

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA**

**Rômulo Couto Alves**

**CARACTERIZAÇÃO DE GOMAS EXTRAÍDAS DE SEIS TIPOS  
DE SEMENTES DE LEGUMINOSAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mara Gabriela Novy Quadri

Florianópolis

2013



**Caracterização de Gomas Extraídas de Seis Tipos de Sementes de Leguminosas**

por

**Rômulo Couto Alves**

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Química**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos Químicos e Biotecnológicos** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mara Gabriela Novy Quadri

**Orientadora**

---

Prof. Dr. Ricardo Antonio Francisco Machado

**Coordenador**

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cintia Soares

---

Prof. Dr. Marcelo Maraschin

---

Prof. Dr. Marco Di Luccio

**Florianópolis, 01 de abril de 2013.**



Dedico este trabalho à minha família,  
em especial a minha mãe



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por todas as maravilhosas conquistas e oportunidades realizadas durante todo esse período;

Em especial a minha orientadora, Mara Gabriela Novy Quadri, pelo amizade, incentivo e orientação, que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos meus pais e familiares pelo apoio nos momentos difíceis enfrentados, em especial, Maria Eunice de Sá, Vouney Fernandes e Estela Mary Fernandes de Sá e Eduardo.

Aos Prof Dr. Marcelo Maraschin, Marco Di Luccio, Cintia Soares e Valdir Soldi, pelas orientações, oportunidades, amizades e estímulos imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho.

Em especial Profas Dra. Daniela Teixeira e Renata Chastinet, por toda ajuda, disposição e incentivo.

A minha noiva, Egilane, pelo amor, paciência e apoio nos momentos mais difíceis.

À todos os meus amigos e colegas do laboratório, em especial: Vivian, Andressa, Carina, Fernanda, Raquel, Solange, Débora, Vanderlei, Eduardo, Jonathan, Jarina, Thiago, Priscila, Iaçanann. A todos minha eterna gratidão pela amizade, pela paciência, pelo carinho e pelas significativas contribuições.

A Simone Kobe, do Departamento de Ciências Agrárias, por to empenho e dedicação nas análises cromatográficas.

A Professora Vera Lúcia Frescura, do Departamento de Química, por ter disponibilizado o viscosímetro e o laboratório para a realização das análises reológicas.

Aos técnicos de Laboratório, Marly Silveira Soldi e Nilton, do Departamento de Engenharia Civil pelos esclarecimentos e ajuda nas análises termogravimétricas (TGA e DSC);

Ao Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Catarina;

Ao Laboratório de Controle de Processos do Departamento de Eng<sup>a</sup> Química e de Alimentos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPQ por conceder a bolsa de Mestrado





*“É graça divina começar bem, graça maior persistir na caminhada certa, mas  
graça das graças é não desistir nunca”*

*(Dom Helder Câmara)*



## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo extrair e caracterizar as gomas de seis espécies vegetais, a saber *C. pulcherrima*, *A. pavonina*, *D. regia*, *T. indica*, *M. sloanei*, *H. courbaril* e avaliar suas características estruturais e propriedades físico-químicas para futuras aplicações. O teor de umidade e cinzas das gomas das seis espécies estudadas variaram de 9,7-12,6% e 0,45-2,5%, respectivamente, sendo que as gomas de *H. courbaril*, *T. indica* e *M. sloanei* foram as gomas que apresentaram o maior rendimento 37 - 43,5%. O teor de proteína também foi avaliado, e as gomas extraídas das sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia* apresentaram menor conteúdo de proteína 0,6-0,9% em relação as gomas extraídas de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* cujos os valores foram entre 6,3 -7,4%. Análise em cromatografia gasosa revelou que manose (Man) e galactose (Gal) foram os principais monossacarídeos presentes nas gomas extraídas de semente de *C. pulcherrima* (63,4% e 29,1%), *A. pavonina* (54,0% e 41,1%), *D. regia* (64,5 % e 27,0%) e glucose como componente majoritário, para as espécies de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* confirmando a presença de galactomananas e galactoxiloglucanas. Os resultados de CG foram confirmados pelos ensaios de FTIR apresentando bandas características entre 820  $\text{cm}^{-1}$  e 870  $\text{cm}^{-1}$  referentes ao estiramento das conformações anoméricas dos polissacarídeos. A análise termogravimétrica revelou boa estabilidade térmica (285°C a 350°C) para as seis amostras, com perda de massa de 49,82-61,26%. A *C. pulcherrima* foi a espécie que apresentou a maior viscosidade intrínseca (9,20 $\pm$ 0,22), seguida pela *D. regia* (8,11 $\pm$ 0,04), *M. sloanei* (7,28 $\pm$ 0,11), *H. Courbaril* (6,74 $\pm$ 0,08), *A. pavonina* (6,58 $\pm$ 0,03) e *T. indica* (5,32 $\pm$ 0,07). Valores negativos de Potenciais Zeta ( $Z_p$  entre -1 a -12 mV) foram encontrados para todas as espécies, confirmando o caráter neutro dos polissacarídeos estudados. A análise de tensão superficial mostrou que, tanto as soluções de galactomananas (0,6  $\text{mg.L}^{-1}$ ) como as galactoxiloglucanas (0,7  $\text{mg.L}^{-1}$ ), são capazes de diminuir a tensão superficial da água de 72 mN/m a valores em torno de 35 mN/m a 25°C, sendo similares às gomas comerciais. Dessa forma, as gomas extraídas de sementes podem ser utilizadas para diversas aplicações industriais, ampliando o leque de matérias primas passíveis de serem exploradas comercialmente.

**Hipótese:** Utilização de polissacarídeos extraídos de sementes de leguminosas como substituinte de gomas comercialmente exploradas pela indústria de alimentos.

**Palavras-chave:** Caracterização, galactomananas, galactoxiloglucanas, gomas, análise térmica, reologia, *Caesalpinia pulcherrima*, *Adenanthera pavonina*, *Delonix regia*, *Tamarindus indica*, *Mucuna sloanei* e *Hymenaea courbaril*.

## ABSTRACT

The present study aimed to extract and characterize the gums of six plant species, *C. pulcherrima*, *A. pavonina*, *D. regia*, *T. indica*, *M. sloanei*, *H. courbaril* and evaluate their structural characteristics and physicochemical properties for future applications. The moisture content and ash content of the gums of the six species studied ranged from 9.7 to 12.6% and from 0.45 to 2.5%, respectively, and gums *H. courbaril*, *T. indica* and *M. sloanei* gums were presented a higher yield 37 - 43.5%. The protein content was also evaluated, and gums extracted from the seeds of *C. pulcherrima*, *A. pavonina* and *D. regia* showed lower protein content 0.6-0.9% compared with gums extracted from *T. indica*, *M. sloanei* and *H. courbaril* whose values were between 6.3 -7.4%. Gas chromatography analysis showed that mannose (Man) and galactose (Gal) were the main monosaccharides present in the gum extracted from seeds of *C. pulcherrima* (63.4% and 29.1%), *A. pavonina* (54.0% and 41.1%), *D. regia* (64.5% and 27.0%) and glucose as the major component for the species *T. indica*, *M. sloanei* and *H. courbaril* confirming the presence of galactomannans and galactoxiloglucanas. The results were confirmed by GC assays FTIR showing characteristic bands between  $820\text{ cm}^{-1}$  and  $870\text{ cm}^{-1}$  related to stretching of the anomeric conformations of polysaccharides. Thermogravimetric analysis revealed good thermal stability ( $285\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for six samples, with mass loss of 49.82 to 61.26%. The *C. pulcherrima* was the species with the highest intrinsic viscosity ( $9.20 +0.22$ ), followed by *D. regia* ( $8.11 +0.04$ ), *M. sloanei* ( $7.28 +0.11$ ), *H. courbaril* ( $6.74 +0.08$ ), *A. pavonina* ( $6.58 +0.03$ ) and *T. indica* ( $5.32 +0.07$ ). Negative values of Zeta Potential ( $Z_p$  between  $-1$  to  $-12\text{ mV}$ ) were found for all species, confirming the character of neutral polysaccharides studied. The stress analysis showed that both solutions galactomannans ( $0.6\text{ mg.L}^{-1}$ ) as galactoxiloglucanas ( $0.7\text{ mg.L}^{-1}$ ), are able of reducing the surface tension of water from  $72\text{ mN / m}$  values to around  $35\text{ mN/m}$  at  $25^{\circ}\text{C}$ , being similar to commercial gums. Thus, the gums extracted from seeds can be used for various industrial applications, extending the range of raw materials that can be commercially exploited.

**Hypothesis:** Using polysaccharides extracted from seeds of leguminous plants as a substituent gum commercially exploited by the food industry

**Keywords:** Characterization, galactomannan, galactoxiloglucan, gums, thermal analysis, rheology, *Caesalpinia pulcherrima*, *Adenantha pavonina*, *Delonix regia*, *Tamarindus indica*, *Mucuna sloanei* e *Hymenaea courbaril*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Estrutura básica de uma semente. ....	25
<b>Figura 2-</b> Estrutura de uma galactomanana clássica: (a) cadeia esquemática; (b) estrutura em bastão (c) estrutura em bola cheia. ....	31
<b>Figura 3-</b> Estrutura da xiloglucana .....	34
<b>Figura 4-</b> Flamboianzinho ( <i>Caesalpinia pulcherrima</i> ).....	37
<b>Figura 5-</b> Carolina ( <i>Adenantha pavonina</i> ) .....	38
<b>Figura 6-</b> Flamboiant ( <i>Delonix regia</i> ). ....	39
<b>Figura 7-</b> Tamarindos ( <i>Tamarindus indica</i> ) .....	39
<b>Figura 8 –</b> Mucuna ( <i>Mucuna sloanei</i> ) .....	41
<b>Figura 9–</b> Jatobá ( <i>Hymenaea courbaril</i> ).....	43
<b>Figura 10-</b> Sementes e farinhas trabalhadas: (A) <i>Caesalpinia pulcherrima</i> , (B) <i>Delonix regia</i> , (C) <i>Adenantha pavonina</i> , (D) <i>Tamarindus indica</i> , (E) <i>Mucuna sloanei</i> , (F) <i>Hymenaea courbaril</i> .....	49
<b>Figura 10 –</b> Fluxograma resumido de extração das gomas de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> .....	53
<b>Figura 11 –</b> Fluxograma resumido de extração das gomas de <i>T.indica</i> , <i>M. sloanei</i> e <i>H.courbaril</i> .....	53
<b>Figura 12 –</b> Cromatograma da goma extraída de <i>C. pulcherrima</i> .....	64
<b>Figura 13–</b> Cromatograma da goma extraída de <i>A. pavonina</i> .....	65
<b>Figura 14–</b> Cromatograma da goma extraída de <i>Delonix regia</i> .....	65
<b>Figura 15–</b> Cromatograma da goma extraída de <i>Tamarindus indica</i> ...	66
<b>Figura 16–</b> Cromatograma da goma extraída de <i>H. courbaril</i> .....	66
<b>Figura 17 -</b> Cromatograma da goma extraída de <i>M. sloanei</i> .....	67
<b>Figura 18 –</b> Espectro de FT-IR das gomas de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> . ....	68
<b>Figura 19 –</b> Espectro de FT-IR das gomas de <i>T.indica</i> , <i>M.sloanei</i> e <i>H.courbaril</i> . ....	69
<b>Figura 20 -</b> Curvas da TGA-DTG das gomas extraídas de sementes de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> . ....	70
<b>Figura 21–</b> Curvas da TGA-DTG das gomas extraídas de sementes de <i>T. indica</i> , <i>H. courbaril</i> e <i>M. sloanei</i> .....	71

<b>Figura 22</b> – Curvas de TGA -DSC das gomas extraídas de sementes de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D.regia</i> .....	73
<b>Figura 23</b> – Curvas de TGA -DSC das gomas extraídas de sementes de <i>T. indica</i> , <i>H. courbaril</i> e <i>M. sloanei</i> .....	73
<b>Figura 24</b> – Gráfico de Huggins para as gomas extraídas de sementes <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> .....	77
<b>Figura 25</b> – Gráfico de Kraemer para as gomas extraídas de sementes <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> .....	78
<b>Figura 26</b> – Gráfico de Huggins para as gomas extraídas de sementes <i>T. indica</i> , <i>M. sloanei</i> e <i>H. courbaril</i> .....	78
<b>Figura 27</b> – Gráfico de Kraemer para as gomas extraídas de sementes <i>T. indica</i> , <i>M. sloanei</i> e <i>H. courbaril</i> .....	79
<b>Figura 28</b> – Potencial Zeta de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i>	82
<b>Figura 30</b> - Tensão superficial de <i>C. pulcherrima</i> , <i>A. pavonina</i> e <i>D. regia</i> .....	85
<b>Figura 31</b> - Tensão superficial de <i>T. indica</i> , <i>M. sloanei</i> e <i>H. courbaril</i> .....	86



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Gomas naturais utilizadas na indústria e pesquisa científica	28
<b>Tabela 2–</b> Gomas já comercializadas pela indústria e suas características físico-químicas .....	32
<b>Tabela 3 -</b> Análise físico-química das gomas extraídas de sementes vegetais.....	60
<b>Tabela 4 -</b> Composição monossacarídica das gomas extraídas de sementes por cromatografia em fase gasosa.....	63
<b>Tabela 5 -</b> Descrição resumida de análise dos polissacarídeos em FT-IR .....	69
<b>Tabela 6 -</b> Perda de massa das amostras em função da temperatura. ...	72
<b>Tabela 7 -</b> Parâmetros reológicos de gomas extraídas de sementes.....	75
<b>Tabela 8 -</b> Potencial zeta .....	81
<b>Tabela 9 -</b> Tensão Superficial das seis gomas estudadas.....	84



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSTFA	N,O-bis(trimetilsilil)trifluoracetamida
CG	Cromatografia gasosa
FT-IR	Espectroscopia no Infravermelho
GalCP	Goma extraída das sementes de <i>C. pulcherrima</i>
GalAP	Goma extraída das sementes de <i>A. pavonina</i>
GalDr	Goma extraída das sementes de <i>D. regia</i>
KBr	Brometo de potássio
m/m	Massa por massa
M	Molar
N <sub>2</sub>	Nitrogênio
PDI	Polidispersidade
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
rpm	Rotações por minuto
TFA	Ácido trifluoracético
v/v	Volume por volume
XilTI	Goma extraída das sementes de <i>T. indica</i>
XilHC	Goma extraída das sementes de <i>H. courbaril</i>
XilMS	Goma extraída das sementes de <i>M. sloanei</i>
Zp	Potencial Zeta



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	23
1.2 OBJETIVOS.....	24
1.2.1 Objetivo Geral.....	24
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	24
<b>CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>25</b>
2.1 SEMENTES.....	25
2.2 GALACTOMANANAS.....	30
2.3 XILOGLUCANAS.....	34
2.4 ESPÉCIES VEGETAIS TRABALHADAS.....	36
2.4.1 <i>Caesalpinia pulcherrima</i> .....	36
2.4.2 <i>Adenantha pavonina</i> .....	37
2.4.3 <i>Delonix regia</i> .....	38
2.4.4 <i>Tamarindus indica</i> .....	39
2.4.5 <i>Mucuna sloanei</i> .....	40
2.4.6 <i>Hymenaea courbaril</i> .....	42
2.5 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E SUA IMPORTÂNCIA.....	43
<b>CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>49</b>
3.1 AQUISIÇÃO DAS SEMENTES.....	49
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	50
3.2.1 Umidade e cinzas.....	50
3.2.2 Carboidratos totais.....	50
3.2.3 Açúcares redutores.....	50
3.2.4 Proteínas totais.....	50
3.2.5 Sólidos solúveis.....	51
3.2.6 pH.....	51
3.3 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS GOMAS.....	51
<b>3.3.1. EXTRAÇÃO DAS GOMAS DE SEMENTES DE <i>C. PULCHERRIMA</i>, <i>A. PAVONINA</i> E <i>D. REGIA</i>.....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Extração de goma das sementes de <i>T. indica</i> , <i>M. sloanei</i> e <i>H. courbaril</i> .....	52

3.3.2	Extração residual .....	52
3.3.3	Cromatografia Gasosa .....	54
3.3.4	Espectroscopia de Infravermelho .....	54
3.3.5	Análise termogravimétrica (TGA-DSC) .....	54
3.4	COMPORTAMENTO EM SOLUÇÃO DAS GOMAS .....	55
3.4.1	Medidas reológicas .....	55
3.4.2	Potencial Zeta.....	56
3.4.3	Tensão superficial .....	56
	<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....	59
4.2	Cromatografia gasosa .....	61
4.1.1	Análise Termogravimétrica.....	70
4.2	COMPORTAMENTO DAS GOMAS EM SOLUÇÃO .....	74
4.2.1	Medidas Reológicas .....	74
	79	
4.2.2	Potencial Zeta.....	79
4.2.3	Tensão Superficial.....	83
	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>

### 1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Polissacarídeos são biopolímeros muito versáteis em sua composição, podendo também ser conhecidos como goma ou hidrocoloide que podem ser extraídos das raízes, dos tubérculos, dos caules, sementes e são encontrados na natureza sob as mais diversas formas exercendo diferentes funções.

Os estudos e as aplicações desses biopolímeros têm crescido muito nestes últimos anos, essa demanda tem sido justificada principalmente pelas suas características específicas que permitem o uso em vasto campo de aplicações industriais.

A busca de novas fontes que possam substituir em parte, ou totalmente esses compostos podem trazer muitos benefícios econômicos e sociais.

Segundo os dados do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (2011), o país importou no período de 01/1996 a 12/2011 cerca de 22.500 toneladas de gomas, com um gasto total de 51,35 milhões de dólares. A obtenção de novas fontes de gomas pode propiciar, futuramente, um aproveitamento dessa matéria-prima, assim como incentivar uma maior exploração nesse mercado.

No Brasil, as espécies nativas como *Caesalpinia pulcherrima*, *Adenantha pavonina*, *Delonix regia*, *Tamarindus indica*, *Hymenaea courbaril* e *Mucuna sloanei*, são espécies que apresentam uma boa produtividade anual de sementes.

Diante da vasta distribuição dessas sementes na região nordeste, centro-oeste e sul do país, estas espécies foram escolhidas por apresentarem quantidades significativas de carboidratos como fonte de reserva.

Sabendo que as propriedades funcionais de um dado material são diretamente dependentes com as suas características químicas, físicas e estruturais, como massa molar, conformação (linear, ramificada, helicoidal, agregação entre cadeias), presença de grupos funcionais (carbóxila, aminas e sulfatos, por exemplo), tipo (furanose ou piranose) e grau de substituição dos monômeros, a caracterização química foi utilizada como uma ferramenta útil e necessária para o direcionamento de suas aplicações industriais.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Avaliação das características de gomas extraídas de seis espécies vegetais visando aplicações tecnológicas funcionais.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Obter gomas parcialmente purificadas das espécies *Caesalpinia pulherrima*, *Adenanthera pavonina*, *Delonix regia*, *Tamarindus indica*, *Mucuna sloanei* e *Hymenaea courbaril*.
- Caracterizar físico-quimicamente os diferentes produtos extraídos;
- Avaliar o potencial de utilização destas gomas em substituição às gomas comerciais normalmente utilizadas no mercado.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. Neste primeiro capítulo encontra-se a importância da realização deste trabalho e seu objetivo geral.

O segundo capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica a respeito das sementes, bem como as gomas extraídas de sementes e sua importância tecnológica.

O terceiro capítulo descreve detalhadamente os materiais e métodos utilizados para a caracterização das gomas extraídas.

No quarto capítulo estão apresentados os resultados e discussões.

No capítulo cinco têm-se as conclusões deste trabalho.

O capítulo seis apresenta as referências bibliográficas utilizadas durante a realização da dissertação.



## CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

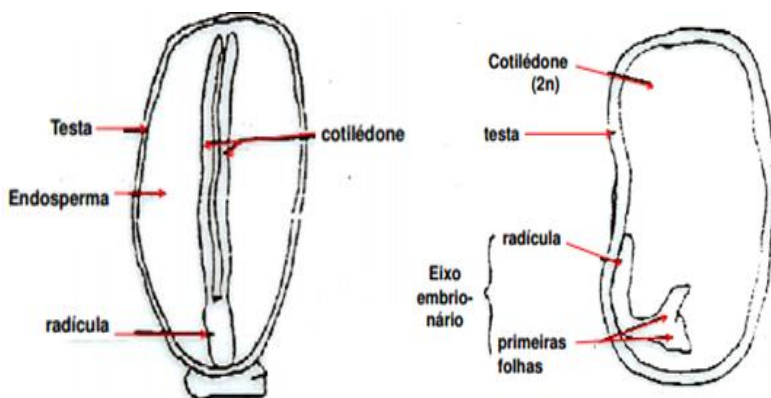
Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica referente aos temas fundamentais para o entendimento do trabalho.

