas na literatura.

Cardoso et al. (2013) determinaram o teor de ácido ascórbico em polpa de jatobá e encontraram  $8.9 \pm 1.9$  mg. $100 \, \text{g}^{-1}$  dado semelhante ao citado por Sano et al. (2008). Diferenças quanto à origem, zona de cultivo (solo, clima), processamento e método de análise podem ter influenciado nos resultados, neste caso o jatobá analisado por Cardoso et al. (2013) foi obtido no estado de Minas Gerais e não sofreu nenhum processamento antes da análise. Sano et al. (2008) não cita a origem exata

da matéria-prima analisada e também não menciona a metodologia empregada na determinação.

A farinha utilizada neste estudo foi obtida já processada pela cooperativa local, e devido à falta de controle de temperatura, umidade e exposição aos raios solares e/ou iluminação artificial o ácido ascórbico pode ter sido oxidado. O ácido ascórbico oxida-se facilmente em presença de oxigênio e transforma-se, de modo reversível, em ácido deidroascórbico; posteriormente em presença de água, este passa a ácido 2,3 dicetogulonico, com a consequente perda de atividade vitamínica (ORDOÑEZ, 2005).

#### 5.1.5.2 Teor de carotenóides

O teor de carotenóides e vitamina A da farinha de jatobá-do-cerrado foram determinados e estão apresentados na **Tabela 11**. Neste estudo foram observadas quantidades significativas de luteína e  $\beta$ -caroteno. Não foi observada presença de  $\beta$ -criptoxantina nas amostras analisadas neste estudo.

A luteína é um pigmento macular e sua baixa densidade óptica estaria relacionada com a degeneração macular, patologia que acomete a visão (CANOVAS et al., 2009). Portanto, o consumo de farinha de jatobá pode ajudar a prevenir esta doença. Quanto ao teor de  $\beta$ -caroteno, foram observados valores superiores aos obtidos por Cardoso et al. (2013), que encontram  $0.4 \pm 0.1$  mg. $100 \text{ g}^{-1}$  na polpa do jatobá *in natura*. Estas diferenças podem ser atribuídas a diferenças quanto à origem, zona de cultivo (solo, clima), processamento e método de análise.

**Tabela 11 -** Teor de carotenóides e vitamina A e Limite de Detecção e Quantificação da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa Mart.*).

Carotenóides	(mg. 100 g <sup>-1</sup> )	LD (ng/mL)	LQ (ng/mL)
β-caroteno	$1,7 \pm 1,2$	2,1	7,0
β-criptoxantina	nd	2,0	6,7
Luteína	$28,0 \pm 24,5$	18,2	60,5
Vitamina A (RAE. 100 g <sup>-1</sup> )	281,7	-	-

LD= Limite de Detecção; LQ = Limite de Quantificação; RAE = Equivalente de atividade de retinol; nd = não determinado. Valores expressos em média ± desvio padrão de três determinações independentes.

Geraldo et al. (2003) observaram que a deficiência de vitamina A constitui um problema de saúde pública em várias regiões do Brasil. As implicações da deficiência de vitamina A variam de acordo com o grupo de risco. Em crianças em idade pré-escolar, grávidas e lactantes pode causar desde cegueira até o aumento da mortalidade. Portanto, o consumo de farinha de jatobá pode contribuir para a prevenção da hipovitaminose A no Brasil, visto que foram observadas quantidades relevantes de β-caroteno, conhecido composto com atividade pró-vitamínica A.

# 5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES

#### **5.2.1** Macronutrientes

Os valores da composição centesimal do pão branco padrão e dos pães com adição de farinha de jatobá estão apresentados na **Tabela 12**.

A adição da farinha de jatobá não alterou a umidade dos pães quando comparados com o controle, exceto para o pão com 20% de farinha de jatobá (PJ20) cujo teor de umidade foi menor que o controle. Isto se deve ao clima do dia em que o pão foi fabricado, podendo ter deixado-o mais seco, no momento em que o mesmo foi deixado a temperatura ambiente (cerca de 1 hora) antes de serem iniciadas as análises.

Não foi observada diferença significativa entre os pães de jatobá e o pão branco, quanto o teor de cinzas.

A adição da farinha de jatobá reduziu o teor de proteínas dos pães, quando comparados ao controle. Esta variação pode ser explicada devido ao menor teor protéico da farinha de jatobá quando comparado com a farinha de trigo.

O teor de lipídios variou entre os pães de jatobá, havendo uma maior redução no teor lipídico no PJ30, justificado pelo maior teor de farinha de jatobá na formulação, cujo teor de lipídios é menor que o da farinha de trigo. No PJ10, foi observado um aumento no teor de lipídios quando comparado com o pão branco provavelmente devido à maior adição de margarina no momento de untar a forma, para o preparo dos pães.

**Tabela 12 -** Composição centesimal (g.100 g<sup>-1</sup>) do pão branco padrão e dos pães com farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base seca.

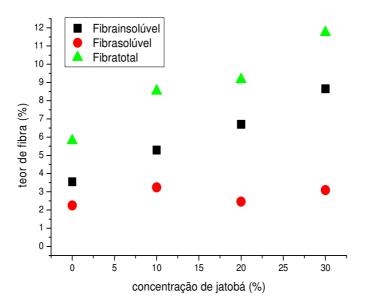
Composição	PB	PJ10	PJ20	PJ30
Umidade	41,44 ±0,28 <sup>b</sup>	$43,55\pm0,20^{ab}$	$40,58\pm0,02^{a}$	$44,94 \pm 0.05^{ab}$
Cinzas	2,94 ±0,07 <sup>a</sup>	2,96 ±0,12 <sup>a</sup>	2,98 ±0,08 <sup>a</sup>	3,03 ±0,06 <sup>a</sup>
Proteínas	16,60 ±0,97 <sup>b</sup>	$13,30 \pm 0,65^{a}$	13,23 ±0,02 <sup>a</sup>	12,76 ±0,39 <sup>a</sup>
Lipídeos	1,90 ±0,35 bc	$2,16 \pm 0,05^{c}$	1,63 ±0,05 <sup>b</sup>	1,06 ±0,03 <sup>a</sup>
FAIS	$3,92 \pm 0,47^{a}$	$5,30 \pm 0,49^{b}$	7,31 ±0,15 <sup>b</sup>	8,63 ±0,71°
FAS	2,09 ±0,08 <sup>a</sup>	3,23 ±0,25 <sup>b</sup>	2,45 ±0,13 <sup>a</sup>	3,06 ±0,20 <sup>b</sup>
Carboidratos	72,55	73,05	72,40	71,46
Energia (kcal)	373,63	364,17	357,54	347,78

PB = Pão branco; PJ10 = Pão com 10 % de farinha de jatobá; PJ20 = Pão com 20 % de farinha de jatobá; PJ30 = Pão com 30 % de farinha de jatobá; FAIS = Fibra alimentar insoúvel; FAS = Fibra alimentar solúvel. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si ( $p \le 0.05$  teste de Tukey).

