



Artigo Original

Análise morfométrica e por técnica de raios-X do fruto e semente, e avaliação das características físico-químicas, microbiológicas e morfológicas das farinhas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho^{1*}, Kelly Juliane Telles Nascimento², Juliana de Fátima Sales², Carlos Frederico de Souza Castro¹

¹ Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, GO, Brasil. Rod. Sul Goiana, Zona Rural, Km 1. Departamento de Agroquímica, Mestrado em Agroquímica, Laboratório de Química Tecnológica - QUITEC. Rio Verde - GO.

² Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, GO, Brasil. Rod. Sul Goiana, Zona Rural, Km 1. Departamento de Ciências Agrárias, Mestrado e Doutorado em Ciências Agrárias, Laboratório de Sementes. Rio Verde - GO.

*Autor correspondente. E-mail: astronomoamadorgoias@gmail.com

INFO ARTICLE

Histórico do artigo

Recebido:

Aceito:

Palavras-chaves:

Hymenaea stigonocarpa

Farinhas

Análise microbiológica farinácea

RESUMO

O trabalho teve por objetivo analisar a morfometria e a aplicação da técnica de raios-X do fruto e semente, bem como, a avaliação das características físico-químicas, microbiológicas e morfológicas das farinhas de *H. stigonocarpa*. Os frutos de *H. stigonocarpa* foram coletados e lavados. Após secos, foi realizada a análise morfométrica em 70 frutos inteiros. Logo em seguida, os frutos foram fraturados para a análise do arilo e semente quanto ao comprimento, largura, espessura e peso. Logo após, foram produzidas as farinhas da casca e arilo. As farinhas foram avaliadas quanto à produção e extração de pectina, espectrofotometria no infravermelho, análise microbiológica para coliformes fecais, totais, presença ou ausência de *Salmonella*, bolores e leveduras. Para análise morfológica da farinha, foi avaliado por microscopia óptica com o emprego do corante azul de toluidina para fibra e amido nativo quando presente, e para a análise da área superficial em 3D do particulado. Ainda foram verificadas quanto à cor através do histograma nos canais RGB. Os resultados apresentaram para o fruto, compr. de 11,25, larg. de 4,74 e esp. de 3,90 cm; arilo compr. de 8,52, larg. de 2,93 e esp. de 2,57 cm; para casca, esp. de 0,49 mm; semente, compr. de 2,34, larg. de 1,86, esp. de 1,54 cm e massa de 4,65 g. A técnica de raios-X demonstrou ser eficiente para a avaliação morfológica da semente, o conteúdo de pectina extraída apresentou bons resultados de 34,81 e 40,81% para 0,6 e 1,0 M L⁻¹ respectivamente para FAFJat, coliformes fecais e totais < 10 UFC mL⁻¹ para ambas as farinhas de FCFJat e FAFJat, ausência de *Salmonella* sp., bolores e leveduras com 5,4 e 13,6 x 10³ UFC g para FCFJat e FAFJat respectivamente. As farinhas do fruto de *H. stigonocarpa* demonstraram apresentar bons resultados para serem incluídas no uso alimentício.

1. Introdução

O domínio Cerrado ocupa o segundo lugar em área verde no território brasileiro. Sua área é de cerca de 205 milhões de hectares sendo considerado um domínio de transição entre os biomas amazônicos, caatinga, mata atlântica e do pantanal, apresentando rica diversidade em flora com espécies frutíferas endêmicas, e várias espécies

vegetais distribuídas pelos biomas brasileiros (Teixeira et al., 2017). O Cerrado apresenta cerca de 12.300 espécies da flora vascular distribuída nas mais variadas fitofisionomias, onde 4.400 são endêmicas deste domínio (Mittermeier et al., 2011).

O *Hymenaea stigonocarpa*, conhecido popularmente por (jatobá-do-cerrado) pertence à família Leguminosae, sendo uma das espécies arbóreas com copa em dossel

encontrada em formações abertas do Cerrado, campo Cerrado e cerradão. Esta espécie de jatobá apresenta altura entre 6 a 15 metros, sua madeira é pesada e muito resistente e durável quando exposta às intempéries (chuva e sol) (Corrêa, 1984, Botelho et al., 2000, Santos et al., 2016). O gênero *Hymenaea* possui algumas espécies com valor econômico como a madeira, resinas e os frutos apresentando casca rica em tanino e a polpa farinácea de gosto adocicada utilizada na panificação e confeitaria (Silva et al., 1994, Botelho et al., 2000). Vários frutos do Cerrado apresentam como novas matérias-primas no uso culinário apresentando importantes características nutracêuticas e bioativas.

Com isso, a busca por novas fontes alimentícias de origem natural advindas do Cerrado, vem a cada ano despertando o interesse em novos estudos devido a inúmeras espécies vegetais, muitas delas frutíferas, que vem se destacando na pesquisa para produção de novos bioprodutos com compostos bioativos, nutricionais e com excepcional funcionalidade tecnológica muito apreciada nas indústrias de alimentos. E ao mesmo tempo, visando à exploração sustentável e contínua da flora deste domínio. Atualmente são conhecidas entorno de 58 espécies frutíferas com alto potencial para utilização alimentícia, entre elas se destaca a cagaita, o caju-do-campo, a gabiroba, a cerejinha-do-cerrado, o fruto-do-lobo e o jatobá-do-cerrado (Rocha, 2011, Duarte et al., 2017).

Todos os anos o *H. stigonocarpa* floresce produzindo grandes quantidades de frutos, que alimentam a fauna e a população rural que ingerem *in natura* ou na forma de mingau ou vitaminas a polpa farinácea. Entretanto, ainda uma grande parte desses frutos é desprezada naturalmente, podendo ser empregados na transformação em produtos alimentícios, gerando quantidades importantes de nutrientes por se tratar de um produto natural. Ainda pouco se conhece sobre as farinhas dos frutos do *H. stigonocarpa* não sendo ainda exploradas economicamente pela indústria de alimentos. Alguns estudos sobre os frutos de *H. stigonocarpa* carecem de informação científica sobre sua constituição química, morfoestrutural, funcional tecnológica, reológica e microbiológica (Silva et al., 1998, Menezes Filho et al., 2019).