### 2.1 SEMENTES

As sementes são fontes de carboidratos, proteínas, lipídios e sais minerais que tem sido exploradas por muito tempo pela indústria de alimentos, desempenhando um papel importante na alimentação humana. Devido à abundância com que são encontradas na natureza e facilidade de colheita, estes produtos naturais são candidatos importantes para exportação e investimentos científicos (DURANTINI *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Os compostos químicos de reserva das sementes podem estar presentes no eixo embrionário, no perisperma, ou até mesmo na combinação dessas partes, com destaque ao endosperma e cotilédones que são os principais órgãos com função de reserva na semente (GALLARDO, THOMPSON, e BURSTIN, 2008; CORTE *et al.*, 2006). Na Figura 1 encontra-se a estrutura básica de uma semente onde se distingue os principais órgãos de reserva.

**Figura 1-** Estrutura básica de uma semente.



Fonte: BEWLEY e BLACK (1994)

Embora alguns endospermas e cotilédones estoquem, principalmente, lipídios e proteínas, como a mamona, por exemplo, a maioria das espécies leguminosas armazenam carboidratos como fonte principal de energia. As quantidades relativas destes constituintes nas sementes são dependentes de fatores genéticos, climáticos, bem como da disposição de diferentes espécies de nutrientes disponíveis nos solos (GALLARDO, THOMPSON e BURSTIN, 2008).

Nas plantas, os carboidratos são encontrados como constituintes estruturais, como é o caso da celulose e outros polissacarídeos da parede celular; como reserva de energia, como o amido e inulina; constituintes de ácidos nucléicos, coenzimas e precursores de síntese de outros metabólitos (PAVARINI *et al.*, 2012; DURANTINI *et al.*, 2008)

Os carboidratos podem ser classificados em três grupos principais: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Monossacarídeos são compostos que não podem ser hidrolisados a compostos mais simples podem ser classificados em aldoses, por possuírem grupamentos do tipo aldeído, como a glicose; e em cetoses, que possuem grupamentos do tipo cetona, como a frutose (BOBBIO & BOBBIO, 2003). A glicose, e a frutose, são relativamente abundantes nos estágios iniciais do desenvolvimento da semente. Entretanto, na forma livre esses monossacarídeos perfazem uma pequena proporção do total de açúcares em sementes maduras: menos de 0,2 % do peso seco de cereais e 0,03% do peso seco de cotilédones de soja (LIU *et al.*, 2008).

Oligossacarídeos são carboidratos de 2 a 10 unidades de resíduos de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas, como a sacarose (dissacarídeo formado por uma molécula de glucose e uma de frutose), que é o oligossacarídeo mais importante, tanto pela quantidade e frequência com que é encontrado na natureza, como pela sua importância na alimentação humana (BOBBIO & BOBBIO, 2003).

Nas sementes de leguminosas, a sacarose representa 0,3-2,9 % do peso total da semente. Entretanto, existem algumas espécies que apresentam teores entre 15 a 20 % de sacarose, onde o armazenamento se concentra em outras partes aéreas do vegetal, como é o caso dos colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L., Poaceae*) e das raízes da beterraba (*Beta vulgaris, Amaranthaceae*) (RALET *et al.*, 2005; SIMPSON & OGORZALY, 2001).

Os polissacarídeos são polímeros de monossacarídeos, constituídos, em geral, por unidades de cinco (furanosídeo) ou seis (piranosídeo) átomos de carbono, os quais podem estar arranjados tanto em cadeias

lineares, ramificadas ou formar redes com cadeias interligadas. O grau de polimerização (GP) é o número de unidades monoméricas que forma a cadeia principal e varia com o tipo de polissacarídeo (REDESCHI, 2006).

Os polissacarídeos de reserva podem ser acumulados no interior do protoplasto (amido, frutanos) ou fazer parte da parede celular (galactomananos, glucanos e xiloglucanos, entre outros) (FERREIRA e BORGHETTI, 2004; BENTO *et al.* 2013). Os polissacarídeos de parede são quimicamente inertes e possuem diferentes níveis de solubilidade na água (CUNHA *et al.*, 2009).

Eles são classificados de acordo com sua estrutura em galactomananas, xiloglucanas, galactoxiloglucana, mananas “puras” ou glucomananas e (arabino)galactanos (KAPOOR *et al.*, 2005), sendo que as duas primeiras se destacam em aplicações industriais (CUNHA *et al.*, 2009).

Os polissacarídeos de reserva são mais abundantes em sua ocorrência na natureza, podendo chegar a representar até 40 % do peso seco da semente, como as galactoxiloglucanas de *H. courbaril*, ou até 12-20 % como as galactomananos em endospermas de *Dimorphandra mollis*.

Os polissacarídeos podem ser chamados de gomas e, em sentido amplo, são conhecidos pela indústria por apresentar habilidades de produzir géis e soluções altamente viscosas em baixas concentrações de massa (MIRHOSSEINI; TAN, 2012, SINGH; SRIVASTAVA; TIWARI, 2009, WHISTLER; MILLER., 1993). A principal importância dessas macromoléculas está na habilidade de controlar características reológicas de sistemas aquosos por meio de estabilização de emulsões, suspensão de partículas, histerese e controle de cristalização (PINHEIRO *et al.*, 2011., LUCCA; TEPPER., 1994). Na Tabela 1 são mostradas algumas gomas naturais explorada nas indústria e nas pesquisas científicas.

Tabela 1- Gomas naturais utilizadas na indústria e pesquisa científica

<i>Origem</i>	<i>Goma</i>	<i>Nome botânico</i>
<b>Exsudatos vegetais</b>	Goma Arábica	<i>Acacia</i>
	Goma Talha	<i>Acacia seyal</i>
	Goma de Alcatira	<i>Astragalus gummifer</i>
	Goma de Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>
	Goma de Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
	Goma Gati	<i>Anogeissus latifolia</i>
	Goma Caraia	<i>Sterculia urens</i>
	Goma Tragacante	<i>Astragalus gummifer</i>
	Goma Chichá	<i>Sterculia striata</i>
	Goma Cajá	<i>Spondias mombim</i>
<b>Sementes</b>	Goma de Guar	<i>Cyamopsis tetragonolobus</i>
	Goma de Alfarroba	<i>Ceratonia siliqua</i>
	Goma Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>
	Goma Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>
	Goma Fenugreek	<i>Trigonella foenum-graecum</i>
	Goma de Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
	Goma de Marmeleiro	<i>Eriobotrya japonica</i>
	Goma de Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
	Goma de Carolina	<i>Adenanthera pavonina</i>
	Goma de Turco	<i>Parkinsonia aculeata</i>
	Goma de Flamboyant	<i>Delonix regia</i>
	Goma de Flamboianzinho	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>

Frutos (polpa)	Pectina
Algas	Ágar Carragenana Alginato
Microorganismos	Dextrana Xantana Gelana
	<i>Rhodophyceae</i> <i>Cryptonemiales</i> <i>Leuconostoc mesenteroides</i> Xantomonas

Fonte: TEIXEIRA (2001).

As gomas solúveis em água são também conhecidas como hidrocolóides e na indústria de alimentos são largamente utilizadas como ingredientes funcionais atuando como modificadores de textura, agentes gelificantes, espessantes, estabilizadores, emulsionantes, agentes de revestimento, fibras dietéticas e filmes comestíveis (KOOCHKEI *et al.*, 2009; MIRHOSSEINI; TAN, 2010).

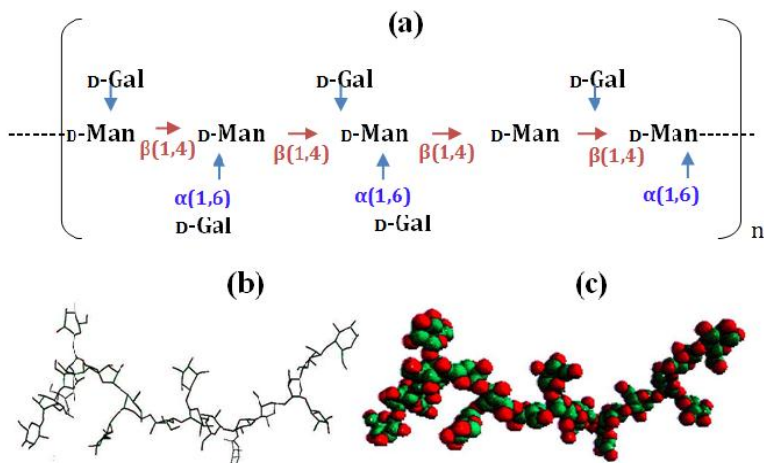
Diversas fontes naturais têm sido exploradas, mas em sementes vegetais apenas duas se destacaram e tem sido extensamente cultivadas para fins comerciais. A primeira, *Ceratonia siliqua*, denominada de goma alfarroba (“carob gum” ou “locust bean gum”), pertence à subfamília *Caesalpiniaceae*, foi a única fonte de goma até a Segunda Guerra Mundial. A segunda é a goma guar, originária do Paquistão, devido à carência industrial na década de 40, a planta guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) foi aclimatada nos Estados Unidos e, desde então, sua produção ultrapassa a de alfarroba (ROL, 1973; GOLDSTEIN; ALTER; SEAMAN, 1973).

As xiloglucanas e galactomananas são exemplos destes polissacarídeos que podem ser encontrados em sementes de muitas plantas, sendo extensivamente estudados e utilizados em diversas aplicações industriais (LIMA, 2003).

## 2.2 GALACTOMANANAS

As galactomananas são polissacarídeos neutros extraídos geralmente do endosperma de sementes de diferentes espécies da família das leguminosas. O esqueleto polimérico de uma galactomanana clássica apresenta unidades de  $\beta$ -D-manose como cadeia principal, com ligações do tipo éter 1 $\rightarrow$ 4. Os grupos laterais são constituídos por uma unidade de  $\alpha$ -D-galactose, que se encontra presa à cadeia principal pelas posições 1 $\rightarrow$ 6 (Figura 2) (CERQUEIRA, 2009).

**Figura 2-** Estrutura de uma galactomanana clássica: (a) cadeia esquemática; (b) estrutura em bastão (c) estrutura em bola cheia.



Fonte: TEIXEIRA (2001).

Segundo Ferreira & Borghetti (2004), o papel fisiológico das galactomananas em sementes está relacionado com a manutenção e regulação da água durante a germinação, além de atuar no mecanismo de proteção contra alguns predadores.

Embora um grande número de espécies vegetais apresente estoques de galactomanana em suas sementes, a família Fabacea (Leguminosae) tem sido destacada pela sua abundância.

Devido às propriedades físico-químicas e conformacionais, as galactomananas têm sido alvo de intensas pesquisas, principalmente na área industrial e acadêmica (CERQUEIRA *et al.*, 2009), sendo amplamente usadas na indústria farmacêutica, têxtil, cosmética e de alimentos (MIRHOSSEINI; AMID, 2012). Na indústria alimentícia as gomas são utilizadas como aditivos, na confeitaria, em geléias, xaropes, saladas e maionese, entre outros. Na indústria de cosméticos são utilizadas em fixadores de cabelos, cremes e outros produtos de beleza. Na indústria farmacêutica são usadas na preparação de emulsões, pastilhas e outros preparos. Na medicina têm um emprego limitado: externamente em aplicações locais como hidratantes e internamente em processos inflamatórios. Apresenta ação protetora nas mucosas (MANTELL, 1990). Na

Tabela 2 são mostradas algumas outras aplicações para as galactomananas.

**Tabela 2-** Aplicações testadas para galactomananas brasileiras

<b>ORIGEM</b>	<b>APLICAÇÕES</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
<i>Mimosa scabrella</i>	Matriz cromatográfica para isolamento de lectina	BEZERRA <i>et al.</i> , 2006
	Matriz para liberação de fármaco Antiviral: febre amarela	VENDRUSCULO <i>et al.</i> , 2005
	Antiviral: herpes	CHRESTANI, F. <i>et al.</i> , 2009
<i>Leucena leucocephala</i>	Micropropagação plantas	LUCYZSNY <i>et al.</i> , 2006
	Filmes	SIERAKOWSKI <i>et al.</i> , 2002
	Antiviral: febre amarela	ONO <i>et al.</i> , 2003
<i>Dimorphandra mollis</i>	Aditivo na produção de papel	LIMA; OLIVEIRA.; BUCKERIDGE, 2003
<i>Caesalpinia pulcherrina</i>	Meio de cultura de fungos	MESQUITA <i>et al.</i> , 2002
	Filmes	SIERAKOWSKI <i>et al.</i> , 2002
	Filmes para revestimento de frutos	CERQUEIRA <i>et al.</i> , 2009
	Revestimentos comestíveis para frutos	LIMA <i>et al.</i> , 2010
<i>Schizolobium parahybum</i>	Matriz cromatográfica para isolamento de lectina	MATOS, 2000



<i>Cassia fastuosa</i>	Micropropagação de plantas	LUCYZSNY <i>et al.</i> , 2006
<i>Cassia siliqua</i>	Liberção controlada de genes	BECK <i>et al.</i> , 2004

Fonte: CUNHA (2009), modificada.

As galactomananas mais comuns são as de alfarroba (goma de alfarroba), a tara (goma tara) e a de guar (goma de guar), que possuem razões de M/G com pequenas variações, já que a razão M/G depende do tipo de planta e das condições de extração (DRESSLER e FISCHER, 2003). A Tabela 3 mostra a composição físico-química das gomas utilizadas industrialmente.

**Tabela 2**– Gomas já comercializadas pela indústria e suas características físico-químicas

	Goma Guar	Goma de Alfarroba	Goma Tara
Umidade	<15	<14	<15
Carboidratos Totais	42-46%	38-45%	20-22%
Cinzas	<1,5	<1,2	<1,5
Proteínas	<10	<7	<3,5
M/G	1,6:1	3,5:1	3:1

Fonte: MIRHOSSEINI,e AMID, (2012)

A galactomanana de guar é obtida do endosperma das sementes de *Cyamopsis tetragonolobus*. Possui alta massa molecular, apresentando uma cadeia linear de manose ( $\beta 1 \rightarrow 4$ ) com resíduos de galactose. Esta galactomanana forma dispersões altamente viscosas quando hidratada com água fria. Suas soluções apresentam propriedades pseudoplásticas (não-newtonianas) não tixotrópicas. A viscosidade de suas soluções aumenta exponencialmente com aumento da concentração da goma em água fria, sendo influenciada por diversos fatores, tais como: temperatura, pH, tempo, grau de agitação (cisalhamento), tamanho da partícula e

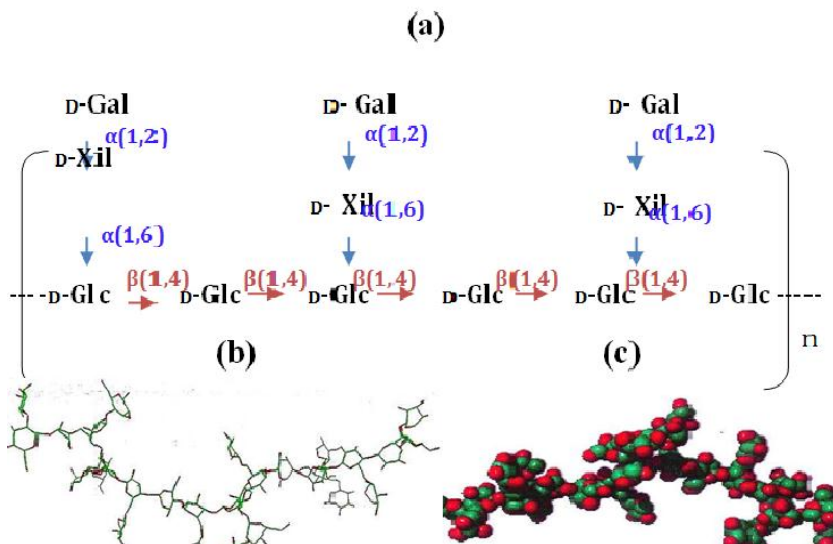
presença de sais. A baixas concentrações, confere cremosidade. A massa molecular é da ordem de  $1,5 \times 10^6 \sim 2,5 \times 10^6$  g/mol.

### 2.3 XILOGLUCANAS

As xiloglucanas (XG) são polissacarídeos vegetais, com função estrutural e de reserva, encontradas na parede celular primária e nos cotilédones de muitas sementes (ZABOTINA, 2012). A presença de xiloglucanas foi primeiramente reportada por HEINRICHER em 1888, pela presença de “amilóides” em sementes vegetais de *Impatiens balsamina*, *Tropeolum majus* e *Cyclamen europaeum* (REISS, 1889).

As xiloglucanas em geral possuem uma cadeia principal constituída por D-glucopiranosose unidas por ligações glicosídicas  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) com unidades laterais substituídas em O-6 por unidades de  $\alpha$ -D-xilopiranosose, a qual também pode ser substituída em O-2 por unidades de  $\beta$ -D-galactopiranosose (HOFFMAN *et al.*, 2005; PENA *et al.*, 2008; HSIEH e, HARRIS, 2009), como pode ser visto na Figura 3.

**Figura 3-** Estrutura da xiloglucana (a) cadeia esquemática; (b) estrutura em bastão; (c) estrutura em bola cheia



Fonte: TEIXEIRA (2001)

A estrutura das xiloglucanas tem sido revisada desde que este polissacarídeo foi inicialmente isolado de cultura de células em suspensão de *Acer pseudoplatanus* (BAUER *et al.*, 1973).

As xiloglucanas compreendem de 25 a 45 % das paredes primárias das dicotiledôneas e 2 % das monocotiledôneas (HARRIS *et al.*, 2009; SCHELLER e ULVSKOV, 2010).

A heterogeneidade das xiloglucanas resulta de diferenças nas massas molares, distribuição e níveis de unidades de xilosil substituídas por unidades de galactosil e fucosil.

Com base no número de unidades de glicose substituídas, Vincen *et al.* (1997) dividiram as xiloglucanas em dois grupos. O primeiro, chamado de poli-XXXG, apresenta a cadeia principal contendo três unidades consecutivas de glicose substituídas em O-6 por unidades de xilose e uma quarta unidade de glicose não ramificada. Este grupo inclui as xiloglucanas encontradas em muitas gimnospermas e nas angiospermas (O'NEILL e YORK, 2003), como observado no xilema da araucária do Japão - *Cryptomeria japonica* (KAKEGAWA, EDASIGE e ISHIL, 1998) e na uva - *Vitis vinifera* (DOCO *et al.*, 2003), respectivamente.

Xiloglucanas fucosiladas têm sido isoladas da parede celular de folhas de espécies, como *Brassica oleracea* - repolho (STEVENS e SELVENDRAN, 1984), *Gossypium sp.* - algodão (BUCHALA *et al.*, 1993), *Arabidopsis thaliana* - arabidopsis (ZABLACKIS *et al.*, 1995; OBEL *et al.*, 2009), *Digitalis purpurea* - dedaleira (HENSEL; SCHMIDGALL; KREIS, 1998), *H. courbaril* - jatobá (BUSATO; VARGAS-RECHIA; REICHER, 2001), *Cichorium intybus* - chicória (SUN *et al.*, 2006) e *Myrothamnus flabellifolius* - arbusto da ressurreição (MOORE *et al.*, 2006).

Uma nova xiloglucana tem sido isolada e caracterizada das folhas da polpa do fruto da espécie *Argania spinosa* - argania. Nestes estudos as unidades de glicose da cadeia principal eram substituídas em O-2 por duas unidades de xilose em vez de unidades de galactose (RAY *et al.*, 2004; ABOUGHEANGONE *et al.*, 2008).

Teixeira (2009) isolou e caracterizou, por metilação e espectroscopia de ressonância magnética nuclear, uma xiloglucana das sementes de *Mucuna sloanei* – Olho de Boi. Outra espécie de *Mucuna*, *Mucuna flagellipes*, foi utilizada por Onweluzo, Ramesh e Tharanathan (2002) para obtenção de xiloglucanas. A farinha das sementes de *Mucuna sloanei*, *Mucuna flagellipes* e *Detarium senegalense* é utilizada na Nigéria e

em certos países da África como espessante em alimentos (AJIWE *et al.*, 1997; WANG *et al.*, 1996; ONWELUZO, RAMESH e THARANATHAN, 2002).