O destaque da adição da farinha de jatobá na composição dos pães se dá pelo aumento nos teores de fibra alimentar total (**Figura 6**). O teor de fibra insolúvel (FAIS) e solúvel (FAS) foi maior nos pães de jatobá quando comparados com o controle. Porém este aumento não foi significativo em relação ao teor de fibra solúvel (FAS) na formulação PJ20. O teor de FAS é menor do que o FAIS na farinha de jatobá, dessa forma na formulação PJ20 pode ter havido uma reorganização na matéria-prima influenciando o teor de FAS na formulação PJ20, já que o valor de fibra alimentar total aumentou proporcionalmente em todas as formulações, com a adição da farinha de jatobá.

Segundo a Resolução RDC n°54/2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) um alimento é considerado "fonte de fibra" quando tiver 2,5 g de fibras em uma porção. Quando o teor for de 5 g por porção o produto poderá receber a alegação de "alto conteúdo de fibra". Considerando a porção de 50 g, os pães com 10 e 20 % de farinha de jatobá podem receber a alegação "fonte fibra". Já a

formulação com 30 % de farinha de jatobá poderá usar a alegação "alto conteúdo de fibra".



**Figura 6 -** Teor de fibras (g.100<sup>-1</sup> g) segundo a concentração de farinha de jatobá nos pães.

Pode ser observada neste estudo, uma redução de 2,5 até 6,9 % no valor energético dos pães adicionados de farinha de jatobá. Esta redução pode ser reflexo da diminuição do teor lipídico e do aumento do teor de fibras após a adição de farinha de jatobá na formulação.

Assim como neste trabalho, várias experiências com adição de fibras em pães têm se mostrado promissoras. Segundo Tharanathan e Mahadevamma (2003), fibras são incorporadas a alimentos processados tanto pelo aspecto nutricional (fermentação colônica) quanto pelas propriedades funcionais (geleificação e espessamento) e há uma ampla gama de produtos enriquecidos com fibra disponíveis no mercado para escolha. Vasconcelos et al. (2008) adicionaram farinha de soja e farelo de aveia em pães e obtiveram produtos com maior teor de fibras quando comparados com o padrão. A adição de 10 e 15 % de farinha de linhaça alterou a composição de pães quanto ao teor de fibras (BORGES et al., 2011). Angioloni e Collar (2011) adicionaram um mix de hidrocolóides e oligossacarídeos em pães e obtiveram pães com alto teor de fibras (maior que 6 %) e reduzido valor calórico.

Os valores do amido total e resistente do pão branco e dos pães enriquecidos com farinha de jatobá estão apresentados na **Tabela 13**. Foi observada uma diminuição na quantidade de amido total nos pães enriquecidos, em relação ao pão branco, devido ao baixo teor de amido da farinha de jatobá.

**Tabela 13 -** Amido total (mg.100 mg<sup>-1</sup>) e Amido resistente (mg.100 mg<sup>-1</sup>) no pão branco e em pães enriquecidos com farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) em base úmida.

AMIDOS	PB	PJ10	PJ20	PJ30
AT	$28,14\pm0,59^{b}$	24,64 ±1,12 <sup>ac</sup>	$26,42\pm1,11^{bc}$	$24,06 \pm 0,29^{a}$
AR	17,67 ±1,30 °a	17,13 ±0,65 <sup>a</sup>	16,12 ±0,90 <sup>a</sup>	17,29 ±0,15 <sup>a</sup>

As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si ( $p \le 0.05$  teste de Tukey); AT = Amido total; AR = Amido resistente; PB = Pão branco; PJ10 = Pão com 10 % de farinha de jatobá; PJ20 = Pão com 20 % de farinha de jatobá; PJ30 = Pão com 30 % de farinha de jatobá.

Em cereais, o amido resistente representa de 0,4 a 2% da matéria seca, em batatas, de 1 a 3,5 % e em legumes de 3,5 a 5,7 % (SHILS, 2003). Neste estudo, não foi observada alteração no teor de amido resistente dos pães devido à baixa contribuição da farinha de jatobá quanto o teor de amido na formulação.

Rosin et al. (2002) caracterizaram o amido de diversos alimentos, entre eles o pão branco, e observaram valores diferentes dos observados neste para amido total e resistente:  $81,33~\% \pm 0,23~e~0,78~\% \pm 0,01$ , respectivamente. Zabidi e Aziz (2009) avaliaram pão branco e obtiveram valores de amido resistente  $16,86~\% \pm 0,88$ , semelhante aos encontrados neste estudo. Existem diversas formulações de pão branco no mercado, justificando-se assim as diferenças quanto o teor de amido na literatura.

#### 5.2.2 Avaliação sensorial

Dentre os tratamentos observou-se que aos que foram adicionados 10 e 20 % de farinha de jatobá não diferiram entre si quanto os atributos aroma, textura, sabor e avaliação global obtendo os melhores escores entre 6 (gostei levemente) e 7 (gostei moderadamente). O tratamento com 30 % de farinha de jatobá apresentou menor

nota média (aproximadamente 5, equivalente a não gostei, nem desgostei) quanto a aceitação global, conforme a **Tabela 14**.