A idéia de produção de farinhas compostas para uso na alimentação e confeitaria já é bem difundida na cadeia produtiva de alimentos, bem como a viabilidade técnica e financeira do uso de farinhas mistas suplementadas com farinhas alternativas de frutos, hortaliças e coprodutos como o bagaço (Tsen, 1976, El-Dash et al., 1994). Estudo desenvolvido por Fasolin et al. (2007), discute sobre alguns programas que vem sendo criados no Brasil como alternativa na substituição ou redução de compostos protéicos de origem animal por proteínas de origem vegetal.

Os estudos físico-químicos, morfológicos e microbiológicos são necessários para a utilização segura e com qualidade das farinhas da casca e arilo dos frutos de *H. stigonocarpa* para que possam ser utilizadas como complemento em uma composição “mista” ou individual na elaboração de novos produtos farináceos envolvidos na fabricação de pães integrais, cookies e na confeitaria em geral.

O objetivo deste estudo foi avaliar as características morfológicas e pela técnica de raios - X do fruto e semente, e da avaliação das características físico-químicas, microbiológicas e morfológicas das farinhas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne.

2. Material e métodos

2.1 Coleta dos frutos

Os frutos maduros de *H. stigonocarpa* foram coletados em 3 indivíduos na área de proteção permanente

(APP) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde – GO, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 17°48'00"S e 50°54'30"W. As coletas foram realizadas entre os meses de setembro a outubro de 2017. A área de coleta representa um ambiente de cerradão com formação de dossel. Uma exsiccata foi herborizada e depositada no herbário do laboratório de Sistemática Vegetal do IF Goiano, com a seguinte identificação: HRV 844.

2.2 Produção das farinhas

Os frutos foram levados para o laboratório de Química Tecnológica, onde passaram por sanitização em água clorada a 1% (v/v) por 15 minutos. Em seguida foram lavados em água corrente e deixados para secagem sobre folhas de papel toalha. Após secos, foram fraturados utilizando martelo após assepsia com uma solução hidroetanólica 70% (v/v). Os arilos foram retirados cuidadosamente sendo armazenados em embalagens plásticas de polietileno para alimentos e armazenados em refrigerador a -8 °C até análises.

As cascas fraturadas dos frutos, foram novamente fraturadas gerando pequenos seixos com no máximo 1 cm de comprimento. As sementes foram extraídas dos arilos utilizando uma faca de cerdas após assepsia com solução hidroetanólica 70% (v/v), e armazenadas em embalagem plástica de polietileno para alimentos. Para a produção das farinhas, foi utilizado moinho de facas tipo ciclone com peneira granulométrica 32 mesh interna. As farinhas receberam as denominações: FCFJat (Farinha Casca Fruto Jatobá) e FAFJat (Farinha Arilo Fruto Jatobá), sendo desidratadas em estufa com circulação de ar forçada a 50 °C por 24 horas e em seguida armazenadas em embalagens de polietileno para alimentos a vácuo e mantidas sob refrigeração a -8 °C até análises.

2.3 Morfometria do fruto e semente, e análise pela técnica de raios-X

Foram escolhidos aleatoriamente 70 frutos, para aferição de comprimento, largura e espessura (casca, arilo e semente), e massa (semente). Para as aferições, foi utilizado paquímetro digital com precisão de ($\pm 0,001$ mm) e para obtenção da massa das sementes, utilizou-se balança analítica digital. Para cada uma das variáveis avaliadas, foi calculado a média aritmética, o desvio padrão (\pm), erro padrão e a amplitude de variação conforme descrito por Melo et al. (2004) adaptado.

Para caracterização da morfologia interna da semente de *H. stigonocarpa*, foi utilizada técnica de raios - X como descrito por Oliveira et al. (2004) modificado. As sementes de *H. stigonocarpa* foram avaliadas inicialmente para definir o tempo em segundos e a intensidade de radiação em kV. As intensidades testadas foram entre 30 a 45 kVs e tempos de exposição entre 9 a 18 segundos.

2.4 Caracterização físico-química

Para a extração de pectina, foi realizada duas concentrações de ácido cítrico (0,5 e 1,0 M L⁻¹) (m/v). Em Erlenmeyers foram determinadas massas com 5 g de farinha. Em seguida, foram acrescentadas com 200 mL de solução aquosa de ácido cítrico, nas concentrações estabelecidas. As soluções foram mantidas em banho-maria a 50 °C por 40 minutos. Logo após este tempo, foram filtradas em pano fino de nylon e acrescentados volumes iguais de álcool etílico 95% (P.A., ACS), e deixados sob resfriamento a 8 °C por 6 horas em geladeira. Para a análise espectrofotométrica no infravermelho médio entre 4000 a 650 cm⁻¹, foi utilizado espectrofotômetro por infravermelho com transformada de

Fourier, com módulo universal ATR Sampling Accessory com 20 varreduras.

2.5 Morfoestruturas

Para a análise morfoestrutural em especial fibras e grãos de amido, foi utilizada metodologia proposta por Navia et al. (2010) adaptado. A microscopia óptica de campo claro foi utilizada nas amostras de farinhas, onde 1 g foi homogeneizada em uma solução de glicerina e uma solução de azul de toluidina a 0,1% (m/v). Duas gotas do preparado foram depositadas e espalhadas sobre uma lâmina e coberta com lamínula para microscopia. As micrografias estruturais foram realizadas em microscópio óptico de alta resolução com câmera Olympus DP73 e CCD utilizando aumentos de 100 a 400 X.

2.6 Imageamento em 3D e Histogramas de cor por modelagem matemática

O imageamento em 3D da área superficial de micrografias farináceas foi realizada utilizando o software ImageJ (versão livre, 1.52, 2019).

O teste para as fotografias digitais das farinhas através da análise por histograma seguiu conforme proposto por Carli (2017) adaptado. Para isto, foi utilizado câmera digital profissional Canon Dslr T6i Rebel Eos com lente 18-55 mm e Software de imagem GIMP 2 (versão livre, 2.8.22, 2009).