No Brasil, diversas espécies nativas têm sido exploradas e se apresentam como fontes potenciais para extração de xiloglucanas destinadas a diferentes aplicações. Alguns estudos sugerem que esses polisacarídeos possuem resposta imunomodulatória (ROSÁRIO *et al.*, 2008). Outras xiloglucanas já foram utilizadas na preparação de filmes (SIERAKOWSKI *et al.*, 2007), na micropropagação de plantas (LIMANISHIMURA *et al.*, 2003) e na preparação de bolachas de wafers (SIERAKOWSKI *et al.*, 2007). No Japão, as xiloglucanas são utilizadas extensivamente como espessantes alimentares, estabilizantes e agentes gelificantes (TEMSIRIPONG *et al.*, 2005).

## 2.4 ESPÉCIES VEGETAIS TRABALHADAS

A família Leguminosae ou Fabaceae é a terceira maior entre as angiospermas. Ocorre em todos os continentes, exceto Antártica, e em diversos habitats, exceto marinho e epifítico (WINK e MOHAMED, 2003). A família é representada por 19.325 espécies, reunidas em 727 gêneros e 36 tribos (LEWIS *et al.*, 2005). No Brasil, há 2.100 espécies reunidas em 188 gêneros (FILARDI, 2005).

### 2.4.1 *Caesalpinia pulcherrima*

A espécie de *Caesalpinia pulcherrima* (Figura 4) é uma árvore de pequeno porte, que pode atingir 3-4 metros na maturidade vegetal, sendo popularmente conhecida como flamboianzinho, flamboiant-mirim, flor-de-pavão, barba de barata ou brado de estudante (BRAGA, 2006).

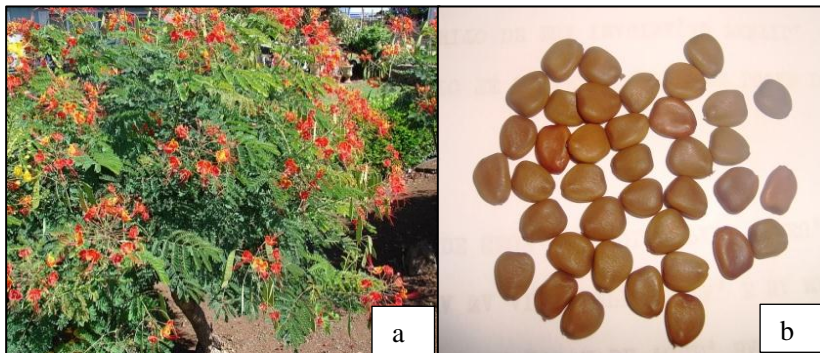
O endosperma dessas sementes foi bastante estudado, identificado e caracterizado (BRAGA, 2006), sendo considerado de suma importância tanto na área da indústria como na medicina, agronomia e farmacologia em geral, por apresentar evidências da presença de princípios farmacêuticos ativos (ISLAM *et al.*, 2003), o que desperta muito interesse nos pesquisadores e estudantes de todo país.

O gênero *Caesalpinia* pode ser caracterizado como arbusto lenhoso, ereto, provido de espinhos, de florescimento exuberante e folhas

compostas pinhadas. É muito apreciada pelas qualidades ornamentais de suas flores (Figura 3), que apresentam diversas tonalidades e cores, como rosa, amarelo, vermelho, laranja e vermelha com extremidades amarelas (ROACH *et al.*, 2003).

A *Caesalpinia pulcherrima* pode ser usada na medicina devido às suas propriedades anti-inflamatórias. Seu uso deve, no entanto, ser feito com muita cautela pois é uma planta tóxica e inclusive abortiva. O suco das folhas é usado para febre e o sumo das flores para dor, tosse e dificuldade respiratória (RIBEIRO e PAIVA, 2010).

**Figura 4-** Flamboianzinho (*Caesalpinia pulcherrima*).a: Árvore com vagens, folhas e flores. b: Sementes



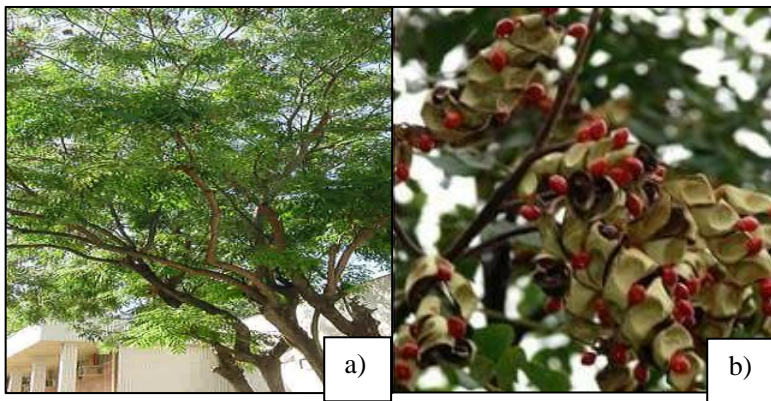
Fonte: [www.commonswikimedia.org](http://www.commonswikimedia.org)

### 2.4.2 *Adenanthera pavonina*

A Carolina (*Adenanthera pavonina*) (Figura 5), pertencente à família Leguminosae (Fabaceae), subfamília Mimosoideae, é uma planta nativa da Ásia e África tropical, que foi aclimantada para toda América tropical. No nordeste do Brasil se apresenta como árvore de até 15 metros de altura e é empregada na arborização de parques e jardins. As folhas, pecioladas e paripinadas, apresentam de dois a cinco pares de pinas opostas, com seis a dez folíolos curtos e peciolados. Suas flores, amarelo-pálidas ou raramente brancas, dispõem-se em rácermos estreitos em forma de espiga. Suas vagens são compridas, estreitas, curvado-falconadas, (BAILEY, 1954; BRAGA, 1976), como pode ser percebido nas Figuras 4. As sementes de *Adenanthera pavonina* L. apresentam um

tegumento vermelho brilhante e um endosperma gomoso e espesso. A madeira pode ser usada na construção civil e marcenaria de luxo; as folhas são adstringentes, tônicas, antireumáticas e úteis contra diarreia e inflamação das mucosas (LUCYSZYN et al., 2006).

**Figura 5-** Carolina (*Adenanthera pavonina*) a): Árvore com vagens, folhas e flores.; b): Sementes



Fonte: [www.colinjong.com](http://www.colinjong.com)

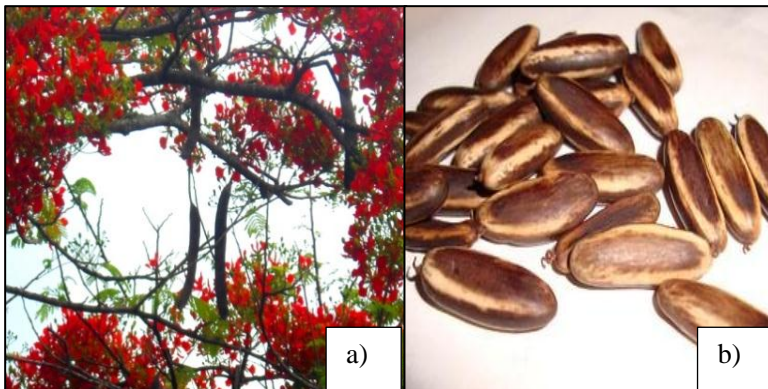
### 2.4.3 *Delonix regia*

O Flamboiant (*Delonix regia*), pertencente à família Leguminosae, é uma árvore de porte médio que cresce em regiões quentes e úmidas da Índia, África e América. É uma espécie de leguminosa cultivada em zonas tropicais, empregada na arborização de parques e jardins, e muito apreciada pelas qualidades ornamentais de suas flores. As folhas, apresentam de 10 a 14 pares de pinas opostas e dispõem-se em racemos estreitos. Suas vagens são compridas, largas e grandes, curvas e falconadas, contendo em média 20 sementes, com valvas que se enroscam e abrem na maturação, lançando as sementes a curta distância (Figuras 5).

Existem registros de seu uso alimentício na África do Sul e em medicamentos indígenas e recomendações para várias doenças na Índia (KAPOOR, 1972), de forma que as sementes de *Delonix regia* podem ser consideradas como fontes potenciais de proteínas e carboidratos, sendo constituídas por cerca de 37% de goma endospermica, formada por galactomanana (MATOS, 2000).

As sementes de *Delonix regia* (Figura 6) apresentam um tegumento cinza escuro com marcas longitudinais mais claras em um endosperma gomoso e espesso.

**Figura 6-** Flamboiant (*Delonix regia*).a) árvore com vagens, folhas e flores; b) Sementes

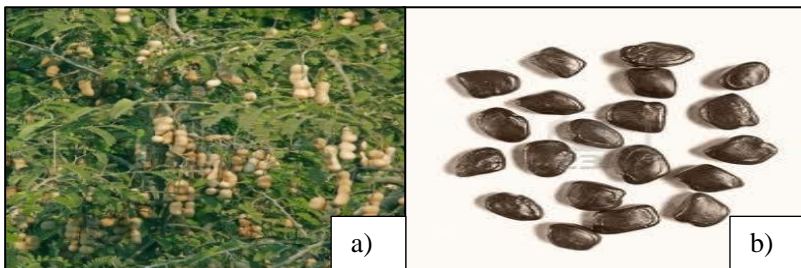


Fonte: [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

#### 2.4.4 *Tamarindus indica*

Tamarindus é um gênero botânico pertencente à família Fabaceae. É uma árvore maciça, de crescimento lento e de vida longa sob condições favoráveis. Pode alcançar uma altura de 30 m, um diâmetro de coroa de 12 m e uma circunferência de tronco de 7,5 m (Figura 7).

**Figura 7-** Tamarindos (*Tamarindus indica*) a) árvore com vagens e folhas, b) sementes



Fonte: [www.123rf.com](http://www.123rf.com)

As flores são de coloração quase branca ou rosada, agrupadas em cachos irregulares nos ápices dos ramos. Seus frutos apresentam cor castanho escuro, com epicarpo espesso em torno das sementes de cor amarelo escuro e sabor ácido-adocicado (SILVA *et al.*, 2000).

O seu fruto é originário das savanas, embora o cultivo e a exportação sejam explorados, principalmente, pela Índia. No Brasil, as plantas provenientes da Ásia mostram-se adaptadas em quase todos os estados. Apesar de não ser nativo do Nordeste, devido à sua grande adaptação, o tamarindeiro é considerado como planta frutífera típica dessa região, sendo uma cultura ideal para regiões semi-áridas, especialmente nas áreas com eminência de seca prolongada (SOUZA *et al.*, 2010).

O tamarindeiro pode tolerar 5-6 meses de condições de seca, mas não tolera geadas ou longos períodos de chuvas. Tem uma extensão de vida de 80-200 anos e pode render de 150 a 500 kg de vagem por árvore por ano. As sementes de tamarindo contêm compostos fenólicos, taninos e ácidos graxos (SUDJAROEN *et al.*, 2005), enquanto suas folhas contêm triterpenos (IMAM *et al.*, 2007), flavonas e flavonóis (BHATIA, GUPTA e SESHADRI, 1996). O pericarpo contêm (+)-catequina, B2 procianidina, (-) epicatequina, procianidina, tetrâmero de procianidina, procianidina pentâmero, hexâmero procianidina, taxifolina, apigenina, eriodictiol, luteolina, naringenina e os frutos contêm ácido L-ascórbico, tocoferol e carotenos (SUDJAROEN *et al.*, 2005).

#### **2.4.5 *Mucuna sloanei***

*Mucuna sloanei* (Figura 8) é uma erva trepadeira, cultivada juntamente com milho, inhame e tem sua distribuição no nordeste do Brasil, sendo também encontrada no sudeste dos Estados Unidos, nas Ilhas do Havai, na Nigéria e alguns países da África (AJIWE *et al.*, 1997).



Figura 8 – *Mucuna (Mucuna sloanei)*

a) árvore com vagens e folhas; b) sementes



Fonte: [www.davesgarden.com](http://www.davesgarden.com)

Esta espécie vegetal possui a seguinte classificação taxonômica: reino Plantae; divisão Magnoliophyta; classe Magnoliopsida; ordem Fabales; família Fabaceae; subfamília Faboideae; tribo Phaseoleae e gênero *Mucuna*.

*Mucuna sloanei* tem sido utilizada na medicina popular por muitos anos devido à sua ação antiabortiva e como espessante pelas populações de alguns estados da Nigéria, Gana, Camarão, Senegal e Togo (AJIWE *et al.*, 1997). Alguns autores ainda sugerem que estas sementes podem ser fonte de proteína quando suas propriedades tóxicas são inativadas (AFOLABI *et al.*, 1985). Esta espécie também é rica em carboidratos (TEIXEIRA *et al.*, 2009), fósforo, magnésio, cálcio, sódio, ferro, cobre, manganês, taninos, L-Dopa e zinco (NWOSU, 2011 ; GIAMI e WACHUKU, 1997; AKPATA e MIACHI, 2001; IJEH, UNAEGBU e ANAGA, 2004;. TULEUN, CAREW e PATRICK, 2008).

*Mucuna sloanei* tem sido usada em tempero e decoração de pratos principais de repastos (UKACHUKWU *et al.*, 2002; ONWELUZO e EILITTA, 2003); como gelificante (NWOSU, 2011), antidiabético (DHAWAN *et al.*, 1980; AKHTAR e MIACHI, 1990), antiparkinsoniana (MOLLOY *et al.*, 2006), anti-oxidante, anti-microbiana (RAJESHWAR *et al.*, 2005), afrodisíaco, anti-neoplásico, anti-epilépticos (SATHIYANARAYANAN. *et al.*, 2007), estimulante para memória (POORNACHANDRA *et al.*, 2005) e estimulante hormonal masculino

(AMIN, KHAN e REHMAN, 1996; MUTHU e KRISHNAMORTHY, 2011). As sementes de mucuna são altamente resistentes a doenças e pragas (JANARDHANAN e VADIVIEL, 1994)

#### 2.4.6 *Hymenaea courbaril*

O jatobá, *Hymenaea courbaril* L., da família Caesalpinaceae, é uma árvore muito vistosa, com 15 à 20 m de altura, com tronco de até 1 m de diâmetro que pode ser encontrada por toda a América. No Brasil ocorre do Piauí até o norte do Paraná, na floresta semi-decídua. Cada árvore produz, em média, 10 kg de sementes por ano (LIMA *et al.*, 1993).

Esta espécie é conhecida popularmente como: jatobá, jataí, jataí-amarelo, jataí-peba, jataí-vermelho, jitaí, farinha, jatarba, burandã, imbiúva, jatobá-miúdo e jatobá-da-caatinga. Possui a seguinte classificação taxonômica: reino Plantae; divisão Magnoliophyta; classe Magnoliopsida; ordem Fabales; família Fabaceae; subfamília Caesalpinioideae; tribo Detarieae e gênero *Hymenaea*, estabelecida por Linnaeus, que descreveu a espécie *Hymenaea courbaril* em 1753 (DECHOUM, 2004).

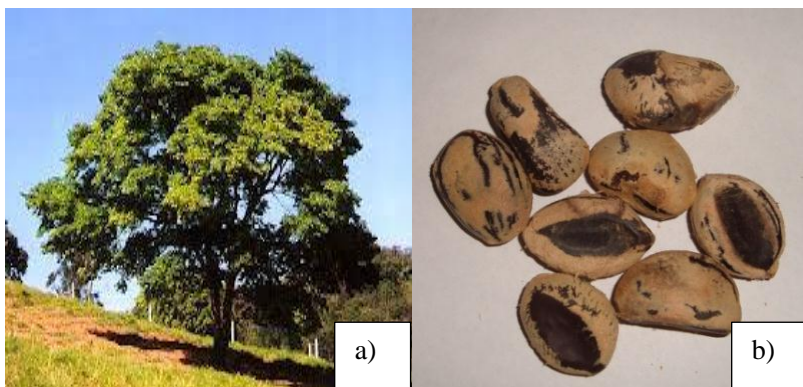
O jatobá pertence ao grupo das plantas indicadoras acompanhantes, ou seja, espécies de ocorrência em mata ciliar ou de várzea, em solo temporário ou permanentemente úmido, sujeito à inundação periódica e sendo ainda frequente nas matas de terra firme. Os frutos do jatobá possuem uma polpa farinácea que fornece farinha com valor protéico equivalente ao fubá de milho, com utilização culinária (SALVADOR, 1989).

Seus frutos farináceos são comestíveis e muito apreciados pela população regional e podem ser consumidos *in natura* ou como ingredientes na elaboração de bolos, pães, mingaus, “cookies” e “snacks” com alto teor de fibras (SILVA *et al.*, 2001). Esta polpa farinácea também é muito procurada por várias espécies da fauna que dispersam suas sementes, tornando o jatobá muito útil nos plantios em áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea (LORENZI, 1992).

A polpa do fruto também é utilizada na medicina popular como laxante e a resina é tida como afrodisíaca. A infusão é preparada para uso interno, no tratamento de cistite (infecção urinária). Misturada à cachaça, apresenta ainda propriedades tônicas. A casca do caule, na forma de chá e de xarope, é usada como depurativo e no tratamento de queimadura e tosse (CARVALHO, 2007).

As sementes de jatobá (Figura 9) possui cor vinho, forma oval, e apresentando, em média, 2 cm de comprimento. Elas apresentam em sua composição xiloglucanas e galactomananas, principais hemiceluloses encontradas na parede celular de plantas dicotiledôneas, utilizadas na fabricação de papéis assim como a goma guar e o amido (MATUDA e NETTO, 2005).

Figura 9– Jatobá (*Hymenaea courbaril*). a) Árvore com folhas; b) Sementes



Fonte: [www.plantarum.com.br](http://www.plantarum.com.br)

## 2.5 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS E SUA IMPORTÂNCIA

Independentemente do destino final do produto, é sempre necessário conhecer a estrutura molecular do material, sua composição e seu comportamento em diferentes condições, seja em solução ou em meio sólido.

Dependendo das aplicações do material, a caracterização poderá avaliar suas propriedades nutricionais, mecânicas, elétricas, magnéticas, bioativas, térmicas e até mesmo a combinação de duas ou mais destas propriedades.

Estudos sobre a estrutura fina de polissacarídeos vegetais têm sido conduzidos pelo emprego de muitas técnicas, sobretudo visando conhecer a sua estrutura molecular e, de forma específica, a composição monossacarídica destes polímeros. Entretanto, no caso dos polissacarídeos, há necessidade de se realizar uma derivatização. Na literatura po-

demos encontrar diversos trabalhos que utilizaram hidrólises ácidas (TFA e  $H_2SO_4$ ) para processo de derivatização (CHAUBEY, KAPPOR, 2001; DAKIA *et al.*, 2007).

Medeiros e Simoneit (2007) utilizaram o derivatizante BSTFA a uma temperatura de 70°C durante 3 horas, para caracterizar diversos tipos de açúcares por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.

Partindo da derivatização da goma extraída de *Eremurus anisopterus* em TFA, Hu *et al* (2011) estudaram, por cromatografia gasosa, a composição monossacarídica, observando que esta espécie possui, em sua estrutura, manose e galactose em razão molar de 1:3 (M/G). Neste mesmo trabalho eles determinaram a posição estrutural da cadeia polimérica por análise de metilação, ressonância magnética nuclear e infravermelho.

Recentemente, López-Franco *et al* (2013) caracterizaram a composição monossacarídica de sementes de *Prosopis spp.* por cromatografia, utilizando a derivatização da goma em  $H_2SO_4$  (4%) por 4h, seguido por adição de  $BaCO_3$ . Neste trabalho, a goma extraída apresentou 59,7% de manose, 39,7 % de galactose com uma razão 1:5 (M/G).

Em 2008, Xue e colaboradores, utilizando um procedimento de derivatização com N-O-Bis-(trimetilsilil)-trifluoroacetamida com 1% de trimetilclorosilano e, determinaram níveis de glicose no sangue, aplicando a técnica de "Microwave accelerated derivatization", durante 3 minutos e por aquecimento convencional durante 30 minutos a uma temperatura de 120 °C. Neste trabalho os autores tentaram implementar este procedimento modificando o agente derivatizante. No entanto, apesar do tempo de derivatização ser menor que os dos métodos com aquecimento convencional, não foi possível obter uma boa derivatização para os compostos estudados (XUE *et al.*, 2008).