**Tabela 14** - Média das notas de aceitação dos pães de jatobá, segundo os atributos sensoriais.

ATRIBUTOS	PJ10	<b>PJ20</b>	PJ30
Aparência	$7,32 \pm 1,28^{c}$	$6,74 \pm 1,68^{b}$	$5,84 \pm 2,00^{a}$
Aroma	$6,62 \pm 1,56^{b}$	$6,18 \pm 1,90^{ab}$	$5,73 \pm 1,99^a$
Textura	$6,96 \pm 1,60^{b}$	$6,43 \pm 1,78^{b}$	5,71 ±2,03 <sup>a</sup>
Sabor	6,69 ±1,84b	6,21 ±1,91 <sup>b</sup>	5,47 ±2,15 <sup>a</sup>
Avaliação global	$7,17 \pm 1,35^{b}$	$6,64 \pm 1,62^{b}$	5,98 ±1,90 <sup>a</sup>

As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si (p  $\leq$  0,05 teste de Tukey); PJ10 = Pão com 10 % de farinha de jatobá; PJ20 = Pão com 20 % de farinha de jatobá; PJ30 = Pão com 30 % de farinha de jatobá

Quanto à aparência, as três formulações diferiram entre si, onde pode ser observado que o PJ30 obteve a menor nota média (aproximadamente 5, equivalente a não gostei, nem desgostei). Esta menor nota pode ser atribuída à cor do pão, pois estes foram ficando mais escuros à medida que a concentração da farinha de jatobá fosse aumentada, como pode ser observado na **Figura 7**.

Segundo Nabeshima et al. (2005) a alteração da cor nos pães, tornando-os mais escuros, altera diretamente sua aparência podendo acarretar sua rejeição, justificando assim a menor nota para o pão com 30 % de farinha de jatobá.

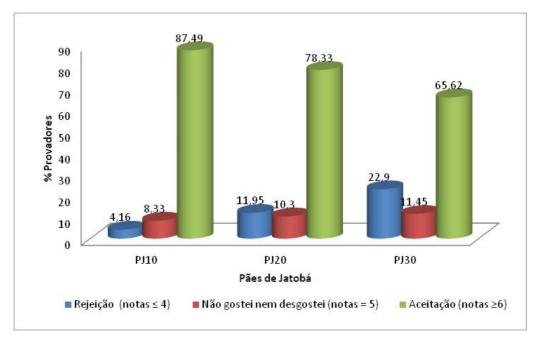


**Figura 7 -** Pães desenvolvidos, da esquerda para direita: PB = Pão branco; PJ10 = Pão com 10 % de farinha de jatobá; PJ20 = Pão com 20 % de farinha de jatobá; PJ30 = Pão com 30 % de farinha de jatobá.

Características funcionais de pão como dureza, coesividade, volume específico e aceitabilidade sensorial geral são utilizadas para identificar os níveis máximos de substituição de outras farinhas em formulações de pães. Através da **Figura 7**, pode ser observada a diminuição do volume dos pães à medida que é aumentada a concentração da farinha de jatobá. De acordo com Angioloni e Collar (2012), a adição de um mix de leguminosas em formulações de pães, em geral, afeta drasticamente a qualidade, diminuindo o volume e aumentando a densidade, semelhante ao que aconteceu com o PJ30.

Com a elevação gradual da substituição de farinha de trigo por farinha de jatobá ocorreu uma diminuição dos percentuais de aceitação, conforme **Figura 8**. Segundo relatos dos provadores, o PJ30 apresentou aroma e sabor "forte" e textura "pesada", justificando assim sua menor aceitação.

Porém, apesar das menores notas é observado que mais de 60% estão dentro do escore de aceitação (≥ 6) em todos os tratamentos. A ocorrência de notas menores que 6 podem ser justificadas devido o consumo do jatobá não ser habitual na região Sudeste do Brasil, onde ocorreu a análise sensorial, além disso, esta leguminosa possui características marcantes quanto o odor e o sabor, que podem afetar sua aceitabilidade.



**Figura 8** – Percentual de notas quanto o atributo "avaliação global" dos pães de jatobá segundo escala hedônica de nove pontos.

Assim como o jatobá, outras espécies de leguminosas vêm sendo adicionadas em pães e esta inclusão tem se mostrado praticável em vários estudos como no de Angioloni e Collar (2012) que desenvolveram pães com algumas variedades de leguminosas (grão de bico, ervilha e soja) e obtiveram pães aceitáveis sensorialmente. As substituições com relação à farinha de trigo foram de 8 a 20 % para o grão de bico e ervilha e de 2 a 14 % para a soja.

#### 5.2.3 Resposta glicêmica dos pães de Jatobá

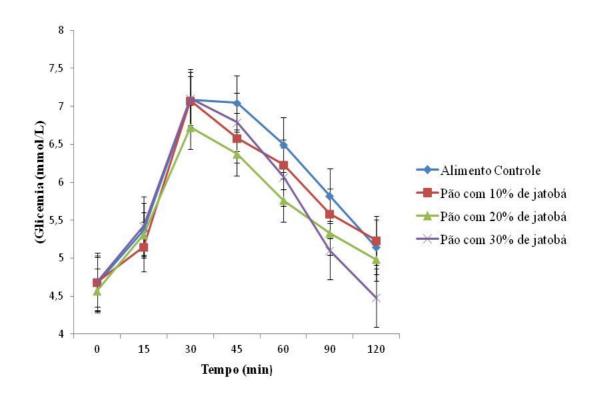
Estudos *in vitro* e *in vivo* tem mostrado a influência de alimentos ricos em fibras no metabolismo da glicose, porém, até o momento não havia nenhum trabalho com o jatobá-do-cerrado.

Na **Figura 9** estão apresentadas as curvas de resposta glicêmica dos pães de jatobá e do alimento controle (pão branco).

Assim como no estudo de Brand-Miller et al. (2009), os picos de resposta glicêmica concentraram-se no tempo 30 min e após 120 min foram observadas menores valores de glicemia. Alimentos com elevado teor de fibras têm absorção

mais lenta, em função do retardo no esvaziamento gástrico, dessa maneira pode ser evitada a ocorrência de picos glicêmicos (SALMERON et al., 1997).