2.7 Análise microbiológica

Para determinação de coliformes fecais, totais e *Salmonella* sp., foi utilizado método descrito pelo fabricante do kit microbiológico ALFAKIT Colipaper® para verduras e por Zan et al. (2012) adaptado. Em béqueres limpos e esterilizados, foram acrescentados com água destilada

esterilizada, onde foram acrescentadas 5 g de farinha, seguido por homogeneização em mesa agitadora orbital a 170 rpm por 5 minutos e câmara de fluxo laminar. Em seguida, uma cartela microbiológica foi mergulhada na amostra por 10 segundos. Após este procedimento, a cartela foi armazenada na embalagem plástica e levada para estufa por 15 horas à temperatura de 36 °C. A leitura foi realizada selecionando aleatoriamente três quadrantes onde foram contadas as colônias e realizada a multiplicação da média por 6400. Os resultados foram expressos em UFC 100 mL⁻¹ conforme fabricante.

Para contagem de bolores e leveduras foi utilizado método de plaqueamento em superfície como descrito por Alhadas et al. (2004) adaptado. Foi utilizando meio Ágar Dextrose Batata (BDA) enriquecido com 1,5 g de peptona. Foram realizadas as seguintes diluições 1:100 e 1:1000 nas duas amostras de solução das farinhas utilizadas na análise anterior. Alíquotas de 0,1 mL foram transferidas e homogeneizadas em placas com BDA. As placas foram incubadas a 25 °C por 62 horas. Logo após, foram realizadas as leituras em um contador de colônias. Os resultados foram expressos em UFC g⁻¹.

2.8 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata com \pm desvio padrão. Para análise estatística foi utilizado teste de Student com ($p < 0,05$). Os dados foram avaliados utilizando Software PAST3 (PALEontological Statistics) (versão livre, 3.18, 2017).

3. Resultados e discussão

Na tabela 1, estão apresentados os resultados da morfologia dos frutos (casca, arilo e semente) de *H. stigonocarpa*.

Tabela 1. Dimensões do fruto, arilo, casca e semente do fruto de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. Valores das variáveis avaliadas (média com desvio padrão, erro padrão, variância e amplitude).

Amostra	Variáveis	Média	Erro Padrão	Variância	Amplitude
Fruto	Comprimento (cm)	11,25 \pm 1,68	0,20	2,83	7,40
	Largura (cm)	4,74 \pm 0,56	0,07	0,31	2,40
	Espessura (cm)	3,90 \pm 0,32	0,04	0,10	1,80
Arilo	Comprimento (cm)	8,52 \pm 1,24	0,15	1,55	5,80
	Largura (cm)	2,93 \pm 0,31	0,04	0,10	1,40
	Espessura (cm)	2,57 \pm 0,20	0,02	0,04	0,90
Casca Fruto	Espessura (mm)	0,49 \pm 0,07	0,01	0,00	0,30
Semente	Comprimento (cm)	2,34 \pm 0,20	0,02	0,04	1,00
	Largura (cm)	1,86 \pm 0,20	0,02	0,04	1,00
	Espessura (cm)	1,54 \pm 0,16	0,02	0,02	1,10
Semente	Massa (g)	4,65 \pm 0,88	0,11	0,78	5,63

N = 70. Todas as análises apresentam na média aritmética (\pm) desvio padrão.

O comprimento médio do fruto de *H. stigonocarpa* neste estudo, apresentou resultado médio de 11,25 cm, largura de 4,74 cm e espessura de 3,90 cm. Resultados próximos aos observados por Botelho et al. (2000) avaliando os frutos de *H. stigonocarpa* encontraram para comprimento, média de 11,10 cm, largura de 3,60 cm e espessura de 3,10 cm. Para o arilo foram obtidos os seguintes resultados para comprimento, média de 8,52 cm, largura de 2,93 cm e espessura com 2,57 cm. Para a casca do fruto espessura média de 0,49 mm e semente com comprimento médio de 2,34 cm, largura de 1,86 cm, espessura com 1,54 cm e peso médio de 4,65 g.

Valores próximos foram verificados em outras espécies de *Hymenaea* como descrito por Cruz et al. (2001), onde avaliaram a biometria das sementes de *Hymenaea*

intermedia com comprimento entre 1,87 a 2,74 cm, largura entre 1,22 a 1,61 e espessura de 1,09 a 1,56 cm. Melo et al. (2004), avaliando sementes de *Hymenaea intermedia* obtiveram comprimento médio de 2,54 cm, largura de 1,59 cm, espessura de 1,11 cm, massa igual a 3,46 g. Já Andrade et al. (2010), encontraram para sementes de *Hymenaea courbaril* peso igual a 8,75 g.

As sementes são o meio de propagação vegetativa da família Leguminosae, sendo necessários programas de germinação que permitam a multiplicação de muitas espécies em risco de extinção como o *H. stigonocarpa* (Mori et al., 2012, Barbosa et al., 2015). Várias sementes de plantas nativas não somente do domínio Cerrado, são atacadas por insetos que depositam larvas que se alimentam do tegumento rico em amido e água das sementes. Técnicas com o uso de

raios - X permitem que as sementes sejam avaliadas antes mesmo do plantio, descartando as sementes com embrião involuído, sementes com larvas de insetos e sementes vazias. O uso da técnica de raios - X torna-se um método viável para uso de reflorestamento, visto que, é uma das análises de importância para a avaliação de germinação em lotes de sementes.

Esta técnica permite a observação de danos mecânicos, fisiológicos e genéticos que naturalmente ocasionam a perda de reprodutibilidade da semente. Na Figura 1 estão apresentadas imagens radiográficas das sementes de *H. stigonocarpa*, onde é possível visualizar com nitidez, o eixo hipocótilo-radícula, cotilédones, tegumento e deformidade interna em uma das sementes, possivelmente ocasionado por um choque mecânico da queda do fruto in natura ou durante o processo de fraturamento.