Associadas as outras técnicas para conhecer a estrutura molecular dos polissacarídeos, a espectroscopia de infravermelho é uma das análises físico-químicas mais úteis para determinar vibrações características de grupos funcionais presentes na estrutura do polissacarídeo e, por conta disto, tem sido extensivamente utilizada na identificação de compostos (YANG e ZHANG, 2009; CAPEK *et al.*, 2003, QUIAN *et al.*, 2009).

A espectroscopia no infravermelho estuda a interação da radiação eletromagnética com a matéria, sendo um dos seus principais objetivos o estudo dos níveis de energia de átomos e moléculas. Para que ocorra

absorção da radiação infravermelha é necessária a variação do momento do dipolo elétrico da molécula como consequência de seu movimento vibracional ou rotacional. Somente nesta circunstância o campo elétrico alternante da radiação incidente interage com a molécula, originando espectros (SILVERSTEIN e WEBSTER, 2005).

Cerna *et al.* (2003) caracterizaram, por FTIR, três polissacarídeos (amido, glucomanana e carragenanana) utilizados como aditivos na indústria de alimentos. Neste trabalho eles estimaram a composição em percentual molar, distinguindo as bandas características vibracionais dos principais monossacarídeos e dissacarídeos.

Chastinet *et al.* (2011) utilizaram a técnica de infravermelho para comprovar a formação de ligações cruzadas na estrutura da goma extraída de sementes de *C. pulcherrima*. Neste trabalho foi observado que a goma reticulada apresentou uma diminuição nas bandas referentes a O-H na região de 3000 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  e um aumento nas bandas referentes a região de 1300 a 1500  $\text{cm}^{-1}$  relacionadas com a ligação da epiclolidrina com o polímero.

Silvam *et al.* (2011) estudaram a utilização de biopolímeros em pães enriquecidos com fibras e polifenóis por espectroscopia de infravermelho e Raman. Neste trabalho eles conseguiram explorar a conformação secundária e estrutural de proteínas e polissacarídeos.

Shang *et al.* (2012) extraíram, por três métodos diferentes, um polissacarídeo de sementes de *Cassia obtusifolia* e caracterizaram sua estrutura molecular por métodos espectrométricos e cromatográficos. Neste trabalho eles encontraram, por espectroscopia de infravermelho, a presença de ácido urônico, que foi confirmada por análise cromatográfica. Ainda assim eles comprovaram, por esses ensaios, a dependência do processo de extração quanto à estrutura química do polissacarídeo.

Mudgil, Barak e Khatkar, (2012) caracterizaram uma goma guar hidrolisada por *Aspergillus niger* por infravermelho, difração de raios X, viscosidade e análise térmica. Neste trabalho, a análise de infravermelho após a hidrólise enzimática se manteve inalterada, não havendo grande transformação dos grupos funcionais da goma guar. O resultado de DRX revelou um pequeno aumento na cristalinidade da goma hidrolisada. Ainda neste trabalho eles observaram uma diminuição da viscosidade e massa molar e uma pequena alteração importante no comportamento térmico da goma de guar hidrolisada.

Além das análises espectrométricas e cromatográficas, as análises termogravimétricas são extensamente utilizadas para caracterizar a estabilidade térmica das macromoléculas.

Varma *et al.* (1997) caracterizaram por análise termogravimetria a goma guar e esta apresentou um evento de perda de massa próximo à temperatura de 306°C, atribuída à decomposição da cadeia polimérica da goma guar.

Para avaliar a mudança na estrutura molecular de amidos, Vermeulen, Goderis e Delcour (2006) analisaram por calorimetria exploratória diferencial, o comportamento térmico de amido de batata após sucessivos tratamentos térmicos. Neste trabalho eles observaram que o aumento da temperatura favorecia mudanças na entalpia de gelatinização e cristalinidade do material.

Yang *et al.* (2007) investigaram as características de pirólise em hemicelulose, lignina e celulose por análise termogravimétricas (TGA e DSC) acopladas a um espectro de infravermelho e um microcromatógrafo gasoso.

Bumbu, Chitanu e Carpov (2001) estudaram a compatibilidade de blendas de dextrana com copolímero de acetato vinílico e ácido maleico por termogravimetria e espectroscopia de infravermelho. Neste trabalho eles comprovaram a compatibilidade das blendas pelo aparecimento de uma transição vítrea única a 20°C por calorimetria exploratória diferencial, bem como, a intensidade e mudanças de picos característicos dos grupos funcionais..

Misturas com outros polissacarídeos podem ser utilizadas para melhorar suas características funcionais em solução. As interações de amido e hidrocolóide foi tema de diversos trabalhos na literatura (CLOSS *et al.*, 1999; AHMAD e WILLIAMS, 2001; FREITAS *et al.*, 2003). Nestes casos foram observadas mudanças no comportamento reológico e térmico do amido, o que indicou interação sinérgica desses materiais (SUDHAKAR, SINGHAL e KULKAMI, 1996; MALI *et al.*, 2003; KAUR, SINGH, MCCARTHY, 2008). O efeito sinérgico, atribuído às características estruturais do polímero, pode também estar relacionado ao aspecto conformacional em solução, o qual envolve o processo de solubilização em um determinado solvente e que pode gerar regiões hidrofóbicas e hidrofílicas ao longo da cadeia polimérica (NEUMANN, SCHMITT e IAMAZAKI, 2003). Essa informação é interessante, pois pode influenciar o processo de interação com um determinado substrato. AMIJI (1995) estudou esse comportamento com a quitosana através de

análises de fluorescência, utilizando pireno como substrato, sendo possível avaliar as faixas de concentração e agregação do polissacarídeo.

Wang, Ellis e Ross-Murphy (2003) estudaram a relação da massa molar (Mw) e da concentração (C) da galactomanana na formação de soluções viscosas, observando que, além das variáveis massa e concentração, o tamanho da cadeia também influenciava na taxa de hidratação e, consequentemente, na viscosidade.

Vários estudos sobre a despolimerização de polissacarídeos têm sido realizados devido ao elevado interesse e utilização de novas matérias-primas para a produção de alimentos e novos produtos químicos.

Tayal *et al.* (1999) e Cheng *et al.* (2002) realizaram trabalhos com a goma de guar mostrando a versatilidade deste polímero para a despolimerização por diferentes mecanismos de degradação.

Com o objetivo de estudar a influência da concentração e da força iônica de soluções de polissacarídeos não convencionais, tais como quitosana, alginato de sódio e galactomanana de sementes de *C. pulcherrima*, Carneiro-da-Cunha *et al.* (2011) observaram que a força iônica estava diretamente relacionada com os valores de potencial zeta e com a natureza elétrica do polímero, bem como o tamanho médio e a polidispersidade das gomas estudadas.

Anteriormente, Wang *et al.* (2005) investigaram os mecanismos de adsorção de galactomanana de guar por espectroscopia de fluorescência e potencial zeta. Eles observaram que os valores de potencial zeta não eram afetados pelas alterações do pH das soluções.

Em trabalho recente, Banerjee *et al.* (2013) avaliaram a ação floculante de uma galactomanana catiônica por potenciometria zeta, observando que aumento do volume hidrodinâmico (viscosidade intrínseca) favorecia o aumento da eficiência no processo de floculação. Anteriormente, Levy, Garti e Magdassi (1995) estudaram a eficiência de floculação da suspensão de bentonita a partir de goma guar, também modificada estruturalmente, por potencial zeta e densidade óptica.

Diversas técnicas têm sido empregadas para elucidar o comportamento dos polissacarídeos em solução. Na literatura pode-se encontrar diversos trabalhos que estudaram o comportamento e a orientação molecular na interface líquido-ar de polissacarídeos, com objetivo de classificar os materiais quanto à molhabilidade, umectação, emulsificação e estabilização (DALVIN, 2011).

Garti, Slavin e Aserin (1998) estudaram as propriedades de superfície e emulsificantes de goma de *Portulaca oleácea L.* e outras gomas por tensiometria e densidade óptica. Neste trabalho eles encontraram valores de tensão superficial de 65-45 mN/m para as gomas de *Portulaca e oleacea*, goma guar, locusta e outras gomas utilizadas em alimentos. Neste trabalho eles não conseguiram determinar a concentração crítica micelar, CMC, para as gomas estudadas.

Muñoz *et al.* (2007) caracterizaram as propriedades de tensão superficial de goma extraída de sementes de *Acácia tortuosa* por tensiometria, obtendo valores de tensão superficial de 42,9 mN/m para essa goma na concentração de 0,5 % (m/v) . Neste trabalho os autores conseguiram chegar a CMC a partir da concentração de 0,5 %.

Anteriormente, Huang, Kakuda e Cui (2001), utilizando a mesma técnica para avaliar a propriedade emulsificante da goma arábica, encontraram valores de tensão superficial próximo de 46,9 mN/m na concentração de 0,5%.

Outros trabalhos estudaram a estabilidade de emulsões de goma arábica, locusta e xantana com base na dimensão das gotículas de óleo, viscosidade e absorção de proteínas (MAKRI, DOXASTAKIS, 2006).

Atualmente poucas gomas tem sido exploradas industrialmente. Neste trabalho buscou investigar outras fontes naturais de gomas que pudessem substituir as gomas comercialmente exploradas na indústria de alimentos e afim de potencializar estas gomas quanto as suas aplicações industriais



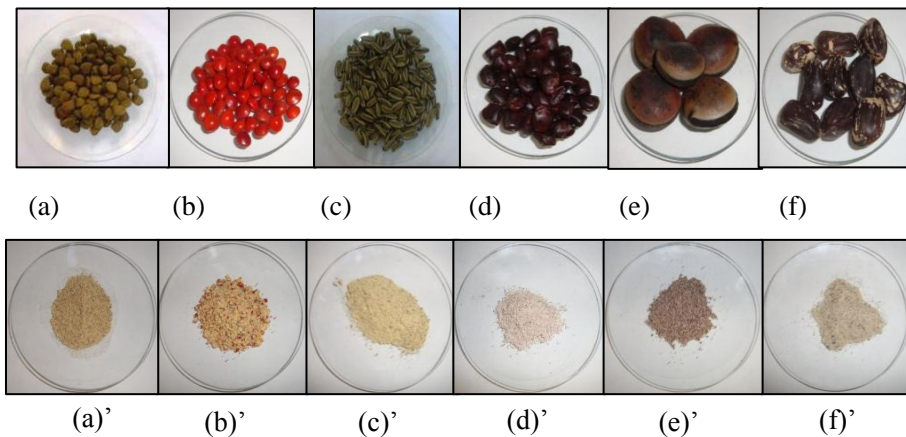
## CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta, de forma detalhada, as metodologias propostas para a caracterização das gomas extraídas das sementes.

### 3.1 AQUISIÇÃO DAS SEMENTES

As sementes estudadas foram doadas por duas pesquisadoras do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE. Estas sementes, após a sua coleta, foram higienizadas com solução de 100 mg de hipoclorito de sódio por 30 minutos e lavadas várias vezes com água destilada. Após secas, estas foram acondicionadas em recipientes de plásticos. As farinhas das sementes foram obtidas utilizando um moinho analítico (marca Quimis, modelo Q-256)

**Figura 10-** Sementes e farinhas trabalhadas: (A) *Caesalpinia pulcherrima*, (B) *Delonix regia*, (C) *Adenanthera pavonina*, (D) *Tamarindus indica*, (E) *Mucuna sloanei*, (F) *Hymenaea courbaril*



## 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

### 3.2.1 Umidade e cinzas

Os teores de umidade e de cinzas foram determinados pelo método gravimétrico, de acordo com os protocolos da AOAC (1995). Os teores de umidade e cinzas foram calculados pela diferença entre as massas inicial e final das amostras, sendo este valor expresso em porcentagem.

### 3.2.2 Carboidratos totais

O teor de carboidratos totais foi determinado pelo método fenolsulfúrico, descrito por Dubois *et al.* (1956). A 1 mL dos extratos obtidos adicionaram-se 1 mL de solução aquosa de fenol a 5% (m/v) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A mistura foi agitada e mantida em repouso por 20 minutos. Após o resfriamento dos tubos, foram realizadas leituras em espectrofotômetro na região visível a 490 nm. A curva padrão utilizada foi determinada com glicose na faixa de concentração de 0 a 100 µL.

### 3.2.3 Açúcares redutores

O teor de açúcares redutores foi determinado pelo método do ácido 3,5 – dinitrosalicílico (3,5-DNS) descrito por Miller (1959). Em um tubo de ensaio contendo 200 µL de amostra previamente diluída, foi adicionado 200 µL de reativo DNS. A mistura foi levada em banho-maria a 100 °C por 15 minutos, sendo em seguida resfriada em banho de gelo até temperatura ambiente. Posteriormente foram adicionados 2mL de água destilada, e, após 15 minutos, lido em espectrofotômetro a 540 nm. A curva padrão foi determinada com concentrações de glicose na faixa de concentração de 0 a 3,0 g/L.

### 3.2.4 Proteínas totais

O teor de proteína total foi determinado pelo método de Kjeldahl. Para tanto, foram pesados 0,3 g de amostra e digeridas em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na

presença de catalisadores ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Posteriormente foram destiladas e tituladas com HCl. O teor de proteína total foi calculado multiplicando o valor de nitrogênio total por 6,25.

### 3.2.5 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado através de um refratômetro óptico manual com escala graduada com °Brix. Para isso, 2 a 3 gotas de amostra foram colocadas no prisma do refratômetro a 25 °C, deixados em repouso por 2 min e, em seguida foi realizado a leitura.

### 3.2.6 pH

A determinação de pH foi realizada em pHmetro de bancada da marca Digimed, modelo DM-23. Os ensaios foram realizadas com leituras direta do pH nas soluções.

## 3.3 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS GOMAS

### 3.3.1. Extração das gomas de sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*

Para extração das gomas, as sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina*, *D. regia*, foram submetidas inicialmente à fervura em água destilada por 30 minutos com objetivo de inativar enzimaticamente os compostos protéicos existentes. Posteriormente, as sementes foram destegumentadas manualmente. Seus endospermas foram solubilizados em  $\text{H}_2\text{O(d)}$  na proporção de 1:10 (m/v) e centrifugados a 3400 rpm ( $1809.1 \times g$ ) por 15 min. O sobrenadante foi precipitado em etanol na proporção de 1:2 (v/v). O material precipitado posteriormente foi transferido a outro recipiente e tratado com acetona P.A. por 24 h. O material foi filtrado, seco sob pressão reduzida, moído e estocado em recipientes de plásticos (Figura 10).

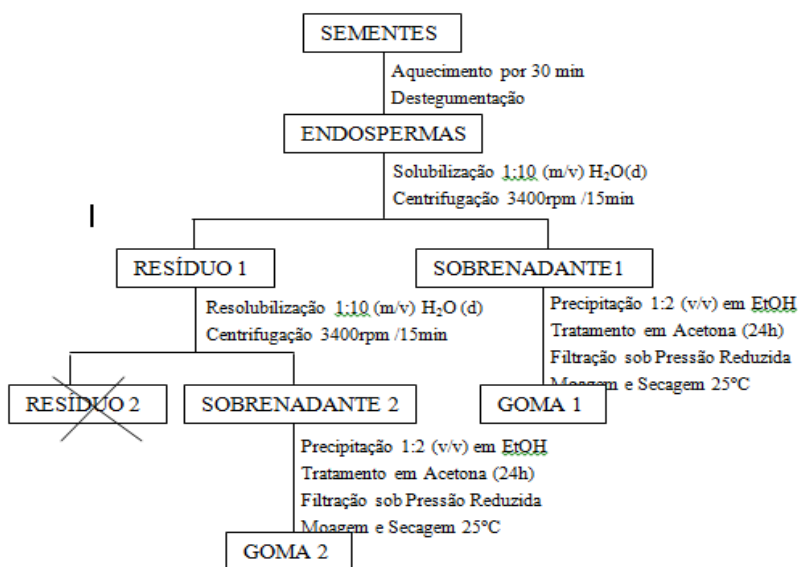
### **3.3.1 Extração de goma das sementes de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril***

Para extração das gomas de sementes de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril*, 55-60 g de sementes foram inicialmente aquecidas por 2 h em água destilada. Após a fervura, as sementes foram destegumentadas e seus cotilédones foram solubilizados em H<sub>2</sub>O(d) sendo, então, centrifugados a 3400 rpm (1809.1×g) por 15 min. O sobrenadante obtido foi precipitado em álcool etílico (etanol 96 °GL) na proporção de 1:2 (m/v). O precipitado foi imerso em acetona P.A. por 24 h para eliminação de água e álcool remanescente. Ao término desse período a goma foi filtrada sob vácuo, seca a 25 °C à pressão reduzida, moída e estocada em recipientes de plásticos (Figura 11)..

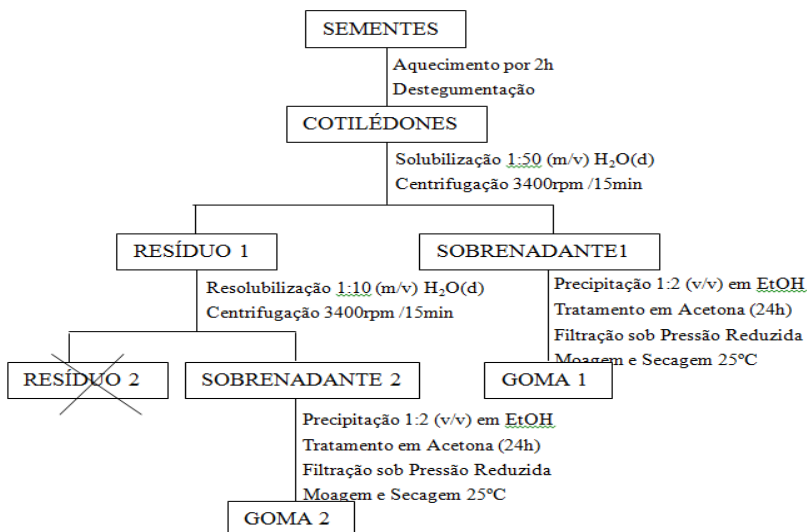
### **3.3.2 Extração residual**

Após cada precipitação, o resíduo das sementes foi resolubilizado para recuperação da maior quantidade possível de polissacarídeo, repetindo as etapas de imersão em acetona e secagem a vácuo até obtenção da goma com aspecto granular. A massa de polissacarídeo obtida foi pesada e registrada para posteriores cálculos de rendimento.

**Figura 11** – Fluxograma resumido de extração das gomas de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*



**Figura 12** – Fluxograma resumido de extração das gomas de *T.indica*, *M. sloanei* e *H.courbaril*



### 3.3.3 Cromatografia Gasosa

As análises para determinação do teor de monossacarídeos foram realizada em um cromatógrafo a gás Shimadzu, modelo GC 2014, equipado com coluna capilar (30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25  $\mu\text{m}$  de espessura do filme). Para isso 20 mg de amostra foram inicialmente hidrolisadas em TFA 2M (Vetec) em tubo hermeticamente fechado a 100 °C por 6 horas, sendo posteriormente eliminado por fluxo de nitrogênio. Em seguida, procedeu-se à derivatização com adição de 0,1 mL de piridina (Vetec) e 0,1 mL de BSTFA (Supelco) por 20 min a 70°C. Por fim, alíquotas de 1  $\mu\text{L}$  de cada amostra e dos padrões de monossacarídeos foram injetadas em triplicata no cromatógrafo. As condições cromatográficas foram: temperatura do detector: 260°C, temperatura do injetor: 250°C e pressão do gás de arraste ( $\text{N}_2$ ): 4  $\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os padrões de monossacarídeos (Sigma Aldrich) utilizados foram: D-manose, D-glucose, L-arabinose, D-galactose, L-fucose, D-xilose,  $\alpha$ -L-ramnose, ácido-D-glucurônico, ácido-N-acetil neuramínico, N-acetil-D-glicosamina e N-acetil-D-galactosamina.