Dessa forma, observa-se que devido ao alto conteúdo de fibras, os pães de jatobá apresentaram curva de resposta glicêmica abaixo da curva do alimento controle (**Figura 9**).



**Figura 9 -** Curvas de resposta glicêmica dos pães de jatobá em comparação ao pão branco (alimento controle).

Foram calculadas a área de resposta glicêmica (ARG), o índice glicêmico (IG) e a carga glicêmica (CG) dos pães de jatobá, a partir das curvas de resposta glicêmica. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as áreas de resposta glicêmica (ARG) dos pães de jatobá em relação ao pão branco (**Tabela 15**).

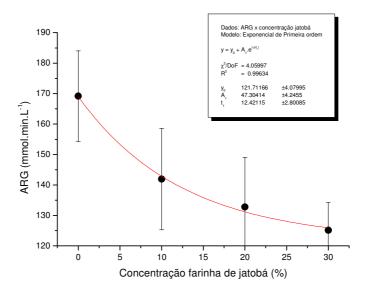
.

	PB	PJ10	PJ20	PJ30
Área de Resposta Glicêmica	164,4±16,7 <sup>a</sup>	141,3±18,2 <sup>a</sup>	127,5±16,8 <sup>a</sup>	127,0±9,8 a
(mmol.min.L <sup>-1</sup> )				
IG <sub>(pão)</sub>	100±0,00°a	90,2±10,4 a	$75,8\pm3,7^{b}$	$82,0\pm6,6^{c}$
IG (glicose)	$70\pm0,00^{a}$	63,2±7,2 a	$53,0\pm2,6^{b}$	57,4±4,6°
Carga Glicêmica em 50g	$17,8\pm0,00^{a}$	$13,1\pm1,5^{b}$	$11,5\pm0,6^{c}$	$11,3\pm0,9^{d}$
Carboidrato disponível em 50g	25,5	20,7	21,7	19,7

Tabela 15 - Resposta glicêmica dos pães de jatobá e do alimento controle.

PB = Pão branco; PJ10 = Pão com 10 % de farinha de jatobá; PJ20 = Pão com 20 % de farinha de jatobá; PJ30 = Pão com 30 % de farinha de jatobá; IG (pão) = índice glicêmico sendo o pão o alimento controle; IG (glicose) = índice glicêmico sendo a glicose o alimento controle. Valores expressos em média e erro padrão; As médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem do pão branco ( $p \le 0.05$  teste t).

Ressalta-se que a diferença estatística não foi observada, possivelmente devido ao baixo número de indivíduos estudados, fator associado ao alto desvio padrão entre as determinações, conforme **Figura 10**. Por isso sugerem-se estudos futuros utilizando um número amostral maior para que, assim, se tenha maior confiança sobre os resultados e talvez sejam demonstradas as diferenças.



**Figura10 -** Área de resposta glicêmica (ARG) dos pães segundo a concentração da farinha de jatobá.

Quanto ao índice glicêmico (IG), foi observada redução significativa de 24 e 18 % deste índice nas formulações PJ20 e PJ30, respectivamente quando comparadas com o pão branco. Na formulação PJ10 a redução do IG não foi significativa.

Neste caso, é possível que a maior redução do IG no PJ20 não esteja relacionada com o teor de fibras, pois esta formulação possui menor conteúdo deste nutriente em relação ao PJ30. Outros fatores relacionados à estrutura física do pão ou a interação entres os ingredientes presentes talvez expliquem o melhor efeito aparente desta formulação na redução do IG.

Juntunen et al. (2003) observaram o efeito do conteúdo de fibras de centeio em pães na resposta pós-prandial de insulina e glicose e concluíram que o teor de fibras não estava relacionado com a menor secreção de insulina mas que a diferença estrutural entre os pães poderia explicar este efeito. A explicação seria que o amido nos pães de centeio ficou menos disponível para a hidrólise do que nos pães com farinha de trigo, provavelmente semelhante ao que aconteceu na formulação PJ20.

Os pães de jatobá podem ser classificados como alimentos de baixo IG (≤55), para o pão com 20 % de farinha de jatobá e moderado IG (56 - 59), para os pães com 10 e 30 % de farinha de jatobá. Marangoni e Poli (2008) avaliaram o efeito da adição de um mix de fibras em pães e biscoitos e observaram uma redução de 21 e 41 % no índice glicêmico de pães e biscoitos respectivamente, confirmando o potencial da adição de fibras, com o objetivo de reduzir o índice glicêmico de formulações. Neste estudo, foi observada uma redução de 9,7 a 24 % no índice glicêmico de pães adicionados de farinha de jatobá, confirmando o potencial das fibras em reduzir este índice.

Quanto à carga glicêmica, todos os pães de jatobá foram diferentes do pão branco padrão, estatisticamente (**Tabela 15**). Dessa forma, os pães de jatobá podem ser classificados como alimentos de carga glicêmica moderada (11-19).

Evidências a partir de estudos epidemiológicos suportam o papel de produtos alimentícios à base de grãos integrais e fontes de fibras insolúveis na prevenção do diabetes tipo 2. Por outro lado, estudos pós-prandiais indicam o papel das fibras solúveis no metabolismo da glicose e da insulina (MELLO e LAAKSONEN, 2009).

Os pães de jatobá desenvolvidos neste estudo possuem quantidades significativas tanto de fibras solúveis quanto insolúveis, por isso é provável que ambas as frações tenham desempenhado algum papel na redução do IG destes produtos. Em virtude disso, são necessários mais estudos a fim de elucidar o verdadeiro papel destes nutrientes no metabolismo da glicose.

# 6 CONCLUSÕES

A partir desta investigação inicial pode ser concluído que a substituição de farinhas refinadas de trigo, utilizadas em formulações de panificação, por farinha de jatobá promove um impacto favorável no metabolismo da glicose ao reduzir o índice glicêmico de pães. Portanto, a farinha de jatobá deve tornar-se uma alternativa a ser introduzida na dieta tanto de indivíduos saudáveis quanto na de portadores de doenças crônicas não transmissíveis como os diabéticos.