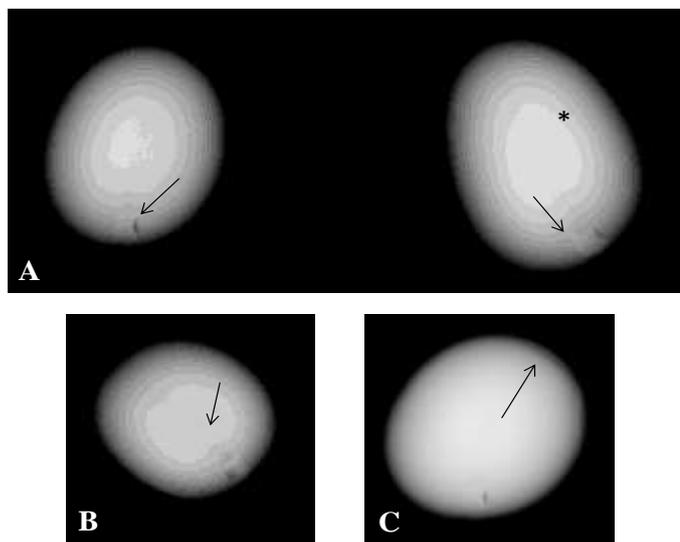


Figura 1. Sementes de *Hymenaea stigonocarpa* por análise radiográfica de acordo com a anatomia interna intacta: Em (A) setas mostrando o eixo hipocótilo-radícula; em (B) seta margeando a fenda mediana dos cotilédones e em (C) seta demonstrando uma deformação interna observada no tegumento da semente e (*) endocarpo.

Na Figura 1 é possível verificar nos tempos e intensidades avaliados, eficiência na visualização das estruturas internas das sementes de *H. stigonocarpa* pela técnica de raios - X. Os melhores tempos foram de 14, 16 e 17 segundos e intensidades de raios - X de 40 e 45 kVs para este estudo. Foi possível observar detalhes das estruturas internas das sementes avaliadas, como o embrião Figura 1 prancha (A), os cotilédones Figura 1 prancha (B). Pode-se observar que todas as radiografias das sementes apresentam-se cheias, tornando as imagens com maior nitidez, isso se deve a densidade dos tecidos internos que de acordo com Faria et al. (2018), impede a transposição da corrente de raios - X incidido, bem como, possibilita a identificação de danos que podem ocorrer e inviabilizar a germinação como na Figura 1 prancha (C), fratura em um dos cotilédones.

Todas as sementes avaliadas de *H. stigonocarpa* demonstraram alta probabilidade de germinação sem maiores defeitos, imperfeições, sementes vazias, problemas no eixo-hipocótilo do embrião, bem como a presença de larvas de insetos. O uso da técnica com raios - X em sementes de *H. stigonocarpa* apresenta grande interesse para projetos de reintrodução desta espécie nos ambientes de Cerrado, visto que, o uso dos frutos deste domínio em alimentos vem ganhando apreço pela sociedade que procura por alimentos funcionais mais saudáveis, com isso, o processo de seleção de sementes torna-se necessário evitando assim o uso de

sementes com deformações e mal preenchidas inviabilizando a produção em larga escala de plantio.

Faria et al. (2018), avaliando imagens radiográficas das sementes de *M. polymorphum* encontraram tempo ideal de 16 segundos e configuração energética dos raios - X em 26 kV. No estudo realizado por Masetto et al. (2007), os pesquisadores avaliaram as sementes de *E. pleurantha* onde obtiveram imagens com nitidez em 60 segundos e 50 kV. Já Oliveira et al. (2004), encontraram tempo ótimo de 25 segundos com intensidade em kV de 55 para sementes de ipê-roxo onde puderam observar sementes normais e sementes que apresentavam deformação internamente.

De acordo com Battisti et al. (2000), Oliveira et al. (2003), tem-se usado em diversos estudos de sementes por análise radiográfica, tempos com variação considerável entre 10 segundos a 4 minutos e intensidades de raios - X entre 10 a 50 kVs. A variação no tempo e intensidade de raios - X depende de fatores anatômicos como espessura, densidade, composição, bem como, modelo do equipamento gerador de imagens radiográficas (Oliveira et al., 2004).

Ainda na Figura 1 prancha (A), é possível verificar o eixo hipocótilo-radícula na semente de *H. stigonocarpa*, corroborando com o trabalho descrito por Ferreira (1997) que avaliou sementes de *H. stigonocarpa*, e comparando com o estudo desenvolvido por Melo et al. (2004), avaliando sementes de *H. intermedia* Ducke var. *adenotricha*.

Na tabela 2 estão apresentados os resultados da produção de compostos pécnicos e microbiológicos das farinhas da casca e arilo do fruto de *H. stigonocarpa*.

Tabela 2. Parâmetros físico-químico de produção de pectina e microbiológica para análise de coliformes fecais, coliformes totais, de *Salmonellasp.*, bolores e leveduras nas farinhas da casca e arilo do fruto de *H. stigonocarpa*.

Parâmetros	FCFjat	FAFjat
Pectina (0,6 M)	nd*	34,81 ± 0,12 ^b
Pectina (1,0 M)	nd*	40,81 ± 0,15 ^a
Coliformes fecais (UFC mL ⁻¹)	< 10 UFC mL ⁻¹	< 10 UFC mL ⁻¹
Coliformes totais (UFC 100 mL ⁻¹)	< 10 UFC mL ⁻¹	< 10 UFC mL ⁻¹
<i>Salmonellasp.</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	ausência	Ausência
Bolores e Leveduras (UFC g ⁻¹)	5,4x10 ³ UFC g	13,6x10 ³ UFC g

*nd = Não Detectado. Para as análises de pectina na coluna apresentam média seguida de (±) desvio padrão. Para a análise estatística foi utilizado testes de Student a 0,05.