### 3.3.4 Espectroscopia de Infravermelho

As análises foram realizadas em espectrofotômetro de infravermelho, marca Shimadzu Corporation, modelo IR PRESTIGE-21. Os espectros foram obtidos a partir de pastilhas de KBr, resolução 4.0 e 128 scans, com varredura em comprimentos de onda de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

### 3.3.5 Análise termogravimétrica (TGA-DSC)

A análise térmica (TGA-DSC) das amostras foram realizadas em equipamento SDT (TA Instruments) modelo Q600. Os ensaios foram realizados em atmosfera controlada de  $\text{N}_2$  à vazão de 100  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$  na faixa de temperatura de 15 °C a 600 °C, à velocidade de aquecimento de 10  $^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ . A massa de amostra utilizada variou de 17 a 22 mg.

### 3.4 COMPORTAMENTO EM SOLUÇÃO DAS GOMAS

#### 3.4.1 Medidas reológicas

O comportamento reológico das gomas foi avaliado em viscosímetro capilar Cannon-Fenske, marca Schott, acoplado a um banho termostático. As soluções poliméricas diluídas das gomas foram preparadas a concentrações variando de 0,1 a 0,5 % (m/v), de forma que a viscosidade relativa estivesse no intervalo  $1,2 < \eta_{rel} < 2,0$ , uma vez que nestas condições a viscosidade é essencialmente newtoniana (MORRIS, 1984).

As medidas das viscosidades intrínsecas foram realizadas com base no tempo de escoamento do solvente e das soluções poliméricas diluídas em viscosímetro capilar nº 75. As equações de Huggins e Kramer (Equações 1 e 2) foram utilizadas para obtenção das características da biomolécula estudada.

$$\frac{\eta_{esp}}{C} = [\eta] + k_H \cdot [\eta]_H^2 \cdot C \quad (1)$$

$$\frac{\ln(\eta_{rel})}{C} = [\eta]k + k_k \cdot [\eta]_k^2 \cdot C \quad (2)$$

onde  $\eta_{esp}$ ,  $\eta_{rel}$  e  $\eta$  são as viscosidades específica, relativa e intrínseca (dL/g), respectivamente,  $k_H$  e  $k_k$  são os coeficiente de Huggins e de Kramer, respectivamente, e  $C$  é a concentração da solução, dada em g/dL. A concentração crítica de *overlap* foi calculada utilizando a equação 3.

$$C^* = \frac{1}{[\eta]} \quad (3)$$

onde  $C^*$  representa a concentração crítica de overlap e  $[\eta]$  a viscosidade intrínseca, dada em dL/g.

A massa molar média viscosimétrica de galactomananas,  $M_v$ , foi calculada pela equação proposta por Doublier e Launay para goma guar, e, posteriormente, modificada por Gaisford e Colaboradores (1986) (Equação 4)

$$[\eta] = 11,55 x 10^{-6}[(1 - x)Mv]^{0,98} \quad (4)$$

sendo  $x = 1/[(M/G) + 1]$ ,  $[\eta]$  a viscosidade intrínseca dada em dL/g e M/G a razão manose/galactose . Na literatura não foi encontrada nenhum parâmetro que permitisse utilizar a equação acima para determinação da massa molar das galactoxiloglucanas

### 3.4.2 Potencial Zeta

As medidas de potencial zeta foram realizadas no equipamento ZetaSizer modelo ZEN 3600 (Mavern Instrument) em celas capilares (modelo DTS 1060) que acompanham o pacote básico do equipamento ZetaSizer conectado a um titulador automático MPT-2 da Malvern Instrument (MPT-2 multi purpose titrator). As suspensões de gomas 0,1 % (m/v) foram preparadas e mantidas sob agitação mecânica por 15 min no ultraturrax a 11000 rpm durante 1h. Em seguida o pH das soluções foi ajustado.

### 3.4.3 Tensão superficial

A tensão superficial das amostras foi determinada usando tensiômetro marca Raamé-hart, modelo 250, pelo método da gota pendente, descrito por Pichot, Delair e Elaissari (1997). Soluções aquosas de gomas nas concentrações variando de 0,01 a 0,06 g.mL<sup>-1</sup> foram suspensas em tubo capilar. A partir da gota que se forma a partir do capilar, registrada através de uma câmera digital, foram determinadas a tensão superficial em função do tempo pelo ajuste da equação de Young-Laplace (Equação 5):

$$\Delta P = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5)$$

onde R1 e R2 os dois raios principais de curvatura da gota alongada e  $\sigma$  a tensão superficial.



### 3.4.5. Análise estatística

Os resultados foram obtidos em pelo menos, em triplicata, cujas diferenças estatísticas foram avaliadas segundo análise de variância e teste de diferença de médias de Tuckey.



### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A água desempenha um papel importante nas propriedades físicas e funcionais dos polissacarídeos. A maioria dos polissacarídeos apresenta em sua estrutura unidades glicosídicas que, em média, apresentam três grupos hidroxilas. Desse modo, o grupo hidroxila dos polissacarídeos pode formar pontes de hidrogênio com uma ou mais moléculas de água, podendo fortemente aprisionar moléculas de água e rapidamente hidratar-se (KITTUR *et al.*, 2002,). Segundo Whistler e Miller (1997), em geral os polissacarídeos devem apresentar um teor de umidade na faixa de 8 -12 %. O teor de umidade e cinzas das gomas das seis espécies estudadas variaram de 9,7-12,6% e 0,45-2,5%, respectivamente.

**Tabela 3** - Análise físico-química das gomas extraídas de sementes vegetais

Análise Físico-Química	Espécies estudadas				
	<i>GalCp</i>	<i>GalAd</i>	<i>GalDr</i>	<i>XilTi</i>	<i>XilHc</i>
<b>Umidade (%)</b>	12,87±0,15	11,70±0,13	11,11±0,07	12,57±0,08	8,96±0,12
<b>Cinza (%)</b>	0,60±0,11	0,45±0,10	0,88±0,19	2,1±0,03	1,8±0,20
<b>Carboidratos Totais (%)*</b>	42,66±0,01 <sup>a</sup>	29,52±0,01 <sup>b</sup>	39,63±0,05 <sup>a</sup>	82,2±0,04 <sup>c</sup>	89,74±0,04 <sup>c</sup>
<b>Acúcares Redutores (g/L)</b>	0,08±0,002 <sup>a</sup>	0,06±0,001 <sup>b</sup>	0,08±0,001 <sup>a</sup>	0,15±0,002 <sup>d</sup>	0,22±0,005 <sup>e</sup>
<b>Proteínas Totais(%)</b>	0,60±0,001 <sup>a</sup>	0,60±0,00 <sup>a</sup>	0,89±0,010 <sup>a</sup>	7,43±0,16 <sup>b</sup>	6,83±0,22 <sup>c</sup>
<b>Índice de Refração</b>	1,3334	1,3335	1,3335	1,3335	1,3335
<b>°Brix</b>	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>pH</b>	6,02±0,06 <sup>a</sup>	6,69±0,04 <sup>a</sup>	6,98±0,03 <sup>a</sup>	6,58±0,07 <sup>a</sup>	6,71±0,01 <sup>a</sup>
<b>Rendimento (g/100g)</b>	18,22	6,43	7,12	37,4	32,1

Valores dentro da coluna não distribuídos com a mesma letra são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) por teste de separação de Tukey. \* Valores determinados a partir das sementes brutas.

As gomas de *H. courbaril*, *T. indica* e *M. sloanei* foram as gomas que apresentaram maior rendimento (37 - 43,5%). Já para as gomas extraídas da parte endospermicas a *C. pulcherrima* foi a goma que apresentou maior rendimento (18,22 %). As outras duas gomas, *A. pavonina* e *D. regia* apresentaram valores de 6,43 % e 7,12 %, respectivamente. Para galactomananas de goma Locusta, Dakia, Wathelet e Paquot (2007) obteve valores de 6 % e Cunha, Paula e Moreira (2007) entre 11 e 14% para a goma Guar.

Estes resultados condizem com a literatura, pois de acordo com Crisóstomo (2008), de 88 espécies de leguminosas estudadas, apenas 11 espécies apresentaram rendimento de goma maior que 20%, enquanto 17 entre 15-20 % e a maioria (31 espécies) apresentaram um rendimento menor que 10 % da semente.

Quanto ao teor de proteína, as gomas extraídas das sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia* (0,6-0,9 %) apresentaram menor conteúdo de proteína em relação as gomas extraídas de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* (6,3 -7,4), sendo estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey. Estes resultados são similares aos encontrados por Stupp *et al.*(2008) para sementes de *Copaifera landsdorffii*.

Segundo Srivastava e Kapoor (2005), o tegumento da semente contém diversas impurezas com alto teor de proteínas e fibras, o que pode causar contaminação no processo de extração das gomas extraídas de sementes. O resultado da composição físico-química das gomas das seis espécies vegetais estudadas pode ser encontrado na Tabela 3.

## 4.2 Cromatografia gasosa

Entre os métodos modernos de análise, a cromatografia ocupa um lugar de destaque devido à facilidade com que efetua a separação, identificação e quantificação das espécies químicas estudadas. Na Tabela 6 são mostrados os resultados das análises para os polissacarídeos das seis sementes estudadas.

Dos resultados obtidos, a manose (Man) e galactose (Gal) foram os principais monossacarídeos presentes nas gomas extraídas de semente de *C. pulcherrima* (63,4 % e 29,1 %), *A. pavonina* (54,0 % e 41,1 %) e *D. regia* (64,5 % e 27,0 %).

Segundo Rosa *et al.*(2009) a relação entre manose:galactose (M/G) é uma das principais características bioquímicas existentes em polissacarídeos extraídos do endospermas de sementes, cujas variações monoméricas conferem diferentes propriedades físico-químicas à estrutura formada, tais como variação na massa específica, solubilidade e viscosidade destes polissacarídeos em solução.

A razão de M/G obtida para *D. regia* (M/G = 2,39) está de acordo com os valores relatados na literatura 1,48-3,12 (SCIARINI *et al.*, 2009). Souza (2009) encontraram para *Caesalpinia ferrea* uma relação de 2,3:1 (Man:Gal) e Ughini *et al.* (2004), para galactomanana de bracinga, 1,5:1 (Man:Gal). Segundo Buckeridge e Reid (1995), a relação de Man:Gal da maioria das espécies da subfamília Mimosoideae varia de 1,01:1 a 1,5:1. O valor de M/G obtido no presente trabalho para *C. pulcherrima* (2,18) foi levemente mais baixo que o encontrado por Cerqueira *et al.*(2009), que obteve para a mesma espécie, um valor de M/G de 2,88. Segundo os mesmos autores, fatores como o grau de maturação das sementes, local de cultivo, diferenças na extração e purificação desempenham papel determinante nesta relação (M/G) e podem justificar as diferenças dos valores encontrados.

**Tabela 4** - Composição monossacarídica das gomas extraídas de sementes por cromatografia em fase gasosa.

Amostra	Composição monossacarídica de hidrolatos extraídos dos endospermas (%) <sup>c</sup>										M/G <sup>a</sup>
	Man	Gal	Glu	Ram	Fuc	Ara	Xil	Glc			
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	63,4	29,1	7,4	-	-	-	-	-	-	-	2,18
<i>Adenanthera pavonina</i>	54,0	41,1	4,87	-	-	-	-	-	-	-	1,31
<i>Delonix regia</i>	64,5	27,0	8,41	-	-	-	-	-	-	-	2,39
Composição monossacarídica de hidrolatos extraídos dos cotilédones (%) <sup>c</sup>											
<i>Tamarindus indica</i>	-	11,7	60,0	-	-	-	-	-	-	38,2	0,47
<i>Mucuna sloanei</i>	-	44,9	40,7	-	-	-	-	-	-	14,34	0,61
<i>Hymenaea courbaril</i>	-	9,03	57,2	-	-	-	-	-	-	33,0	0,31

Legenda: Man-manose, Gal – galactose, Glu-glicose, Ram-ramnose, Fuc-fucose, Ara-arabinose, Glc- ácido glucurônico. <sup>a</sup>Razão manose:galactose <sup>b</sup> razão xilose/galactose. <sup>c</sup>Percentual em massa (%), m/m) obtida pela integração dos picos.

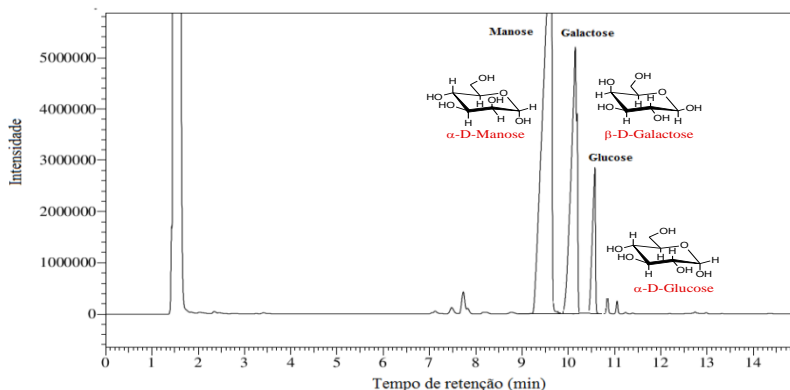
A análise de composição monossacarídica das frações obtidas de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* mostraram a presença de glicose como componente majoritário, seguido de xilose e galactose, confirmando a presença de galactoxiloglucanas.

A galactoxiloglucana de *T. indica* foi a fração que apresentou a maior teor de glicose (60 %) com razão de Glc:Xil:Gal (3,9:2,4:1), em seguida a *M. sloanei*, com 44,9 % de glicose (2,8:1:3,2) e *H. courbaril* com 57,2 % (2,4:0,3:1) de glicose. Proporções semelhantes de Glc:Xil:Gal foram encontrados por diversos autores que variaram de 1,7:1,6:1~3:2:1 (ROSÁRIO *et al.*, (2008), FREITAS *et al.*, 2005).

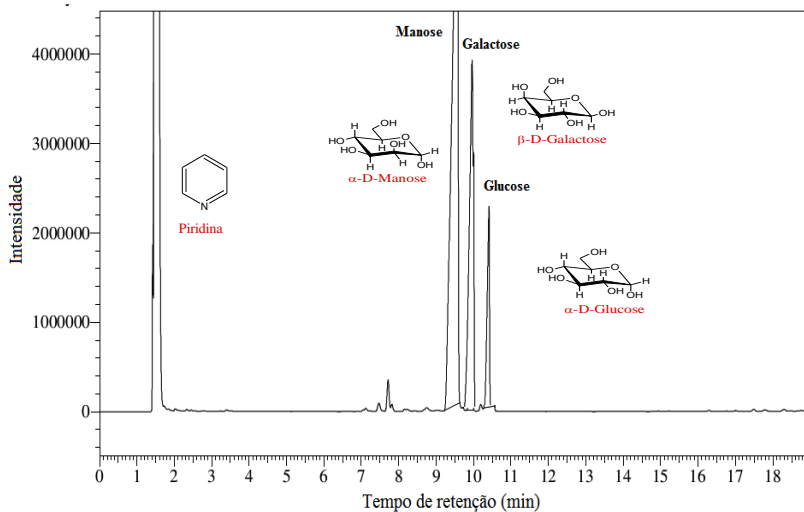
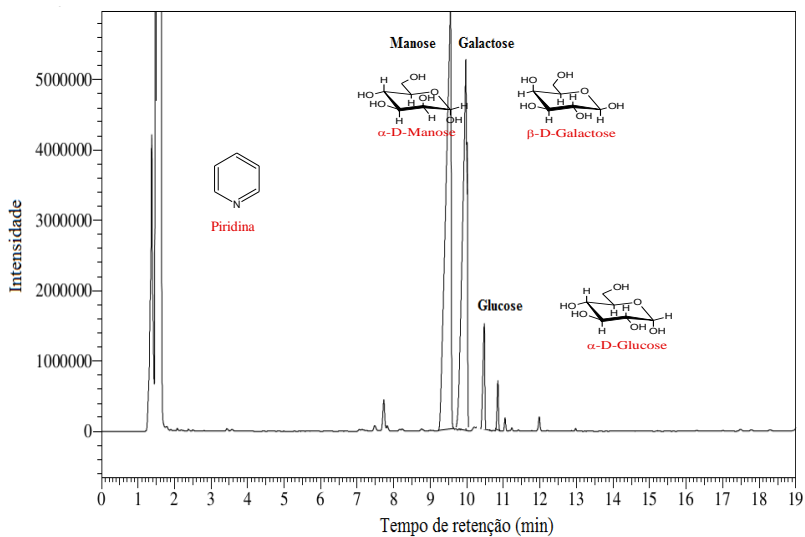
Segundo alguns autores, o conteúdo de glicose representa a cadeia principal da galactoxiloglucanas, podendo apresentar substituições laterais de resíduos de xilose, galactose e, em alguns casos, arabinose ou fucose terminal (ZABOTINA, 2012; OBEL *et al.*, 2009; HSIEH e HARRIS, 2009, PARIKKA *et al.*, 2012).

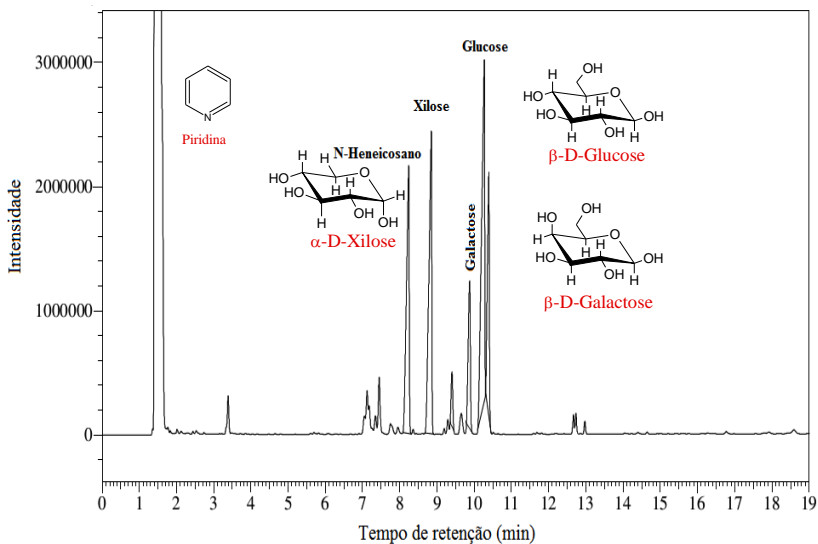
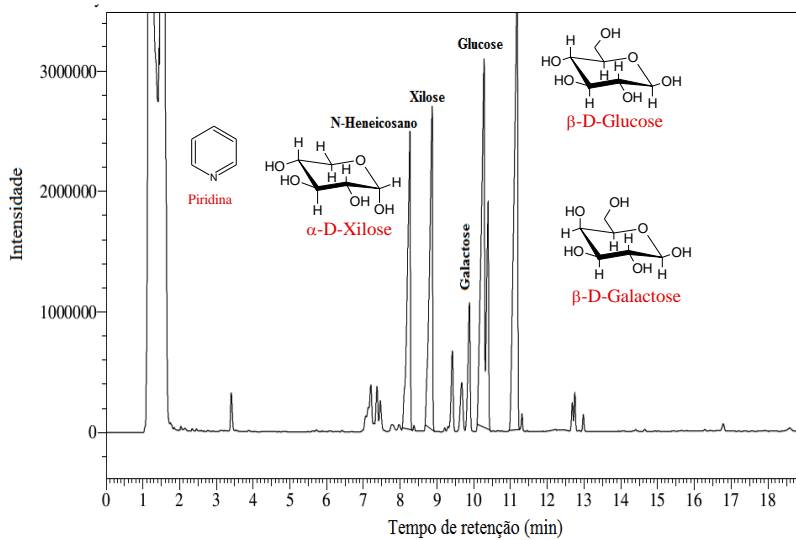
Recentemente foi estudado o efeito do tempo de extração nas propriedades das frações de galactoxiloglucanas obtidas das sementes de *H. courbaril*. Neste estudo foi relatado que, quanto maior o tempo de extração utilizado, maior a contaminação por unidades de arabinose e por proteína. Com a utilização da técnica de espalhamento de luz dinâmico foi possível sugerir que o aumento do tempo de extração pode aumentar também a agregação das galactoxiloglucanas (KAI e PET-KOWICZ, 2010). Nas Figuras 12 a 17 são mostrados os cromatogramas para as gomas das seis espécies.