# 7 REFERÊNCIAS

ACHUTTI, A.; AZAMBUJA, M.I.R. Doenças crônicas não-transmissíveis no Brasil: repercussões do modelo de atenção à saúde sobre a seguridade social. **Ciência e Saúde Coletiva**, n.9.v.4. p.833-840, 2004.

ALLER, E.E.J.G; ABETE, I.; ASTRUP, A.; MARTINEZ, J.A; VAN BAAK., M.A.. Starches, sugars and obesity. **Nutrients**, n.3, p. 341-369, 2011.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 8 th ed. St. Paul, MN: AACC, 2000.

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p.747-758, 2011.

ANGIOLONI, A.; COLLAR,C. High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. **European Food Research and Technology**, v.234, n. 2, p.273-284, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Perfil da panificação no Brasil.** Disponível em: www.abip.com.br. Acesso em: 16 set.2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analyses**. 18th ed. Gaithersburg, Md.: AOAC, 2010.

ATKINSON, Fiona S.; FOSTER-POWELL, Kaye; BRAND-MILLER, Jennie C. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. **Diabetes Care**, v. 31, n. 12, p. 2281-2283, 2008

AVIDOS, M.F.D.; FERREIRA, L.T. Frutos dos Cerrados: Preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciencia e Desenvolvimento,** n.15, 2000.

BATISTA, A.G.; ESTEVES, E.A.; DESSIMONI-PINTO, N.A.V.; OLIVEIRA, L.G.; PIRES, S.T.; SANTANA, R.C. Chemical Composition of Jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) Flour and its effect on growth of rats. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.22, n.2, p.173-180, abr./jun, 2011.

BETORET, E., BETORET, N., VIDAL, D., FITO,P. Functional foods development: Trends and Tecnologies. **Trends in Food Science & Technology,** n.22, p.498-508, 2011.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-7, 1959.

- BOJŇANSKÁ, T.; FRANČÁKOVÁ, H.; LÍŠKOVÁ, M.; TOKÁR, M. Legumes—the alternative raw materials for bread production. **Journal of Microbiology**, **Biotechnology and Food Sciences**. v.1, p. 876-886, 2012.
- BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; PAULA, C.D.; RAMOS, D.L.; CHAVES, J.B.P. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos,** v.29, n. 1, p. 83-96, 2011.
- BRAND-MILLER, J.; FOSTER-POWELL, K. Diets with a low glycemic index: from theory to practice. **Nutrition Today**, v.34, n.2, p.64-72, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n°90, 18 out. 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, out.2000. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em:16set.2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n°54, 12 nov. 2012. Aprova o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, nov.2012. Disponível em: <a href="www.anvisa.gov.br">www.anvisa.gov.br</a>. Acesso em:17 deabril de 2013.
- BRASIL. MINISTÉRIO da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável.** Brasília, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Coordenação Nacional de Hipertensão e Diabetes**. Brasília, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Diabetes Mellitus /Cadernos de Atenção Básica, n. 16, Série A. Normas e Manuais Técnicos.** Brasília, 2006.
- BUTTRISS, J.L.; STOKES, C.S. Dietary fibre and health: an overview. **Nutrition Bulletin**, v.33, n.3, p.186-200, 2008.
- CAMPOS, F.M.; RIBEIRO, S.M.R.; LUCIA, C.M.D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. **Quimica Nova**,v.32, n.1, p.87-91, 2009.
- CANOVAS, R.; CYPEL, M.; FARAH, M.E.; JR, R.B. Macular pigments. **Arquivos brasileiros de oftalmologia.** v.72, n.6, p.839-844, 2009.
- CAPRILES, V.D.; GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Marcador in vitro da resposta glicêmica dos alimentos como ferramenta de auxílio à prescrição e avaliação de dietas. **Revista de Nutrição**, v.22, n.4, p.549-557, 2009.
- CARAMORI, S.S.; LIMA, C.S.; FERNANDES, K.F. Biochemical Characterization of Selected Plant Species from Brazilian Savannas. **Brazilian Archives of Biology**

and Technology, v.47, n. 2, p. 253-259, 2004.

CARDOSO, L.M.; BEDETTI, S.F.; RIBEIRO, S.M.R.; ESTEVES, E.A. PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.. 'Jatobá do cerrado' (*Hymenaea stigonocarpa*): chemical composition, carotenoids and vitamins in an exotic fruit from the Brazilian Savannah. **Fruits**, v.68, p. 95-107, 2013.

CARDOSO, L.M.; MARTINO, H.S.D.; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S.M.R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.; Cagaita (*Eugenia dysenterica DC*.) of the cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, v.44, p.2151-2154, 2011.

CARDOSO, P.C.; TOMAZINI, A.P.B; STRINGHERA, P.C.; RIBEIRO, S.M.R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.; Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v.126, p.411-416, 2011.

CHANG, Y. K.; SILVA, M. R.; GUTKOSKI, L.; SEBIO, L.; SILVA, M. A. A. P. Development of extruded snacks using jatobá [*Hymenaea stigonocarpa* Mart] flour and cassava starch blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v.78, p. 59-66, 1998.

CHUNG-JUNG, et al. Informing food choices and health outcomes by use of the dietary glycemic index. **Nutrition reviews**, v. 69, n.4. p.231-242, 2011.

Codex Alimentarius 2008. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Cape Town, South Africa, 3-7 November, 2008.

CRAFT, N.E.; SOARES, J.H. Relative solubility and absortivity of lutein and b-carotene in organic solvents. **J. Agric. Food Chem.**, v. 40, p. 431-434, 1992.

CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, p. S5-S18, 2007.

CUPPARI, L. **Guia de nutrição: nutrição clínica do adulto**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2005.

DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (2009). Sociedade Brasileira de Diabetes, 3ed. Itapevi, SP: Araújo Silva Farmacêutica, 2009.

DUTRA DE OLIVEIRA, J.E; MARCHINI, J.S. Ciências nutricionais: aprendendo a aprender. São Paulo: Sarvier, 2008.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX,O.; BESBES, S.; BLECKER, C. Dietary fibre and fibre-rich by products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial aplications: A review. **Food Chemestry**, v.124, n.2011, p-411-421, 2010.