O rendimento de pectina apresentou diferença significativa em ambas às concentrações de 0,6 e 1,0 M L⁻¹. A farinha do arilo de *H. stigonocarpa* apresentou maior rendimento na concentração de 1,0 M L⁻¹ igual a 40,81% seguido da concentração de 0,6 M L⁻¹ igual a 34,81%. A farinha do arilo do fruto de *H. stigonocarpa* apresentou importante resultado de extração de compostos pécnicos, podendo ser utilizado na produção de pectina para uso alimentício e como espessante em bebidas. Inexistem dados sobre extração de pectina em *H. stigonocarpa*, bem como em outras espécies do gênero *Hymenaea*. Os resultados obtidos neste estudo foram comparados com outros frutos. Massa et al. (2014), avaliaram a polpa com entrecasca e concentrado de melancia onde obtiveram resultados de extração de pectina de 0,22 e 0,43%. Mendonça et al. (2006), obtiveram teores iguais a 22,85, 18,92 e 12,85% avaliando os resíduos do albedo, bagaço e flavedo do limão tahiti respectivamente. Já para Zanella (2013), onde avaliaram o rendimento de pectina em albedo e flavedo de laranja-pera os pesquisadores obtiveram resultados satisfatórios e próximos ao deste estudo, com rendimentos de extração iguais a 29,79 a 38,21 e 20,28 e 29,35% respectivamente.

De acordo com a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001), discorre sobre o valor máximo

permitido por UFC 100 mL⁻¹ de coliforme fecal, total e presença ou ausência de *Salmonella* spp. Neste estudo não foi detectado coliformes fecais, totais e *Salmonella* spp. <10 UFC mL⁻¹ em nenhuma das duas amostras de farinhas Tabela 2. O mesmo foi observado por Borges et al. (2009) no estudo com farinha de banana verde, onde os pesquisadores não encontraram presença de *Salmonella* spp.

Massa et al. (2014), avaliaram o concentrado de melancia com e se adição de gelatina e encontraram valores inferiores a 10³ UFC mL⁻¹ para bactérias aeróbias mesófilas. Borges et al. (2009), encontram valores para fungos filamentosos e leveduras iguais a <10 UFC g⁻¹ para a farinha de banana verde, estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação da ANVISA – Resolução 12/1978. Conforme Prado et al. (2005), a presença dessas bactérias possivelmente estão envolvidas por contaminantes fecais, ocasionando riscos de saúde em humanos e animais.

A RDC 12/2001 (Brasil, 2001) não possui limites de tolerância quanto à presença de bolores e leveduras em produtos farináceos. Neste estudo a análise forneceu dados importantes sobre a qualidade microbiológica das duas farinhas, onde FCFJat com 5,4x10³ e FAFJat com 13,5 x10³ UFC g⁻¹ estando a baixo do limite estabelecido pela Portaria nº 451, 12/2001. Prado et al. (2005) avaliando contaminação por corpos estranhos e microrganismos em produtos farináceos comercializados, obtiveram em amostras a granel de fibras, farinhas de milho e polvilho valores iguais e superiores ao limite de 10⁴ UFC g⁻¹. O emprego de tratamentos térmicos conforme Franco e Landgraf (2003) minimizam a carga microbiana nos alimentos aumentando o tempo útil dos alimentos na prateleira. Desta forma observam-se as boas práticas de fabricação utilizadas no processamento das cascas e arilos dos frutos de *H. stigonocarpa*, garantindo que o processo utilizado, atenda as normas estabelecidas pelo órgão de vigilância e legislação brasileiro ANVISA.

A análise de FT-IR em FCFJat e FAFJat apresentaram grupos funcionais observados em outros estudos com produtos farináceos de frutas. Em FAFJat temos uma banda larga em 3322,02 cm⁻¹, sendo atribuída a vibrações de deformação axial de O–H, tipicamente em 3550 a 3200 cm⁻¹, em 2928,49 e 2922,45 cm⁻¹ uma banda estreita com largura média em FCFJat e fraca em FAFJat que são atribuídas à deformação axial de ligações C–H, alongamento assimétrico

observado em anéis aromáticos, que também foram observados por Freitas et al. (2015), onde avaliaram a mucilagem de *A. esculentus* L.; e Lima et al. (2012), para as farinhas comerciais de amido de milho, fécula de batata, banana verde e trigo obtendo uma banda próxima a 2926 cm⁻¹.

Em FAFJat uma banda em 1737,89 cm⁻¹ pode ser atribuída a vibrações de deformação axial do grupo C=O observados em ácidos carboxílicos (possivelmente ácido pético) ou em ésteres (Corti et al., 2007). Paniagua (2015) observou uma banda em 1735 cm⁻¹ avaliando a farinha da casca de banana. Bandas em 1692,73 para FCFJat e em 1605,94 cm⁻¹ FAFJat, estão envolvidas por vibrações de deformação axial de C=O em grupamentos cetônicos, em aldeídos e ésteres carboxílicos mostrando uma banda mais intensa em FCFJat. Estas bandas características então entre 1870 a 1540 cm⁻¹ (Silverstein et al., 2013). Em 1443,49 e 1384,94 cm⁻¹ para FCFJat aparecem em duas bandas de intensidade moderada, possivelmente pela deformação angular de C–O–H entre 1440 e 1395 cm⁻¹, e em FAFJat uma banda mais fraca em 1368,19 cm⁻¹ que corresponde a vibração de deformação angular de O–H ocorrendo entre 1420 e 1330 cm⁻¹ (Silverstein et al., 2013).

Bandas na região do espectro entre 1200 a 950 cm⁻¹ são características de compostos polissacarídeos envolvidos na cristalinidade do amido puro ou presentes em compostos amiláceos, sendo atribuídas a vibrações de deformação axial e alongamento do grupo C–O observados em alcoóis e éteres, e são também atribuídos à vibração de deformação axial observada no sistema O–C–O (Lima et al., 2012, Freitas et al., 2015). Neste estudo foram observadas em FCFJat em 1231,17 e 1022,89 cm⁻¹ e para FAFJat em 1232,15 e 1015,40 cm⁻¹. A banda de maior intensidade observada em FCFJat foi igual a 888,68 cm⁻¹ que pode ser atribuída à deformação de amins N–H. Paniagua (2015) observou essa banda em farinha de banana em dois tratamentos, onde obtive bandas fracas em 880 e 897 cm⁻¹.