**Figura 13** – Cromatograma da goma extraída de *C. pulcherrima*

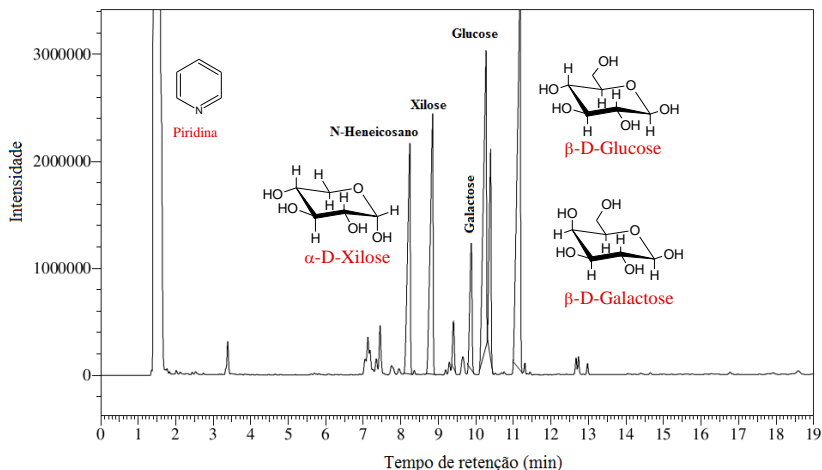




**Figura 14**– Cromatograma da goma extraída de *A. pavonina***Figura 15**– Cromatograma da goma extraída de *Delonix regia*

**Figura 16**– Cromatograma da goma extraída de *Tamarindus indica***Figura 17**– Cromatograma da goma extraída de *H. courbaril*

**Figura 18** - Cromatograma da goma extraída de *M. sloanei*



#### 4.3 - Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier

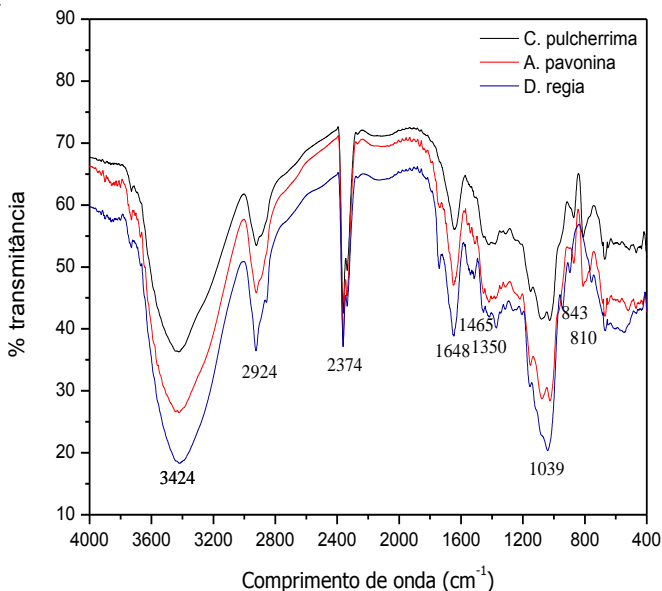
A análise por espectroscopia na região do infravermelho permite observar e classificar algumas bandas relativas a vibrações dos grupos funcionais presentes no composto.

A Figura 18 mostra o espectro na região do infravermelho das gomas de *Caesalpinia pulcherrima*, *Adenanthera pavonina* e *Delonix regia*. Os três espectros podem ser interpretados da mesma maneira, pois as três gomas possuem a mesma composição monossacarídica, sendo já comprovado neste trabalho pelo ensaio de cromatografia gasosa.

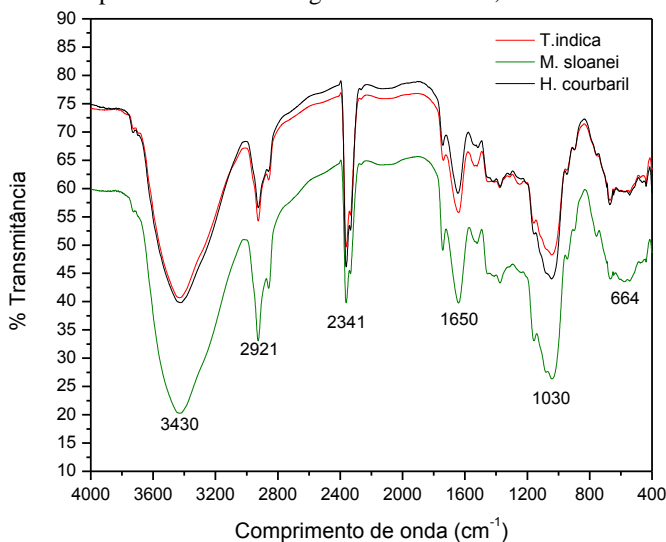
Os espectros de todas as amostras apresentaram uma banda forte e larga entre  $3600$  e  $3400\text{ cm}^{-1}$ , que pode ser atribuída ao resultado de estiramento vibracional do grupo O-H de água e álcoois (YUEN, CHOIN *et al.*, 2009). Também são encontradas duas bandas de intensidade médias na faixa de absorção a  $2934\text{ cm}^{-1}$ , que podem ser atribuídas às vibrações simétricas e assimétricas do grupamento  $\text{CH}_2$  (TAVARES *et al.*, 2011). As bandas presentes entre  $1650\text{ cm}^{-1}$  são causadas por deformação axial da ligação  $\text{C}=\text{C}$ , que sugerem a presença de compostos fenólicos, o que explica o rápido escurecimento do polissacarídeo quando submetido ao processo de secagem (SILVERSTEIN e WEBSTER, 2005). Além disso, a região de  $1350$  a  $1450\text{ cm}^{-1}$  é atribuída a deformações simétricas dos grupos  $\text{CH}_2$  e  $\text{C-OH}$  (WANG e SOMASUNDA-

RAN, 2006). Já a banda em  $1160\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída à ligação do módulo tensão angular vibracional  $\delta(\text{C-O})$  atribuída às vibrações de alongamento do anel piranose (FIGUEIRÓ, *et al.*, 2004; PRASHANTH *et al.*, 2006). A banda em  $1027\text{ cm}^{-1}$  pode ser relacionada à torção vibracional do  $\text{CH}_2$  e a banda em  $1076\text{ cm}^{-1}$  pode ser devida ao estiramento do álcool primário  $-\text{CH}_2\text{OH}$  (WANG e SOMASUNDARAN, 2006). As bandas em  $820\text{ cm}^{-1}$  e  $870\text{ cm}^{-1}$  referem-se ao estiramento das conformações anoméricas dos polissacarídeos, respectivamente,  $\alpha$ -D-galactopirranose, e  $\beta$ -D-manopirranose (CERQUEIRA *et al.*, 2011). Já a banda na região de  $890$  a  $920\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída a deformação C1-OH e a deformação axial (C-OH) do C-4 respectivamente (WANG e SOMASUNDARAN, 2006; FIGUEIRÓ, *et al.*, 2004). Na Tabela 6 são mostrados os grupos funcionais e o comprimento de onda para seis gomas estudadas.

**Figura 19** – Espectro de FT-IR das gomas de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



**Figura 20** – Espectro de FT-IR das gomas de *T.indica*, *M.sloanei* e *H.courbaril*.



Observa-se também que os espectros de FT-IR para as galactoxiloglucanas (Figura 19) são semelhantes aos espectros das galactomananas (Figura 18), diferindo apenas nas bandas em 820  $\text{cm}^{-1}$  a 870  $\text{cm}^{-1}$  que foi referido ao estiramento de unidades de ligações  $\alpha$  e  $\beta$  nas conformações dos polissacarídeos.

**Tabela 5** - Descrição resumida de análise dos polissacarídeos em FT-IR

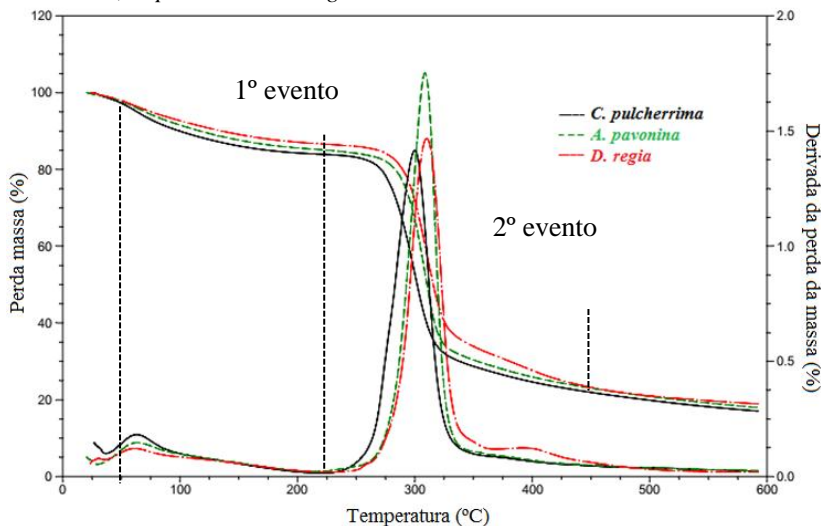
Grupo Funcional	Descrição	Comprimento de Onda ( $\text{cm}^{-1}$ )
O-H	Banda forte e larga de álcool	3600 -3400
C-H	Assimetria de grupamento metila da cadeia polimérica do polissacarídeo	2924 – 2852
C=C	Presença de compostos fenólicos	1650
C=O	Aldeídos alifáticos	1733 – 1631
C=O	Aromáticos relacionadas	1643 – 1646

a proteínas		
<b>C-N</b>	Aminas aromáticas relacionadas a proteínas	1300
<b>C-O</b>	Bandas de alojamento de C-O em polissacarídeos	1260 – 1000
<b><math>\delta</math>(C-O)</b>	Vibrações de alojamento do anel piranose	1160 – 1100
<b><math>\alpha</math> e <math>\beta</math> conformação</b>	$\alpha$ -D-galactopironose $\beta$ -D-manopiranoose	890 – 920

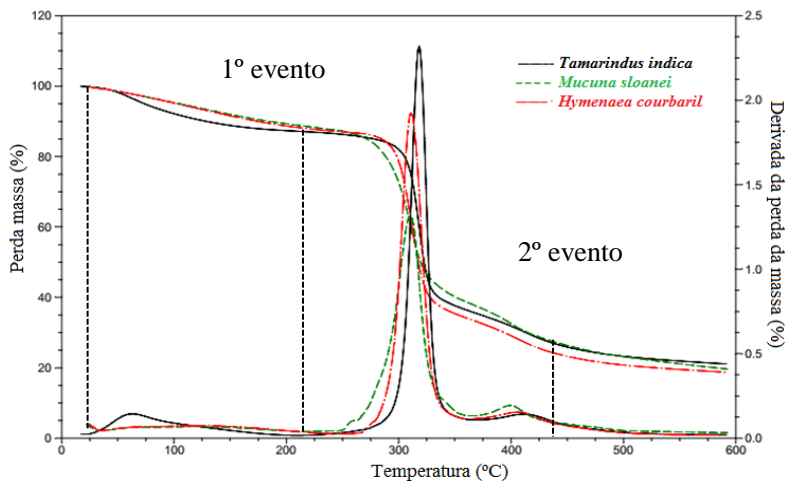
#### 4.1.1 Análise Termogravimétrica

As análises de TGA e DSC foram realizadas com objetivo de compreender o comportamento térmico das gomas estudadas quanto a sua influência monossacarídica e estrutural. As Figuras 20 a 23 mostram as curvas de TGA e DSC das seis espécies estudadas.

**Figura 21** - Curvas da TGA-DTG das gomas extraídas de sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



**Figura 22**– Curvas da TGA-DTG das gomas extraídas de sementes de *T. indica*, *H. courbaril* e *M. sloanei*



Os resultados das Figuras 20 e 21 mostram uma primeira perda de massa para todas as amostras entre 50°C a 150°C, sendo atribuída à evaporação de água residual e estrutural e que está diretamente associada com a natureza hidrofílica dos grupos funcionais de cada polissacarídeo (SUN *et al.*, 2011).

Nesta primeira etapa de decomposição, a *Caesalpinia pulcherrima* apresentou a maior porcentagem de perda de água adsorvida (11,54%) e *H. courbaril* a menor. Segundo Kittur *et al.* (2002), os polissacarídeos no estado sólido podem apresentar estruturas desordenadas que são facilmente hidratadas.

O segundo evento de perda de massa encontra-se na faixa de 285°C a 350°C e está associado à decomposição térmica da cadeia principal do polissacarídeo, resultando em 48,49% a 55,0% de perda de massa para as seis amostras.

Nesta segunda etapa, para Figura 20, foi possível observar maior estabilidade térmica para *D. regia* do que *A. pavonina* e *C. Pulcherri-ma*, respectivamente. Essa diferença de valores pode estar relacionada ao conteúdo de manose presente nessas três espécies vegetais que foram de 64,5%, 63,4% e 54,0%, respectivamente.

Estes valores também têm sido encontrados para outras espécies de galactomananas, que tiveram perda de massa entre 299,7°C e 311,9°C

(VENDRUSCOLO *et al.*, 2009; CERQUEIRA *et al.*, 2011). Também Varma *et al.* (1997) apresentou um valor de DTG próximo a 306°C para a goma de guar.

Já na Figura 21, *Tamarindus indica* foi a espécie vegetal mais estável, apresentaram também o maior conteúdo de glicose (60,0%) em relação às espécies *H. courbaril* (57,2 %) e *M. sloanei* (40,7 %).

Todas as curvas TGA estão de acordo com outros trabalhos sobre galactomananas e galactoxiloglucanas encontrados na literatura (VARMA *et al.*, 1997; VENDRUSCOLO *et al.*, 2009; ZOHURIAAN e SHOKROLAHI, 2004, MISHRA e MALHOTRA, 2012), mostrando dois eventos de perda de massa para todos os polímeros. Na Tabela 6 são mostrados os resultados da TGA para as seis amostras e o percentual de massa perdido em cada evento.

Observa-se também que para todas as curvas TG apresentadas nos gráficos, a decomposição das amostras até 600°C foi incompleta. Decomposição adicional do material é passível de ocorrer a temperaturas maiores. Na Tabela 6 são mostrados os valores em porcentagem de perda de massa e a faixa de temperatura para cada transição térmica.

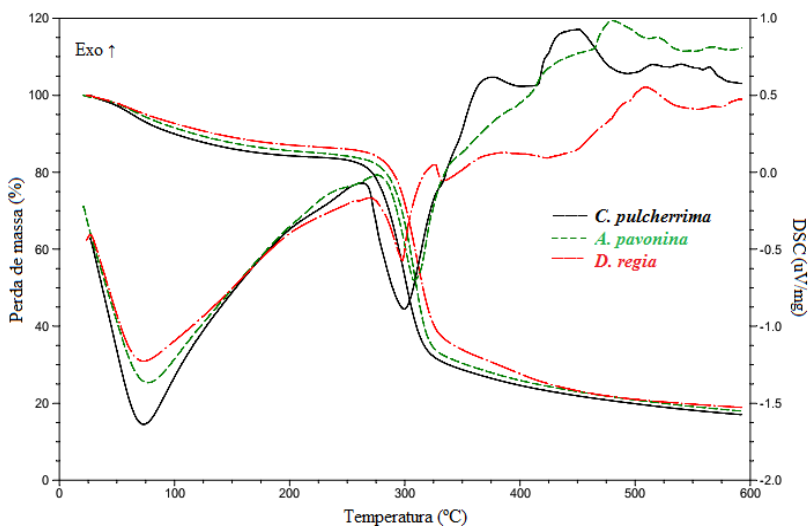
**Tabela 6** - Perda de massa das amostras em função da temperatura.

<i>Amostra</i>	<i>Faixa de T (°C)</i>	<i>Perda de massa (%)</i>
<i>C. pulcherrima</i>	70 – 260	11,54
	260 – 450	55,0
<i>A. Pavonina</i>	70 – 275	10,12
	275 – 450	53,77
<i>D. regia</i>	70 – 285	9,89
	285 – 450	53,77
<i>T. indica</i>	65 – 325	11,02
	325 – 425	49,82
<i>H. courbaril</i>	65 – 312	6,80
	312 – 416	52,53
<i>M. sloanei</i>	65 – 325	6,56
	325 – 400	48,49

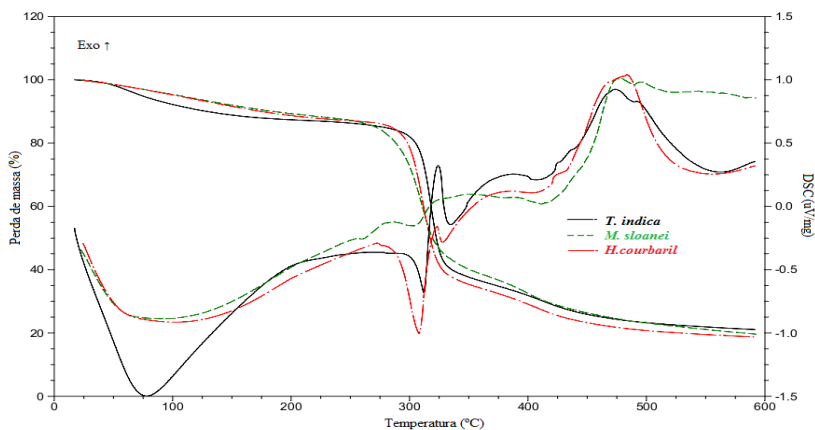


Quanto aos resultados de DSC mostrados nas Figuras 22 e 23 pode-se observar o primeiro evento endotérmico a 75 e 150 °C, que pode ser atribuído a evaporação da água, em concordância com o resultado obtido pela análise termogravimétrica.

**Figura 23** – Curvas de TGA -DSC das gomas extraídas de sementes de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D.regia*



**Figura 24** – Curvas de TGA -DSC das gomas extraídas de sementes de *T. indica*, *H. courbaril* e *M. sloanei*



No segundo evento térmico algumas diferenças podem ser observadas entre os termogramas de DSC (Fig. 22 e 23) para cada amostra. Ele está relacionado com a decomposição do polímero, que apresenta um pico endotérmico para a *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia* e dois picos endotérmicos para as amostras de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* entre 285°C e 350°C (Tabela 3). Essas diferenças têm uma relação direta com os valores de viscosidade intrínseca e conteúdo de manose: galactose e glucose nas estruturas das amostras (RIANDE *et al.*, 2000; SPERLING, 2006).

Segundo Na e Lee (1997) o aumento do teor de manose, monossacarídeo da cadeia principal das galactomananas na amostra, indica uma ramificação menor e maior energia de ligação entre as cadeias de monossacarídeos. Resultados semelhantes foram relatados por Chaires-Martínez, Salazar-Montoya e Ramos-Ramírez (2008), que compararam os conteúdos de manose e galactose para a goma de guar e alfarroba.

A decomposição térmica de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* ocorrem em temperaturas semelhantes à obtidas para a hemiceluloses (SHEN, GU e BRINDGWATER, 2010), onde são observados dois picos de temperatura próximos, os quais são relacionados à degradação das unidades laterais e da cadeia principal de xilana.

A temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) é um parâmetro associado com a mobilidade do sistema, e é definido como uma alteração física de um estado vítreo a um estado elástico em materiais amorfos promovido por calor ou pela adição de um plastificante (ROOS e KAREL, 1991). A  $T_g$  em polímeros pode ser explicada por um grande número de razões como o peso molecular, a cristalinidade e a ligação intermolecular (SPERLING, 2006). Neste trabalho não foi possível observar a  $T_g$  para os polissacarídeos estudados.

## 4.2 COMPORTAMENTO DAS GOMAS EM SOLUÇÃO

### 4.2.1 Medidas Reológicas

A viscosidade intrínseca ( $[\eta]$ ) é um parâmetro fundamental para a interpretação do comportamento reológico de polímeros.

Esta propriedade permite avaliar o perfil de uma molécula isolada em um determinado solvente e relaciona-se com o volume hidrodinâmi-

co ocupado por ela, que por sua vez é dependente essencialmente da massa molecular, conformação da macromolécula e da “qualidade” do solvente onde se encontra. O conhecimento e a compreensão das propriedades específicas da macromolécula são essenciais para definir sua aplicação industrial.