FERGUSON, L. R. Nutrigenomics approaches to functional foods. **Journal of the American dietetic association**, v.109, n. 3, p.452-458, 2009

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/WHO). Carbohydrates in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition. n. 66, Rome, 1998.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/WHO). **Protein quality evaluation.** FAO Food and Nutrition paper n.51, Roma, 1991. 66p.
- FROTA, K. M. G.; SOARES; R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (Vigna unguiculata L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-6, 2008.
- FROTA, K.M.G.; MATIAS, A.C.G.; ARÊAS, J.A.G. Influence of foof components on lipid metabolism: scenarios and perspective on the control and prevention of dyslipidemias. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.30, p.7-14, 2010
- FUJITA, A.H.; FIGUEROA, M.O.R. Composição Centesimal e Teor de β-glucanas em Cereais e Derivados. **Ciênc.Tecnol.Aliment**., Campinas, v.28, n.2, p.116-120, 2003.
- GANDRA, K.M.; DEL BIANCHI, M.; GODOY, V.P.; QUEIROZ, F.P.C.; STEEL, C.J. Aplicação de lípase e monoglicerídeos em pão de forma enriquecido com fibras. **Ciênc. Tecnol. Alimen**, v.28, n.1, 2008.
- GERALDO, J.M.; ALFENAS, R.de C.G. Papel da dieta na Prevenção e no Controle da Inflamação Crônica Evidências Atuais. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v.52, n.6., 2008.
- GERALDO, R. R. C. et al. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos. **Rev. Nutr.** v.16, n.4, p. 443-460, 2003.
- GIUNTINI, E.B.; MENEZES, E.W. Fibra Alimentar. In: ILSI- Brasil. (Org.) Série de Publicações ILSI Brasil **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes**. São Paulo: ILSI Brasil, v.18, p. 1-23, 2011.
- GOÑI, I. ET AL. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, n.4, p.445-449, 1996.
- GUILLON, F.; CHAMP, M. M-J. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. S3, p. 293-306, 2002.
- IOM Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. **Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids.** Washington, D.C., National Academy Press, 2000, 529p.

- IOM Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. **Dietary Reference Intakes for Macronutrients.** Washington, D.C., National Academy Press, 2005.
- JENKINS, D. J. A.; WOLEVER, T. M. S.; TAYLOR, R.; BAKER, H. M.; FIELDER, H.; BALDWIN, J. M.; BOWLING, A. C.; NEWMAN, H. C.; JENKINS, A. L.; GOFF, D. V. Glycemic índex of food: a physiological basis for carbohydrates Exchange. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 362-366, 1981.
- JUNTUNEN, Katri S. et al. Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread. **The American journal of clinical nutrition**, v. 78, n. 5, p. 957-964, 2003.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p: 147-155, 2005.
- KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 28, p. 4-14, 2012.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil,** vol.1, 5ed. Nova Odessa-SP: Instituo Plantarum, 2008. 384 p.
- MANN, J. et al. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition.** v.61, s.1, p. S132-S137, 2007.
- MARANGONI, F.; POLI, A. The glycemic index of bread and biscuits is markedly reduced by the addition of a proprietary fiber mixture to the ingredients. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v.18, n.9 p.602-605, 2008.
- MARIN, A.M.F.; SIQUEIRA, E.M.A.; ARRUDA, S.F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition,** n.60, s.7, p. 177-187, 2009.
- MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHISHITA,M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.19, n.6, Nov./dez., 2006.
- MATTOS, L.L.; MARTINS, I.S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Rev Saúde Pública,** v.34, n.1, p.50-55, 2000.
- MELLO, V.D.; LAAKSONEN, D.E. Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v.53, n.5, 2009.
- MENEZES, E. W.; GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M. Perfil da ingestão de fibra alimentar e amido resistente pela população brasileira nas últimas três décadas. In:

- LAJOLO, F.M; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E.W.; MENEZES, E.W. Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. São Paulo: Varela, p. 433-44, 2001.
- MORRISON, W. R.; SMITH, L. M. Preparation of fatty acid methylesters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride methanol. **Journal of Lipid Research**, **Bethesda**, v. 5, n. 4, p. 600-8, 1964.
- NABESHIMA, E.H et al. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n. 3, p. 506-511, 2005.
- OLIVEIRA, D.L.; ROCHA,C. Alternativas sustentáveis para a merenda escolar com o uso de plantas do Cerrado, promovendo educação ambiental. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental**, v.21, 2008.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (Glycine Max (L) Merril) especiais utilizados para alimentação humana. **Braz. J. Food Technol.,** Campinas, v. 13, n. 1, p. 23-29, 2010.
- ORDOÑEZ, JUAN A. (organizador). **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos.** Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PAUCAR-MENACHO, L.M.; SILVA, L.H.; BARRETTO, P.A.A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F.M.; STEEL, C.J.; COLLARES-QUEIROZ, F.P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4,p. 767-778,. 2008.
- PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. de A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** Campinas, v. 26, n.1, p. 179-87, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide to carotenoid analysis in food. Washington: Internation Life Sciences Institute. 2001.
- ROLIM, P.M.; SALGADO, S.M.; PADILHA, V.M.; LIVERA, A.V.S.; ANDRADE, S.A.C.; GUERRA, N.B. Glycemic profile and prebiotic potential "in vitro" of Bread with yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour. **Ciênc. Tecnol. Aliment.,** v.31, n.2, 2011.
- ROSIN, P.M.; LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Measurement and characterization of dietary starches. **Journal of Food Composition and analysis**, v.15, n. 4, p.367-377, 2002.
- SÁ, M. C & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables Comparison of analytical and calculated data. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.17,p. 37-51, 2004.