A análise visual das farinhas é de suma importância para a decisão do consumidor, que deseja adquirir um produto farináceo com cor vistosa tendendo a cores mais amareladas ou brancas e que não apresentem qualquer tipo de corpo estranho, apresentando também homogeneidade no produto. Na Figura 2 estão apresentadas fotografias e micrografias das duas farinhas do fruto de *H. stigonocarpa*.

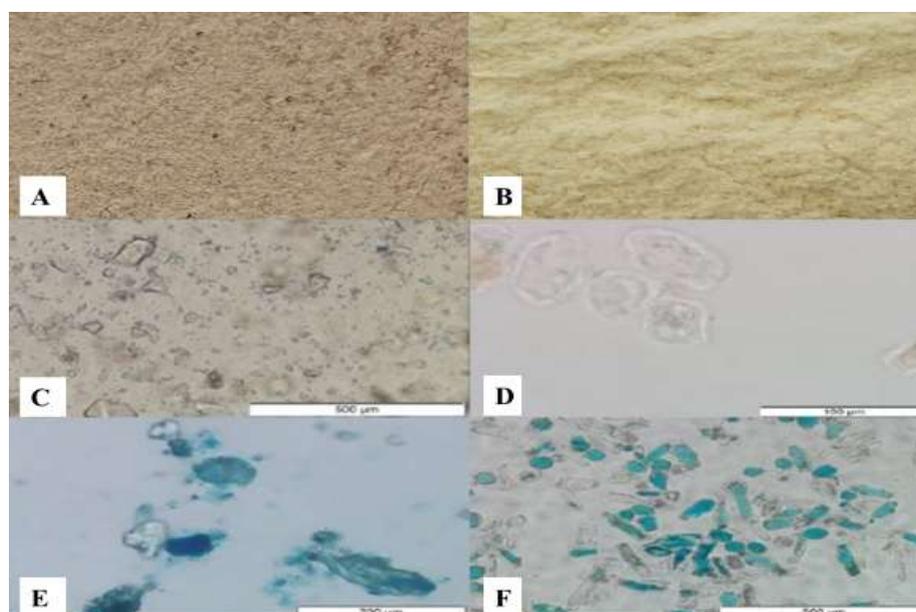


Figura 2. Fotografias das amostras de farinhas da casca (FCFJat) e arilo (FAFJat) do fruto de *H. stigonocarpa* em (A) e (B) respectivamente. Em (C a F) micrografias ópticas analisadas em alta resolução. Em (C e D) FCFJat e FAFJat *in natura* e em (E e F) coradas com azul de toluidina respectivamente. Aumentos de 100X (C, DeE) e 400X (F).

Na Figura 2 pranchas (A e B) observa-se a homogeneidade das amostras de FCFJat e FAFJat. O mesmo foi obtido por Carli (2017), avaliando doze farinhas de frutos e uma de trigo onde obteve homogeneidade em todas as amostras.

Ainda na Figura 2 prancha (C), nota-se grande volume de fibras e cristais de exsudato produzido nas camadas formadoras da casca, e em (D) pode ser observada células com conteúdo amiláceo granular. Em (E) observa-se grande número de fibras coradas e cristais incolores em FCFJat e em (E) numerosas fibras intensamente coradas, e em menor número, fibras pouco coradas em forma de tubos apresentando pequenos pontos negros (grãos de amido oxidado) no interior de FAFJat. Navia et al. (2010), caracterizaram sete variedades de farinhas de mandioca e poeira de fiquê onde obtiveram número reduzido de fibras e alto número de grãos de amido. Os autores complementam sobre a variedade morfológica das fibras lignocelulósicas devendo também, ao fato dos impactos que as fibras recebem durante os mais diversos processos industriais.

Apenas em FAFJat apresentou grânulos de amido em pequenos grumos Figura 2, prancha (F). Observa-se que o processo de termoconversão na fabricação da farinha não influenciou na integridade do amido nativo. Moreira et al. (2008), analisaram a estrutura e composição química da farinha do feijão-caupi durante o aquecimento. Os pesquisadores discutem ainda que o aquecimento em altas temperaturas induz amido a gelatinização devido a perda de água, ocasionando também a perda adesiva entre as células e consequentemente a diminuição da intensidade de coloração pelo azul de toluidina. Uarrota (2011) complementa que por se tratar de um corante que cora intensamente polissacarídeos ácidos contendo grupamentos carboxila, fosfato ou ésteres sulfúricos, este processo ocorre através da reação de metacromasia.

Na Figura 3 estão apresentadas imagens em 3D da área superficial de FCFJat e FAFJat e dos histogramas de cor nos canais RGB. A partir das micrografias ópticas em ambas as farinhas do fruto de *H. stigonocarpa*, foram avaliadas quanto a sua área superficial para que pudesse analisar a homogeneidade e a área superficial a partir do tamanho do particulado obtido em peneira granulométrica de 32 mesh.

Na Figura 3, pranchas (A e B), pode-se observar melhor distribuição granulométrica em (A) por se tratar de uma farinha pouco higroscópica e que apresentou maior homogeneidade no particulado. Isso se deve também pela ausência de grânulos de amido aos quais em contato com a água aumentam de tamanho como se observa na prancha (B) onde há diferença significativa na altura do particulado. Outro possível efeito da diferença de tamanho do particulado para FAFJat poderia ser a densidade do pó que influencia sob a área de contato ao qual a farinha está dispersa. A técnica utilizando modelagem matemática em 3D apresentam importantes resultados para que pudesse se avaliado a estrutura morfológica dos grãos farináceos em um aglomerado de amostra.

Os histogramas mostram a homogeneidade nas cores nos três principais canais de cor RGB (R vermelho, G verde e B azul), onde quanto mais próximas às ondas se encontram, mais homogênea é a amostra Figura 3 pranchas (C e D). Para FAFJat observa-se maior homogeneidade de cor, por se tratar de uma farinha que apresenta tonalidade de cor homogênea tendendo ao amarelo Figura 3, prancha (D). Já para FCFJat observa-se variações significativas, possivelmente pela coloração diferencial das estruturas que compõem a casca do fruto Figura 3, prancha (C). Ambas as análises apresentadas na Figura 3, são realizadas por modelagem e imageamento por análise matemática.