**Tabela 7** - Parâmetros reológicos de gomas extraídas de sementes

Espécies	$[\eta]$ (dL/g)	$k_H$	$M_v$ (g/mol)	$C_{crit}$ (g/L)
<i>C.pulcherrima</i>	9,20±0,220 <sup>a</sup>	1,20±0,110 <sup>a</sup>	1,60 x 10 <sup>6</sup>	1,08±0,002 <sup>a</sup>
<i>A. pavonina</i>	6,58±0,029 <sup>b</sup>	1,87±0,040 <sup>b</sup>	1,30 x 10 <sup>6</sup>	1,52±0,002 <sup>b</sup>
<i>D. regia</i>	8,11±0,045 <sup>c</sup>	1,70±0,020 <sup>bd</sup>	1,31 x 10 <sup>6</sup>	1,23±0,002 <sup>c</sup>
<i>T. indica</i>	5,32±0,070 <sup>d</sup>	1,55±0,100 <sup>bc</sup>	-	1,87±0,002 <sup>d</sup>
<i>M.sloanei</i>	7,28±0,110 <sup>e</sup>	1,08±0,080 <sup>af</sup>	-	1,37±0,002 <sup>e</sup>
<i>H. courbaril</i>	6,74±0,076 <sup>f</sup>	1,14±0,080 <sup>ae</sup>	-	1,48±0,002 <sup>f</sup>

Valores dentro da coluna não distribuídos com a mesma letra são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) por teste de separação de Tukey.

Na Tabela 7 são mostrados os parâmetros reológicos de Huggins, viscosidade intrínseca  $[\eta]$ , constante de Huggins ( $k_H$ ), massa molar média viscosimétrica ( $M_v$ ) e concentração crítica de overlap ( $C_{crit}$ ) para as seis gomas vegetais. Os valores de  $[\eta]$ , determinados através da extrapolação de Huggins, está de acordo com valores encontrados na literatura (4,3 a 11,77dL/g) segundo diversos autores para diferentes gomas (POLLARD *et al.*, 2008; CERQUEIRA *et al.*, 2009; NWOKOCHA, *et al.*, 2009).

Dentre as seis espécies vegetais a *C. pulcherrima* (9,20±0,220) apresentou maior viscosidade, seguida respectivamente de *D. regia* (8,11±0,045), *M. sloanei* (7,28±0,110), *H. Courbaril* (6,74±0,076), *A. pavonina* (6,58±0,029) e *Tamarindus indica* (5,32±0,070). Esta diferença pode estar relacionada ao conteúdo de galactose nas seis amostras, onde a diminuição do conteúdo de galactose implica na diminuição das cadeias laterais dos polímeros, aumentando a hidrofobização e diminuição da ramificação. Segundo Wang e Cui (2005) cadeias mais lineares implicam em valores maiores de viscosidade intrínseca devido a diminuição de interação entre as cadeias poliméricas e o solvente utilizado.

Bento (2008) observou, através de extrações sequenciais, que a relação de M/G de galactomananas de caesalpinoideas se alteravam de valores menores (galactomananas mais substituídas) para maiores (galactomananas menos substituídas) variando de 3,01:1 até 10:1, sendo que, quanto maior a relação man:gal, menor a solubilidade destes polissacarídeos. As Figuras 24 a 27 mostram os gráficos das regressões lineares correspondentes a Huggins e Kraemer para os seis tipos de gomas, sendo observadas convergências satisfatórias para as duas retas.

A constante de Huggins ( $k_H$ ) é considerada como um índice que avalia a qualidade das interações polímero-solvente, sendo diretamente influenciada pela concentração que a partir de um valor crítico promove a aglomeração entre as macromoléculas.

Os valores de  $k_H$  encontrados neste trabalho foram 1,08-1,87 para todas as gomas. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Cerqueira *et al.* (2010) para galactomananas de sementes de *G. triacanthos*, *S. japônica*. Segundo os mesmos autores, a constante de Huggins acima de 0,8 para polímeros naturais está relacionada a um comportamento específico de agregação dessas macromoléculas. As massas molares viscosimétricas médias para gomas de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* *Delonix regia* foram  $1,6 \times 10^6$ ,  $1,30 \times 10^6$  e  $1,31 \times 10^6$  g mol<sup>-1</sup>, confirmando características comuns às galactomananas, que possuem altas massas molares.

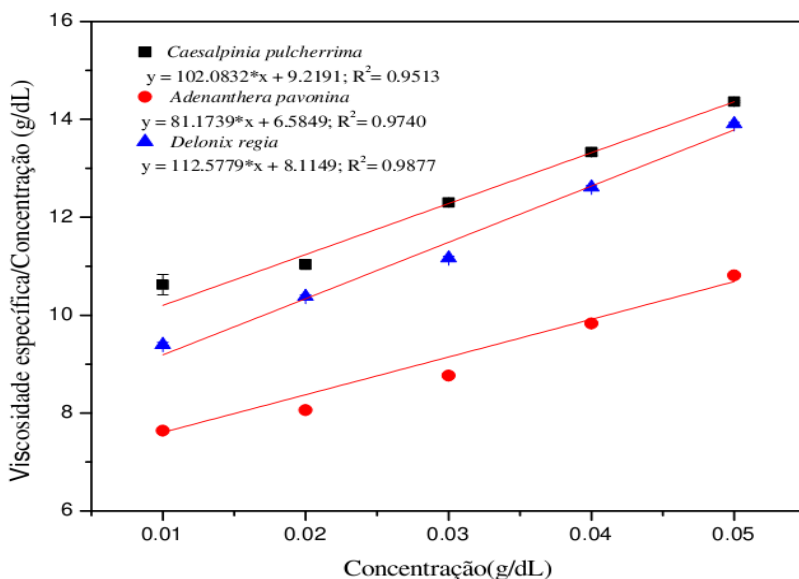
Valores de massa molar de algumas gomas extraídas de sementes de leguminosas foram obtidos na faixa de  $7,00 \times 10^5$  a  $3,05 \times 10^6$  g mol<sup>-1</sup> (BEER, WOOD, e WEISZ 1999; AZERO e ANDRADE, 2002; CUNHA, PAULA e FEITOSA, 2007) sendo a variação resultante da fonte da qual é proveniente (espécie), maturação da semente e do processo de extração do polissacarídeo.

Segundo Sittikijyothin, Torres e Gonçalves (2005), a massa molar e a razão M/G são propriedades diretamente ligadas a aspectos em solução e influem no valor da viscosidade que o polissacarídeo apresenta em solução.

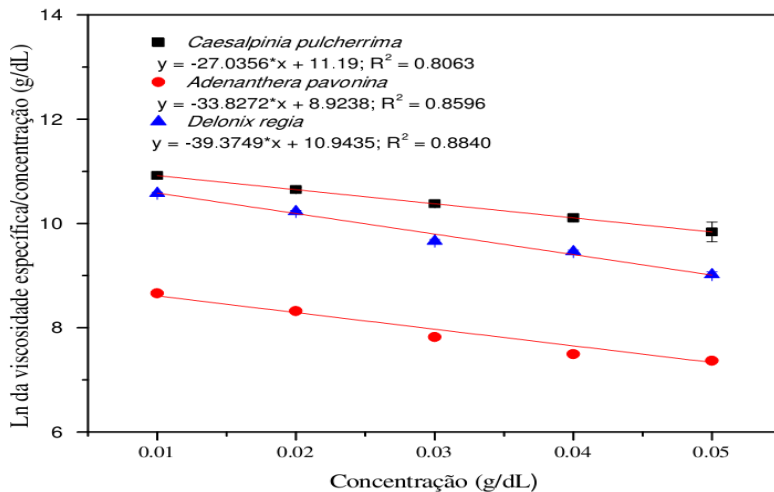
De acordo com Launay *et al.* (1997), existem três regimes dinâmicos de concentração para soluções poliméricas: diluto (baixa interação entre as moléculas), semi-diluto (transição em uma concentração intermediária, onde as moléculas começam a interagir, sendo chamada concentração crítica de overlap –  $C^*$ ) e concentrado (onde ocorre a interpenetração dos novelos poliméricos).

Para vários polímeros, inclusive os polissacarídeos que em solução apresentam conformações desordenadas, em regime diluído a viscosidade é determinada por moléculas isoladas, e é caracterizada pela variação da viscosidade em função de  $C*[\eta]$  com inclinações na faixa de 1,2 a 1,4. Para regime concentrado, as cadeias macromoleculares encontram-se entrelaçadas, e ocorre um aumento da inclinação em média de 2,5 para 3,4. Os valores da concentração crítica para as seis gomas vegetais variaram de 1,08-1,87. Na literatura os valores das concentrações críticas de overlap variam muito entre os biopolímeros. Morris *et al.* (1981) observaram os valores de 0,22 g/L para goma guar, 1 g/L para o alginato e 8 g/L para a dextrana

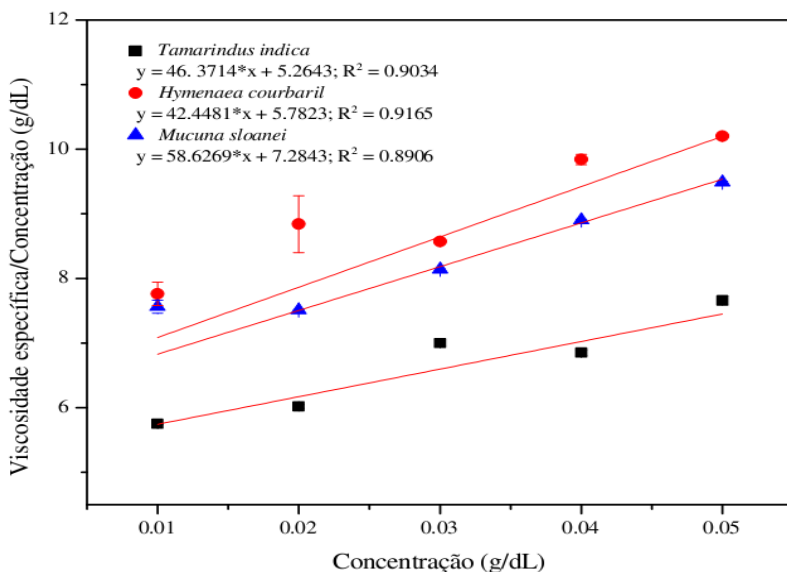
**Figura 25** – Gráfico de Huggins para as gomas extraídas de sementes *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



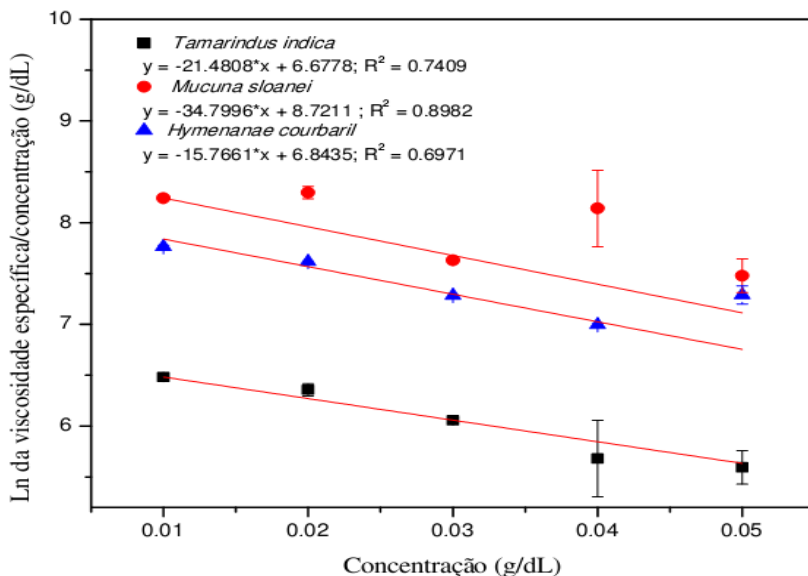
**Figura 26** – Gráfico de Kraemer para as gomas extraídas de sementes *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



**Figura 27**– Gráfico de Huggins para as gomas extraídas de sementes *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril*.



**Figura 28** – Gráfico de Kraemer para as gomas extraídas de sementes *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril*.



#### 4.2.2 Potencial Zeta

O potencial zeta ( $Z_p$ ) é uma medida do potencial eletrodinâmico que circundam os materiais macroscópicos ou particulados em suspensão (DALVIN, 2011). Segundo a teoria da DLVO, desenvolvida pelos cientistas Derjaguin, Landau, Verwey e Overbreek, a estabilidade desses sistemas é governada pelo somatório das forças atrativas e repulsivas da dupla camada elétrica existente em torno de uma partícula, sendo diretamente influenciada pela presença de íons que estão fortemente presos ou livres à sua camada circundante (DERJAGUIN e LANDAU, 1941; VERWEY; e OVERBREEK, 1948). Sabendo que a maioria dos materiais macroscópicos ou particulados em suspensão apresenta uma carga superficial, a teoria DLVO sugere que o potencial zeta corresponde potencial elétrico nesse campo hidrodinâmico (SHAW, 1992).

No caso da utilização de moléculas de elevada massa molar, o potencial zeta é um indicativo para avaliar a estabilização de suspensões pelo processo de estabilização estérica. Portanto, a medida do potencial zeta é, com frequência, utilizada como chave para se compreender os

processos de dispersão e agregação (floculação) em diversas aplicações tais como: purificação de água, moldes cerâmicos ou formulação de tintas e cosméticos (DALVIN, 2011).

Na Tabela 8 são mostrados os valores de potencial zeta para os diferentes valores pHs.



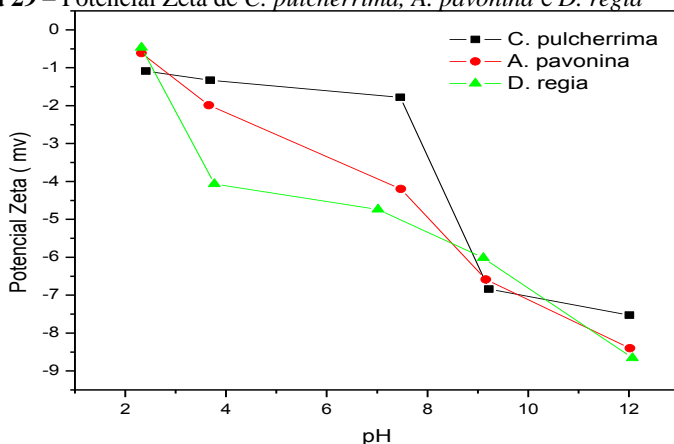
Tabela 8 - Potencial zeta

Amostras									
<i>C. pulcherrima</i>			<i>A. pavonina</i>			<i>D. regia</i>			
pH	Zp (mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)
<b>2.41</b>	-1.09±3,33	<b>2.32</b>	-0.617±4,07	<b>2.32</b>	-0.47±4,93	<b>2.32</b>	-0.47±4,93	<b>2.32</b>	-0.47±4,93
<b>3.69</b>	-1.33±3,94	<b>3.66</b>	-1.99±5,63	<b>3.66</b>	-4.07±4,44	<b>3.77</b>	-4.07±4,44	<b>3.77</b>	-4.07±4,44
<b>7.46</b>	-1.78±3,28	<b>7.47</b>	-4.2±4,83	<b>7.47</b>	-4.74±3,78	<b>7.02</b>	-4.74±3,78	<b>7.02</b>	-4.74±3,78
<b>9.22</b>	-6.84±3,35	<b>9.16</b>	-6.59±4,62	<b>9.16</b>	-6.02±4,52	<b>9.11</b>	-6.02±4,52	<b>9.11</b>	-6.02±4,52
<i>T. indica</i>									
<i>M. sloanei</i>			<i>H. courbaril</i>						
pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)	pH	Zp(mV)
<b>2.29</b>	-0.8±2,97	2.27	-0.7±3,24	<b>2.34</b>	-0.3±2,31	<b>2.34</b>	-0.3±2,31	<b>2.34</b>	-0.3±2,31
<b>4.14</b>	-1.3±4,24	3.17	-2.4±4,81	<b>3.67</b>	-0.8±3,55	<b>3.67</b>	-0.8±3,55	<b>3.67</b>	-0.8±3,55
<b>7.65</b>	-2.4±3,41	7.51	-3.4±2,12	<b>7.02</b>	-1.5±5,3	<b>7.02</b>	-1.5±5,3	<b>7.02</b>	-1.5±5,3
<b>9.26</b>	-2.7±1,33	9.43	-4.6±6,01	<b>9.11</b>	-2±4,23	<b>9.11</b>	-2±4,23	<b>9.11</b>	-2±4,23
<b>12.05</b>	-10.6±3,45	12.0	-10.7±4,81	<b>12.11</b>	-11±1,45	<b>12.11</b>	-11±1,45	<b>12.11</b>	-11±1,45

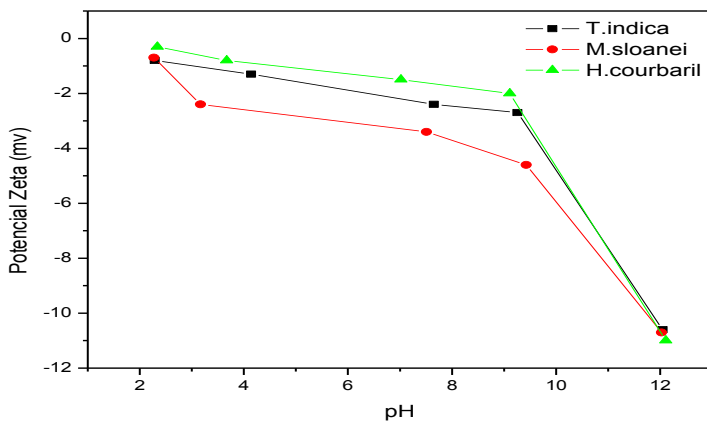
Legenda: Zp-Potencial Zeta

Segundo os resultados da Tabela 8, para todos os polissacarídeos foram observados valores negativos de  $Z_p$  entre -1 a -12mV. Esse valor de  $Z_p$  para todas as amostras pode ser explicado pela natureza neutra desses polissacarídeos. Segundo alguns autores, estabilização de sistemas aquosos se dá quando o  $Z_p$  é maior do que 30 mV, ou menor que -30 mV, pois nestes valores as cargas superficiais do material estudado tendem a se repelir favorecendo a estabilização coloidal. Por outro lado, quando esses valores estão no intervalo de +30 e -30 mV, se aproximando de 0 mV, não existem cargas suficientes, logo a instabilização coloidal é inevitável (WONGSAGONSUP *et al.*, 2005; CARNEIRO-DA-CUNHA *et al.*, 2011).

**Figura 29** – Potencial Zeta de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*



**Figura 30** – Tensão superficial de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



### 4.2.3 Tensão Superficial

A tensão superficial de um líquido pode ser definida como a energia livre superficial necessária para manter um maior número de moléculas em sua vizinhança por unidade de área. Esta técnica é amplamente usada para determinar a Concentração Micelar Crítica (CMC) e o comportamento das moléculas de tensoativos e emulsificantes atuando na interface ar-líquido.

As substâncias que, em geral, apresentam habilidade para alterar as propriedades superficiais de um dado líquido, a uma temperatura constante, são denominadas tensoativos. A busca de materiais que possam substituir os tensoativos sintéticos por materiais biodegradáveis tem aumentado muito nos últimos anos (MUNÔZ *et al.*, 2007).

Pode-se encontrar diversos tensoativos ou surfactantes biodegradáveis, frequentemente aplicadas na indústria de alimentos, farmacêutica, de cosméticos e de limpeza. Na indústria de alimentos a medida da tensão superficial é utilizada para determinar agentes espessantes e estabilizantes (HUANG, KAKUDA e CU, 2001). Na Tabela 9 são mostrados os valores da tensão superficial para as seis gomas de sementes.

De acordo com os resultados experimentais foi observado que, à temperatura de 25 °C, o aumento da concentração para todos os polissacarídeos leva um decréscimo da tensão superficial da água (72 mN/m).

A literatura informa que a goma guar tem sido um dos principais estabilizantes e espessantes na indústria de alimentos, tendo a habilidade de reduzir a tensão superficial da água para 60 mN/m a concentrações de até 0,5 % (m/v) (MOREIRA *et al.* 2012). Neste trabalho foram encontrados valores menores de tensão superficial para as seis gomas estudadas, o que sugere que as mesmas podem servir industrialmente como substituinte para goma guar.

É importante ressaltar que a goma guar é um tipo de galactomana extraída de sementes, cuja composição monossacarídica é constituída predominantemente de manose e galactose na proporção de 2:1 (M/G). Razão similar foi encontrada neste trabalho por cromatografia gasosa para espécies de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia* estudadas.