- SALGADO, S. M.; GUERRA, N.B.; ANDRADE, S.A.C.; LIVERA, A.V.S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v.25, n. 3, p. 525-530, 2005.
- SALMERON, J. et al., Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. **JAMA**, v.277, n.6, p.472-477, 1997.
- SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F.. **Cerrado: ecologia e flora,** v.1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- SHAHIDI, F. Functional foods: their role in health promotion and disease prevention. **Journal of Food Science**, v.69, n. 5 p. R146-R149, 2004.
- SHILS, M. E. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9 ed. São Paulo: Manole, 2003.
- SILVA, M.R. Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (Hymenaea stigonocarpa Mart): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos. 1997. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
- SILVA, M.R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y.K.. Uso de farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em biscoitos tipo "cookie". **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.10, n. 1, 1999.
- SILVA, M.R.; SILVA, M.S.; MARTINS, K.A; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.176-182. 2001.
- SILVA,F.M.; STEEMBURGO,T.; AZEVEDO, M.J.; MELLO, V.D. Papel do índice glicêmico e da carga glicêmica na prevenção e no controle metabólico de pacientes com diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, n.53, v.5, 2009.
- SIQUEIRA, F.; RODRIGUES, L. F. P.; FRUTUOSO, M. F. P. Índice glicêmico como ferramenta de auxílio à prescrição de dietas. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 22, n. 1, p. 54-8, 2007.
- SPIES, J.R. Determination of tryptophan in protein. **Anal.Chem.**, v.39, n.9, p.1412-1415, 1967.
- STONE, H. SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. 2ed. London: Academic Press, 1993.
- THARANATHAN, R. N.; MAHADEVAMMA, S. Grain legumes—a boon to human nutrition. **Trends in Food Science & Technology.** v.14, n. 12, p. 507-518, 2003.
- TRINIDAD, TRINIDAD P.; AIDA C. MALLILLIN; ANACLETA S. LOYOLA;

- ROSARIO S. SAGUM; ROSARIO R. ENCABO. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. **British Journal of Nutrition**, v.103, n. 4, p.569-574, 2010.
- TURGEON, S.L.; RIOUX, L. Food matrix impact on macronutrients nutritional properties. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1915-1924, 2011.
- VASCONCELOS, A.C.; PONTES, D.F.; GARRUTI, D.S.; SILVA, A. P.V. Processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: farinha de soja e fibra alimentar. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.17, n. 1, p. 43-49, 2006.
- VENN, B.J..; MANN, J.I. Cereal grains, legumes and diabetes. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.58, p.1443-1461, 2004.
- VIEIRA, R.F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil.** Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.
- WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D.M.X.. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.16, n. 1, p.39-43, 2008.
- WALTER, M.; SILVA, L.P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.
- WHITE, J.A.; HART, R.J.; FRY, J.C. Na evaluation of the Waters pico-tag system for the amino-acid analysis of food mmaterials. **Journal of Automatic Chemistry/ Journal of Clinical Laboratory Automation**, v.8, n.4, October-december, 1986.
- WHO/FAO Expert Consultation. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO technical report series, n. 916, Geneva, 2003.
- WILLETT, W. C.; MANSON, J.; LIU, S. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition,** v. 76, n. 1, p. 274S-280S, 2002.
- WOLEVER, T. *et al.*, The glycemic index: methodological and clinical implications. **Am J Clin Nutr**, v.87, n.1, p.247S-257S, 2008.
- WOLEVER, T. M. S.; JENKINS, D. J. A.; JENKINS, A. L.; JOSSE, R. G. The glycemic index: methodological and clinical implications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 846-854, 1991.
- ZABIDI, M..A.; AZIZ, N.A.A. In vitro starch hydrolysis and estimated glycaemic index of bread substituted with different percentage of chempedak Artocarpus integer seed flour. **Food Chemistry**, v.117, n.1, p. 64-68, 2009.

# **ANEXOS**

Nome:		Data:		
Você está recebendo três amostra esquerda para a direita e avalie ca	1		vor, prove-	as da
9 – gostei extremamente 8 – gostei muitíssimo 7 – gostei moderadamente	Item	266	435	356
6 – gostei levemente 5 – não gostei nem desgostei	Aparência			
4 – desgostei levemente 3 – desgostei moderadamente	Aroma			
2 – desgostei muitíssimo 1 – desgostei extremamente	Textura			
	Sabor			
	Avaliação global			
Comentários:				

## ANEXO 2: Autorização do Comitê de Ética da Faculdade de Saúde Pública



#### COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo

OF.COEP/174/12

27 de agosto de 2012.

Prezados pesquisadora e orientador,

O Comité de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, em sua 2.º/12 Sessão Extraordinária, realizada em 24/08/2012, analisou de acordo com a Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, o protocolo de pesquisa n.º 2318, intitulado "UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE JATOBÁ-DO-CERRADO ((HYMENAEA STIGONOCARPA MART.) NO DESENVOLVIMENTO DE PĀES E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE GLICÊMICO POR MEIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA IN VITRO.º, do grupo III, sob responsabilidade da pesquisadora Cintía Pereira da Silva e orientação do Professor Jose Alfredo Gomes Areas, considerando HOMOLOGADO a inclusão do item "Avaliação da resposta glicêmica *in vivo*".

Cabe lembrar que, de acordo com a Res. CNS 196/96, são deveres do(a) pesquisador(a):

1) Comunicar de imediato qualquer alteração no projeto e aguardar manifestação deste Comitê de Ética em Pesquisa para dar continuidade à pesquisa; 2) Manter sob sua guarda e em local seguro, pelo prazo de \$ (cinco) anos, os dados da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo COEP, no caso eventual auditoria; 3) Comunicar formalmente a este Comitê por ocasião do encerramento da pesquisa; 4) Elaborar e apresentar relatórios parciais e final. 5) Justificar perante o COEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Atenciosamente,

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa - FSP/USP

Ilm.º Sr. Prof. Tit. **Jose Alfredo Gomes Areas** Departamento de Nutrição Faculdade de Saúde Pública/USP

> Av. Dr. Arnaldo, 715 Cerqueira César CEP 01246-904 São Paulo SP Contato: (55/11) 3061-7779 : coeparfsp.usp.br www.fsp.usp.br

**ANEXO 3:** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entregue aos participantes da análise sensorial dos produtos

# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO

## Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título da Pesquisa:** Utilização da farinha de jatobá-do-cerrado (Hymenaea stigonocarpa Mart.) no desenvolvimento de pães e avaliação do índice glicêmico por meio de hidrólise enzimatica *in vitro*.

**Investigadores:** Cintia Pereira da Silva, Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas. Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos, Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715. CEP: 01246-904. São Paulo, SP. Telefone: (11) 3061-7765.