As farinhas quando submetidas à análise fotográfica digital e a geração de histogramas em RGB, fornecem dados importantes através da quantidade de pixels, onde apresentam estatisticamente médias e (\pm) desvio padrão, bem como a quantidade de pixels gerados. Para FCFJat e FAFJat foram obtidos resultados iguais a $140,0 \pm 23,3$; 791806 pixels e $152,7 \pm 37,5$; 465450 pixels respectivamente. Esses dados podem variar consideravelmente, e dois dos principais motivos são: a qualidade do equipamento fotográfico em analisar as cores e o processo de secagem ao qual a farinha foi submetida. Carli (2017) obteve melhor homogeneidade em farinha de uva, onde praticamente as linhas nos 3 canais se sobrepõem uma sobre a outra em RGB.

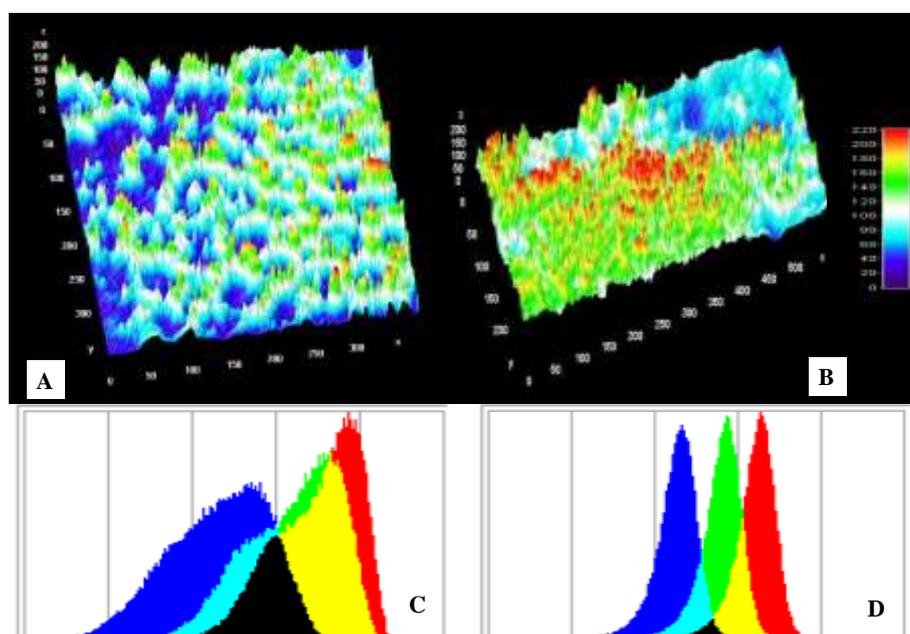


Figura 3. Área superficial das farinhas em 3D (modelagem matemática). Em (A e B) em 250 μ m. E histogramas de cor nos canais R = vermelho, G = verde e B = azul, em (A e B) para FCFJat e FAFJat respectivamente.

4. Conclusão

O estudo morfológico do fruto, bem como a análise pela técnica de raios - X para a avaliação da semente, apresentou eficiência nos resultados para o conhecimento da espécie *H. stigonocarpa*. Com isso, é possível comparar este táxon com outros trabalhos na literatura avaliando o gênero *Hymenaea*, bem como propor possíveis formas de reprodução desta espécie em projetos de reflorestamento. Características importantes foram verificadas quanto à produção das farinhas da casca e do arilo do fruto de *H. stigonocarpa*, como a produção de pectina, a avaliação das boas práticas de produção visando à qualidade do produto quanto aos aspectos microbiológicos, à homogeneidade dos grupos funcionais observados na maioria das farinhas alternativas, a qualidade e morfologia do particulado fibroso, a presença de amido nativo, o estudo superficial dos grânulos farináceos em 3D e a homogeneidade do histograma de cor nos canais em RGB.

5. Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde; aos laboratórios de Sementes e Química Tecnológica; a Central Analítica Multiusuário; aos órgãos de fomento em pesquisa CAPES, CNPq, FINEP e FAPEG, esta última pela bolsa de mestrado em Agroquímica para o primeiro autor Antonio.

6. Referências

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (1978). Resolução CNNPA n. 12 de 1978. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de Julho de 1978. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 8/01/2018.
- Alhadas, R. V., Stuart, R. M., Beux, M. R., Pimentel, I. C. (2004). Contagem de bolores e leveduras em fubá e identificação de gêneros potencialmente toxicogênicos. *Revista Visão Acadêmica*, 5(2), 79-82.
- Andrade, L. A de, Bruno, R de L. A., Oliveira, L. S. B., Silva, H. T. F. (2010). Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(2), 293-299.
- Barbosa, L. M., Shirasuna, R.T., Lima, F. C., Ortiz, P. R. T. (2015). Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo. In: Simpósio de Restauração Ecológica, VI, 2015, São Paulo. Instituto de Botânica, 2015, pp. 303-436.
- Battisti, A., Cantini, R., Feci, E., Frigimelica, G., Guido, M., Roques, A. (2000). Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L., in Italy. *Seed Science and Technology*, 28(3), 729-738.
- Borges, A de M., Ferreira, J., Lucena, P de E. M. (2009). Caracterização da farinha de banana verde. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(2), 333-339.
- Borges, K. C. (2011). Estudo das características físico-químicas e funcionalidade de bagaços de frutas tropicais desidratados em leito de jorro. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.
- Botelho, S. A., Ferreira, R. A., Malavas, M de M., Davide, A. C. (2000). Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) – Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, 22(1), 144-152.
- Brasil. (2001). Resolução RDC n° 12, de 02 de jan. de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, pp. 45-53.
- Cantari, M. H. G., Gilvan Wosiacki, L. M., Scheer, A. de P. (2012). Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, 22(2), 149-157.
- Cardoso, V. J. M. (2004). Dormência: estabelecimento do processo. In Ferreira, A. G., Borghetti, F. (Eds), *Germinação: do básico ao aplicado* (pp.95-108). Porto Alegre: Artmed.
- Carli, C. G. de (2017). Farinhas comerciais de frutas: caracterização física, físico-química e análise de imagem digital. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Brasil.
- Corti, G. C., Botaro, V. R., Gil, L. F., Gil. R. P. F. (2004). Estudo da capacidade de complexação de íons de Cu⁺² em solução aquosa usando celulose modificada com anidrido succínico e com poliaminas. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 14(5), 313-317.
- Cruz, E. D., Martins, F. de O., Carvalho, J. E. U. de (2001). Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae – Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 24(2), 161-165.
- Duarte, E. L., Carlos, L. de A., Rodrigues, C. G., Andrade, R. M., Oliveira, K. G. de (2017). Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado e comportamento higroscópico dos produtos liofilizados. *Revista Perspectivas Online, Ciências Biológicas e da Saúde*, 23(7), 22-33.
- El-Dash, A., Cabral, L. C., Germani, R. (1994). Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. In: EMBRAPA. *Coleção Tecnologia de Farinhas Mistas*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Faria, J. C. T., Melo, L. A., Assumpção, C. R. M., Brondani, G. E., Breier, T. B., Faria, J. M. R. (2018). Physical quality of seeds of *Moquiniastrum polymorphum*. *Brazilian Journal of Biology*, 79(1), 1-7.
- Ferreira, R. A. (1997). Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de espécies arbóreas do cerrado de Minas Gerais. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Brasil.
- Franco, B. D. G. M., Landgraf, M. L. S. (2003). *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo: Atheneu.
- Freitas, T. K. F. S., et al. (2015). Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant. *Industrial Crops and Products*, 76, 538-544.
- Lima, B. N. B., Cabral, T. B., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Pierucci, A. P. (2012). Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. *Revista Polímeros*, 22(5), 486-490.
- Masetto, T. E., Davide, A. C., Silva, E. A. A de, Faria, J. M. R. (2007). Avaliação da qualidade de sementes de *Eugenia pleurantha* (Myrtaceae) pelo teste de raios X. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(3), 170-174.
- Massa, N. M. L., et al. (2014). Concentrado de melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad.): Aceitação sensorial, parâmetros microbiológicos, físico-químicos e determinação de fitonutrientes. *Boletim CEPPA*, 32(1), 113-124.
- Melo, M. da G. G. de, Mendonça, M. S. de, Mendes, Â.M. da S. (2004). Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista Acta Amazonica*, 34(1), 9-14.
- Mendonça, L. M. V. L., Conceição, A. da, Piedade, J., Carvalho, V. D. de, Theodoro, V. C. de A. (2006). Caracterização da composição química e do rendimento dos resíduos

- industriais do limão tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, 26(4), 870-874.
- Menezes-Filho, A. C. P. de, et al. (2019). Avaliação colorimétrica e caracterização morfológica por microscopia óptica de alta resolução das farinhas dos frutos do jatobá, jambolão e siriguela. Multi-Science Journal, 2(1), 16-22.
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., Gascon C. (2011). Global Biodiversity Conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos, F.E., Habel, J.C. (Eds) Biodiversity hotspots. Springer, Berlin, pp. 3-22.
- Mori, E. S., et al. (2012). Guia para germinação de 100 espécies nativas. In: Mori, E. S., Piña-Rodrigues, F. C. M., Freitas, N. P. (Eds) Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas. São Paulo: Instituto Refloresta, pp. 29-154.
- Navia, D. P., Villada, H. S., Torres, G. A. (2010). Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopia óptica de alta resolución - MOAR -. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 8(2), 79-85.
- Oliveira, L. M., Carvalho, M. L. M., Davide, A. C. (2003). Utilização do teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). Revista Brasileira de Sementes, 25(1), 116-120.
- Oliveira, L. M. de, Carvalho, M. L. M. de, Guimarães, R. M., Masetto, T. E. (2004). Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. E. *T. impetiginosa* (Martius ex A. de Candolle) Standley - (Bignoniaceae) pelo teste de raios- X. Revista Brasileira de Sementes, 26(2), 138-143.
- Paniagua, C. E. da S. (2015). O uso da farinha da casca de banana in natura e quimicamente modificada com tiossemicarbazida na adsorção de arsênio, antimônio e selênio. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.
- Prado, S. de P. T., Franco, A. R., Souza, L. de, Oliveira, M. A. de, Correia, M. (2005). Contaminação por matérias estranhas e microrganismos em farináceos comercializados em Ribeirão Preto, SP. Revista Instituto Adolfo Lutz, 64(2), 237-244.
- Rocha, M. S. (2011). Compostos bioativos e antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado Piauiense. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Piauí, Brasil.
- Santos, S. R. G. dos, De Oliveira, R. S. S. e F., De Souza, L. C., Da Silva, S. D. S. R. (2016). Tratamentos pré-germinativos para sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. Biotemas, 26(4), 1-8.
- Silva, J. A., Silva, D. J., Junqueira, N. T. V., Andrade, L. R. M. (1994). Frutas nativas dos cerrados. Brasília: Embrapa-CPAC/SPI.
- Silva, M. R., Silva, M. P. A., Chang, Y. K. (1998). Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18(1), 25-34.
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., Kiemle, D. J. (2013). Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. LTC.
- Teixeira, A. M. C., Pinto, J. R. R., Amaral, A. G., Munhoz, C. B. R. (2017). Angiosperm species of "Cerrado" *sensu stricto* in Terra Ronca state park, Brazil: floristics, phytogeography and conservation. Brazilian Journal of Botany, 40(1), 225-234.
- Tsen, C. C. (1976). Regular and protein fortified cookies from composite flours. Cereal Foods World, 21(12), 634-637.
- Uarrota, V. G. (2011). Perfil metabólico primário (proteínas, amido e lipídeos) e secundário [carotenoides, antocianinas e ácidos (poli) fenólicos] de grãos de oito variedades crioulas de milho. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Zan, R. A., Costa, A. L., Costa, J. B., Meneguetti, D. U. .de O. (2012). Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizadas no município de Buritis, região do Vale do Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 8(8), 1867-1875.
- Zanella, K. (2013). Extração da pectina da casca da laranja-pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com solução diluída de ácido cítrico. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Brasil.