## Objetivo desta pesquisa:

- 1) Desenvolver pães utilizando farinha de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa Mart.*).
- 2) Avaliar a aceitabilidade sensorial destes produtos e sua vida de prateleira.

Participação na pesquisa: Se eu concordar em participar deste estudo, irei provar ...... e marcar o quanto gostei ou desgostei do produto em uma ficha padronizada.

**Benefícios:** Ao final da pesquisa tentaremos transferir a tecnologia que desenvolvemos para indústrias de alimentos.

**Riscos:** Os produtos a serem experimentados foram fabricados sobre rígidos controles de higiene.

- Os pães de forma apresentam em sua composição farinha de trigo, farinha de jatobá, sal, fermento biológico, Propianato de cálcio e água.

**Compensações:** Após a conclusão desta fase experimental serei informado a respeito dos principais resultados obtidos.

**Confiabilidade:** Será garantido total sigilo a respeito da participação nesta pesquisa. Serão divulgados apenas os resultados do grupo como um todo. Os resultados desta pesquisa serão divulgados em eventos e periódicos científicos.

**Direito de recusa ou desistência:** Poderei desistir de participar desta pesquisa a qualquer momento, sem que isso ocasione quaisquer prejuízos. A desistência não acarretará qualquer problema no relacionamento com os pesquisadores e órgão envolvidos no projeto.

**Questões:** Cintia Pereira da Silva, pesquisadora responsável por este estudo, discutiu estas informações comigo, oferecendo-se para responder minhas dúvidas. Caso tenha perguntas adicionais poderei contatá-la pelo telefone 3061-7765 ou email: <a href="mailto:cintiasil@usp.br">cintiasil@usp.br</a>.

Consentimento:		Eu
	concordo	en
participar desta pesquisa, na qualidade de provador dos produtos. R do presente termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de dúvidas.		_
Assinatura dos pesquisadores responsáveis:		
Cintia Pereira da Silva		
Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas		
São Paulo, de 2012.		

**ANEXO 4:** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entregue aos participantes da avaliação da resposta glicêmica *in vivo*.

# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO

# Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título da Pesquisa:** Utilização da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) no desenvolvimento de pães e avaliação do índice glicêmico por meio de hidrólise enzimatica *in vitro*.

**Investigadores:** Cintia Pereira da Silva, Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas. Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos, Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715. CEP: 01246-904. São Paulo, SP. Telefone: (11) 3061-7765.

#### Objetivo desta pesquisa:

- 1) Desenvolver pães utilizando farinha de jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.).
- Avaliar a resposta glicêmica dos produtos desenvolvidos. A resposta glicêmica mede o aumento de glicose no sangue após o consumo de um alimento.

**Participação na pesquisa:** A participação neste estudo implica nos seguintes procedimentos:

- Realizar em três dias diferentes (uma vez por semana) um exame denominado curva glicêmica, para o qual o voluntário ficará 10-12 horas em jejum (jejum noturno) a partir do dia anterior;
- Serão oferecidos os seguintes produtos: (pão branco (2 dias) e Alimentos teste (1dia);
- Será coletada uma amostra de sangue capilar da polpa digital (obtido por uma picada em um dos dedos da mão, com material limpo e descartável) em jejum, e após a ingestão do produto serão colhidas alíquotas aos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos;
- O voluntário deverá permanecer em repouso durante o período do exame (2 horas).

Solicitamos a sua colaboração em várias sessões, uma vez que este teste baseia-se na comparação dos resultados dos nossos produtos com os resultados

obtidos para o pão branco. Para podermos realizar comparações você deverá participar de pelo menos três sessões (duas para avaliarmos a resposta glicêmica do pão branco e uma para um dos produtos a serem testados).

Caso você tenha interesse poderá participar de outras sessões com intervalo de uma semana a cada teste.

Durante a execução do projeto todos os materiais utilizados serão descartáveis. Esta pesquisa não envolve risco a integridade física do voluntário.

Ao final do experimento será oferecido um lanche aos voluntários em função do comparecimento em jejum para os testes.

**Benefícios:** Os resultados deste estudo poderão ser úteis para o benefício de pessoas diabéticas. Além disso, tentaremos transferir a tecnologia que desenvolvemos para indústrias de alimentos.

**Riscos:** Os produtos a serem experimentados foram fabricados sobre rígidos controles de higiene e com ingredientes do consumo habitual. A pesquisadora estará presente durante todo o teste e irá informar a respeito da composição das amostras, para evitar que seja consumido algo que não goste ou que cause alergia.

As picadas no dedo podem causar desconforto para algumas pessoas. Caso você sinta desconforto poderá parar o teste a qualquer tempo. E se ocorrer algum desconforto maior (machucado) a pesquisadora Cintia levará você até o atendimento especializado e os gastos decorrentes serão arcados pela pesquisadora.

**Compensações:** Após a conclusão desta fase experimental serei informado a respeito dos principais resultados obtidos.

**Confiabilidade:** Será garantido total sigilo a respeito da participação nesta pesquisa. Serão divulgados apenas os resultados do grupo como um todo. Os resultados desta pesquisa serão divulgados em eventos e periódicos científicos.

**Direito de recusa ou desistência:** Poderei desistir de participar desta pesquisa a qualquer momento, sem que isso ocasione quaisquer prejuízos. A desistência não acarretará qualquer problema no relacionamento com os pesquisadores e órgão envolvidos no projeto.

**Questões:** Cintia Pereira da Silva, pesquisadora responsável por este estudo, discutiu estas informações comigo, oferecendo-se para responder minhas dúvidas. Caso tenha perguntas adicionais poderei contatá-la pelo telefone 3061-7765 ou email: <a href="mailto:cintiasil@usp.br">cintiasil@usp.br</a>.

Consentimento: Eu,	
	, concordo em

São Paulo, \_\_\_\_de\_\_\_\_2012.

dúvidas.
Assinatura dos pesquisadores responsáveis:
Cintia Pereira da Silva
Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas

participar desta pesquisa, na qualidade de provador dos produtos. Recebi uma cópia do presente termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer

#### **CURRICULO LATTES**