Tabela 9 - Tensão Superficial das seis gomas estudadas

Concentração (g/mL)	Tensão Superficial (mN/m)					
	<i>C. pulcherri- ma</i>	<i>D. regia</i>	<i>A. pavoni- na</i>	<i>T. indica</i>	<i>M. sloanei</i>	<i>H. courbaril</i>
<b>0,1</b>	69,93 ±0,14	68,50±0,03	70,69±0,04	70,69±0,04	68,06±0,08	71,91±0,11
<b>0,2</b>	68,76 ±0,06	69,19±0,08	66,53±0,05	67,53±0,05	65,99±0,03	65,75±0,01
<b>0,3</b>	64,90±0,08	61,18±0,01	60,21±0,13	64,21±0,13	67,43±0,10	61,43±0,07
<b>0,4</b>	53,80±0,03	58,67±0,11	51,87±0,06	56,87±0,06	52,12±0,05	58,09±0,03
<b>0,5</b>	44,57±0,47	47,50±0,03	43,55±0,07	51,55±0,07	56,32±0,11	53,77±0,14
<b>0,6</b>	46,33±0,21	35,34±0,02	35,81±0,14	46,81±0,04	51,10±0,07	45,23±0,01
<b>0,7</b>	-	-	-	36,40±0,03	50,40±0,09	46,62±0,02

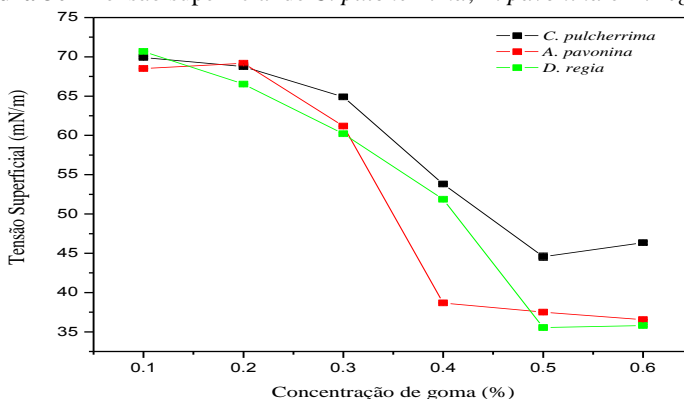
Comparando os resultados da tensão superficial com a goma xantana, que é outro polímero natural, cuja a cadeia principal é constituída de glicose, observa-se que, em termos de concentração, é necessário uma maior concentração para gomas extraídas das sementes de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril* para reduzir a tensão superficial.

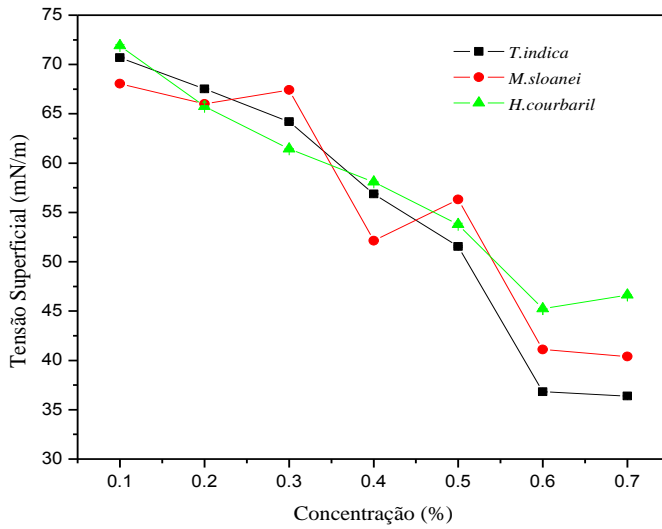
Entretanto, quando se compara os valores de tensão superficial para outras gomas, tais como, goma arábica, goma guar, locusta, encontram-se, na presente pesquisa, valores similares de tensão superficial. Muñoz *et al* (2007) obtiveram valores de tensão superficial de 42,9 mN/m para uma goma extraída de sementes de *Acacia tortuosa* na concentração de 0,5% (m/v) a 25 °C. Huang, Kakuda, e Cu (2001) observaram valores de tensão superficial próximo de 46,9 mN/m nesta mesma concentração (0,5 %) para a goma arábica. Valores de 65-45mN/m foram encontradas para outras gomas utilizadas em alimentos (GARTI, SLAVIN e ASERIN, 1998).

O conhecimento da concentração micelar de um emulsificante ou tensoativo é de grande importância em termos de aplicações potenciais. Para os sistemas de liberação de drogas, um tensoativo com uma baixa CMC iria manter a estabilidade da cápsula por um tempo mais longo. Para outras aplicações, tais como extração de proteínas, uma alta tensão superficial é desejada para assegurar a desnaturação da proteína após a extração.

Pode-se dizer que a concentração micelar crítica (CMC) ficou em torno de 0,5-0,6 g.mL para todas as gomas, sendo que *T. Indica*, *M. Sloanei* e *H. Courbaril* tendem ao limite inferior, e as demais ao limite superior. As Figuras 30 e 31 mostram a curva de tensão superficial das gomas extraídas destas sementes a 25 °C.

**Figura 30** - Tensão superficial de *C. pulcherrima*, *A. pavonina* e *D. regia*.



**Figura 31** - Tensão superficial de *T. indica*, *M. sloanei* e *H. courbaril*.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que a extração foi um método viável para obtenção dos polissacarídeos. Os rendimentos indicam que essas fontes podem ser exploradas para obtenção em uma escala maior, mostrando ainda teores de proteínas e cinzas semelhantes, comparadas com diversas outras fontes de gomas já comercializadas.

Através da análise em cromatografia gasosa foi possível determinar a composição monossacarídica e identificar os polissacarídeos como galactomanana e galactoxiloglucana.

As análises termogravimétricas das seis espécies trabalhadas revelaram uma boa estabilidade térmica, uma dependência na estrutura das macromoléculas, bem como na composição monossacarídica de cada galactomanana e galactoxiloglucana trabalhada.

Os resultados de GC foram confirmados pelos ensaios de FTIR, os quais apresentaram bandas características entre  $820\text{ cm}^{-1}$  e  $870\text{ cm}^{-1}$  referente ao estiramento das unidades de ligações conformações anoméricas, manopiranoise e galactopiranoise.

Quanto ao comportamento reológico, as galactomananas apresentaram maior viscosidade intrínseca do que as galactoxiloglucanas, sugerindo que as mesmas possuem uma cadeia mais linear do que as galactoxiloglucanas, confirmadas por GC, onde as galactoxiloglucanas, além de possuir resíduo de xilose também galactose, diferentes das galactomananas onde a cadeia polimérica linear é apenas de manose com ramificações de galactose.

Para os ensaios de potencial zeta foram encontrados, para todas as espécies valores negativos de  $Z_p$ , confirmando o caráter neutro dos polissacarídeos estudados.

Na análise de tensão superficial foram observados que tanto as galactomananas como as galactoxiloglucanas, tiveram habilidades de diminuir a tensão superficial da água a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Comparando os resultados da tensão superficial com as gomas comerciais, por exemplo, a goma guar (GC) obtivemos neste trabalho resultados menores, o que sugere que tais galactomananas podem ser utilizadas como substituinte da goma guar como agentes espessantes e estabilizantes em diversos sistemas aquosos.





## **SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS**

Por fim, os resultados obtidos neste trabalho poderão ser direcionados, em estudos futuros, utilizando esses polissacarídeos em diferentes aplicações, como em sistemas para liberação controlada ou prolongada, como agentes encapsulantes, componentes em formulações de sistemas que necessitam espessantes ou como agente formador de gel em sistemas de interação com outros polissacarídeos, na geração de biofilmes para deposição e avaliação de interação com vírus. Tais aplicações têm como objetivo aumentar o interesse na exploração dessa matéria-prima de origem biológica em processos industriais e biotecnológicos, como o que hoje é efetuado com as gomas comerciais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AKPATA, A. O; MIACHI, E. U. Chemical Composition and Selected Functional Properties of Sweet Orange and Legumes Flowers. **Plant Foods Human Nutrition**, 54: 353-362, 2011.

AMIN, K. M. Y.; KHAN, M. N.; REHMAN, Z. S. Sexual function improving effect of *Mucuna pruriens* in sexually normal rats. **Journal Study Medicinal Plants Fitoterapia**, 67: 53-58, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. Washington, D. C. p. 1094, 1975.

AZERO, E. G.; ANDRADE, C. T. Testing procedures for galactomanan purification. **Polymer Testing**, v.21, p.551-556, 2002.

BAILEY, L. H. **Manual of Cultivated Plants**. New York, 1954.

BANERJEE, C., GHOSH, S., SEN, G., MISHRA, S., SHUKLA, P., & BANDOPADHYAY, R. Study of algal biomass harvesting using cationic guar gum from the natural plant source as flocculant. **Carbohydrate Polymer**, v. 92, n. 1, p. 675-81, 2013.

BAUER, W. D.; TALMADGE, K. W.; KEEGSTRA, K.; ALBERSHEIM, P. The structure of plant cell walls. II. The hemicellulose of the walls of suspension-cultured sycamore cells. **Plant Physiology**, v. 51, p.174-187, 1973.

BECK, A. W.; HOLLOWAY, S. E.; GANTER, J. L. M. S.; EBERHART, R. C.; NELSON, K. D.; FLEMING, J. B.; **Journal Surgical Res**, 121, 330, 2004.

BEER, M.U.; WOOD, P.J.; WEISZ, J. A simple and rapid method for evaluation of Mark-Houwink-Sakurada constants of linear random coil polysaccharides using molecular weight and intrinsic viscosity deter-

mined by high performance size exclusion chromatography: application to guar galactomannan. **Carbohydrate Polymers**, v. 19, p. 377-380, 1999.

BENTO, J. F., MAZZARO, I., DE ALMEIDA SILVA, L. M., DE AZEVEDO MOREIRA, R., FERREIRA, M. L., REICHER, F., & DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L. Diverse patterns of cell wall mannan/galactomannan occurrence in seeds of the Leguminosae. **Carbohydrate Polymer**, v. 92, n. 1, p. 192-9, 2013.

BEWLEY, J. D., BLACK, M. **SEEDS: Physiology of Development and Germination**. 2nd ed. New York, Plenum Press, p. 445, 1994.

BEZERRA, G. P.; TEIXEIRA-SÁ, D. M. A.; SOARES, D. L.; MOREIRA, R. A.; A comparative study of jacalin-galactomannans binding by affinity chromatography. **XXXV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica**, Águas de Lindóia, Brasil, 2006.

BHATIA VK, GUPTA SR, SESHADRI TR. C-glycosides of Tamarind leaves. **Phytochemistry** 5:77-181, 1996.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Livraria Varela, p. 223, 2003.

BOESEWINKEL, F. D.; BOUMAN, F. The seed: Structure and function. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, p. 1-24, 1995.

BOESEWINKEL, F. D.; BOUMAN, F. The seed: Structure and function. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, p. 1-24, 1995.

BRAGA, C. R. **Isolamento e caracterização de uma Lectina e de um inibidor de proteases em sementes de *Caesalpinia pucherrima* Linn.** Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, Tese de Doutorado, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

BRAGA, R. C., TEIXEIRA-SA., D. M. A., RIBEIRO, A. F., MIRANDA, R. L., ALMEIDA, L. M., HORTA, A. C., MOREIRA, R. A. Evaluation of *Caesalpinia pulcherrima* Endospermic Gum as Affinity Matrices for Galactose-Binding Lectins Interaction. **Brazilian Archives of Biology And Technology**, 2011.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Edição comemorativa do II Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais. Mossoró 18 a 24 de julho de 1976.

BUCHALA, A. J.; GENOUD, T.; ROULIN, S.; SUMMMERMATTER, K. Xyloglucans in different types of cotton (*Gossypium* sp.) cells. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 42, n. 2, p. 213-219, 1993.

BUCKERIDGE, M. S.; REID, J. S. G. Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: Structure, catabolism and biological functions. **Ciência e Cultura Journal of the Association for the Advancement of Science**, **48** (3), 153-162, 1995.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, **38** (1/2), 141-156, 2000.

BUMBU, G.-G. V., C., CHITANU, G. C., CARPOV, A. On the compatibility of polysaccharides/maleic copolymer blends I. Thermal behaviour of dextran containing blends. **Polymer Degradation and Stability**, v. 72, p. 99-108, 2001.

BURCHARD, W. Structure formation by polysaccharides in concentrated solution. **Biomacromolecules**, 2(2), 342-353, 2001.

BUSATO, A. P.; VARGAS-RECHIA, C. G.; REICHER, F. Xyloglucan from leaves of *Hymenaea courbaril*. **Phytochemistry**, v. 58, p. 525-531, 2001.

CAMINO, N. A., PÉREZ, O. E., & PILOSOFF, A. M. R. Molecular and functional modification of hydroxypropylmethylcellulose by high-intensity ultrasound. **Food Hydrocolloids**, 23, 1089–1095, 2009.

CAPEK, P., HŘÍBALOVÁ, V., ŠVANDOVÁ, E., EBRINGEROVÁ, A., SASINKOVÁ, V., & MASAROVÁ, J. **International Journal Biol. Macromolecules**, v. 33, n. 1-3, p. 113-119, 2003.

CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G., CERQUEIRA, M. A., SOUZA, B. W. S., TEIXEIRA, J. A., & VICENTE, A. A. Influence of concentration, ionic strength and pH on zeta potential and mean hydrodynamic diameter of edible polysaccharide solutions envisaged for multilayered films production. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, n. 3, p. 522-528, 2011.

CARVALHO, P.E.R. **Jatobá-do-serrado**. Taxonomia e nomenclatura. Circular técnico 133. Embrapa Florestas. p.8, 2007.

CERQUEIRA, M. A., PINHEIRO, A. C., SOUZA, B. W. S., LIMA, A. M., RIBEIRO, C., MIRANDA, C. Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. **Carbohydrate Polymers**, 75(3), 408–414, 2009.

CERQUEIRA, M. A., SOUZA, B.W. S., SIMÕES, J. TEIXEIRA, J. A., DOMINGUES, M. R. M., COIMBRA, M.A., VICENTE, A. A. Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. **Carbohydrate Polymer** 83, 179-185, 2011.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, Á. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering**, 94, 372–378, 2009.

CERQUEIRA, M.A., SOUSA-GALLAGHER, M.J., MACEDO, I., RODRIGUEZ-AGUILERA, R., SOUZA, B.W.S., TEIXEIRA, J.A., VICENTE, A.A. Use of galactomannan edible coating application and

storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. **Journal of Food Engineering** 97 (1), 87–94, 2010.

CHAIRES-MARTÍNEZ, L., SALAZAR-MONTOYA, J.A., & RAMOS-RAMÍREZ, E. G. Physicochemical and functional characterization of the galactomannan obtained from mesquite seeds (*Prosopis pallida*). **European Food Research and Technology**, 227, 1669-1676, 2008.

CHRESTANI, F., SIERAKOWSKI, M. R., de ANDRADE UCHOA, D. E., NOZAWA, C., SASSAKI, G. L., GORIN, P. A., & ONO, L. In vitro antiherpetic and antirotaviral activities of a sulfate prepared from Mimosa scabrella galactomannan. **International Journal Biol Macromolecules**, v. 45, n. 5, p. 453-7, 2009.

CLOSS, C.B.; CONDE-PETIT, B.; ROBERTS, I.D.; TOLSTOGUZOV, V.B.; ESCHER, F. Phase separation and rheology of aqueous starch/galactomannan systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 39, p.67-77, 1999.

COCHRANE, M.P. Seed Carbohydrates. In: BLACK, M., BEWLEY, J.D. (Eds). **Seed technology and its biological basis**. England: Sheffield, p. 85-120, 2000.

CORTE, V. B., BORGES, E. E. de LIMA, PONTES, C. A, LEITE, I. T. A., VENTRELLA, M. C., MATIAS, A.A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (LEGUMINOSAE-CAESALPINOIDEAE). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p. 941-949, 2006.

CRISÓSTOMO, C. V. Polissacarídeo endospermico de Bauhinia pentandra: Caracterização estudo de interação com lectinas. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

CUNHA, P.L.R.; DE PAULA, R. C. M.; FEITOSA J. P. A.; Purification of guar gum for biological applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 41, p.324-331, 2007.

CUNHA, P.L.R.; VIEIRA, Í.G.P.; ARRIAGA, Â.M.C.; DE PAULA, R.C.M.; FEITOSA, J.P.A. Isolation and characterization of galactomanan from *Dimorphandra gardneriana* Tul. seeds as a potential guar gum substitute, **Food Hydrocolloids**, v. 23, p.880-885, 2009.

CUNHA, R.L.P.; FEITOSA, A.P.J.; PAULA, M.C.R. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química. Nova**, Vol. 32, No. 3, 649-660, Fortaleza, 2009.

DAKIA, P. A.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. **Food Chemistry**, v. 102, p.1368-1374, 2007.

DALTIN, D. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

DECHOUM, M.S. Crescimento inicial, locação de recursos e fotossíntese em plântulas das espécies vicariantes *Hymenaea courbaril* var *stilboarpa* (Hayne) Lee & Lang. (jatobá) e *Hymenaea*. *Revista Ciência de Alimentos* p. 170, 2004.

DERJAGUIN; B.V.; LANDAU, L. Theory of the stability of highly charged lyophobic sols and coalescence of highly charged particles in electrolyte solutions. **Acta Physicochim. URSS**, Moscow, v. 14, n. 633, p. 633-652, 1941.

DHAWAN, B. N; DUBEY, M. P, MEHROTRA, B. N, RASTOGI, R.P; TANDON, J. S. Screening of Indian Plants for Biological Activity. **India Journal Experimental Biology**, 594-606, 1980.

DOCOS, T.; WILLIAMS, P.; PAULY, M.; O'NEILL, M.A.; PELLERIN, P. Polysaccharides from grape berry cell walls. Part II. Structural characterization of the xyloglucan polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 53, p. 253-261, 2003.



DRESSLER, M.; FISCHER, P. **Rheological characterization and modeling of aqueous guar gum solutions**. International Symposium on Food Rheology and Structure. Zürich: p.249-253, 2003.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-428, 1956.

DURANTINI, M.; CONSONNI, A.; MAGNI, C.; SESSA, F.; SCARAFONI, A. The major proteins of lupin seed: Characterisation and molecular properties for use as functional and nutraceutical ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, n. 12, p. 624-633, 2008.

ELLIS, P.R.; WANG, Q.; RAYMENT, Y.; ROSS-MURPHY, S.B. **Handbook of dietary fiber**, p. 613-657, 2001.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FIGUEIRÓ, S. D., GÓES, J. C., MOREIRA, R. A., & SOMBRA, A. S. B. On the physico-chemical and dielectric properties of glutaraldehyde crosslinked galactomannan-collagen films. **Carbohydrate Polymers**, 56, 313-320, 2004.

FILARDI, F.L.R., F.C.P. GARCIA, V.F. DUTRA & P.S. SÃO-THIAGO. Papilionoideae (Leguminosae) do parque nacional da Serra da Canastra, MG, Brasil. **Hoehnea**, 34, 383-408, 2007.

FREITAS, R. A.; MARTIN, S.; PAULA, R.C.; FEITOSA, J.P.A.; SIERAKOWSKI, M.-R. Effect of the oxidation level in the thermogravimetric kinetics of galactoxyloglucan from *Hymenaea courbaril*. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, p.41-47, 2003.

FREITAS, R.A. MARTIN, S., SANTOS, G.L., VALENGA, F., BUCKERIDGE, M.S., REICHER, F., SIERAKOWSKI, M.R., Physico

Chemical Properties of Seed Xyloglucans from Different Sources. **Carbohydrate Polymers** , 60, 507-514, 2005.

GAISFORD, S. E., HARDING, S. E., MITCHELL, J. R., & BRADLEY, T. D. A comparison between the hot and cold water soluble fractions of two locust bean gum samples. **Carbohydrate Polymers**, 6, 423-442, 1986.

GALLARDO, K.; THOMPSON, R.; BURSTIN, J. Reserve accumulation in legume seeds. **C. R Biol**, v. 331, n. 10, p. 755-62, 2008.

GARTI, N., SLAVIN, Y., & ASERIN, A. Surface and emulsification properties of a new gum extracted from *Portulaca oleracea*. **Food Hydrocolloids**, 13, 145-155, 1998.

GIAMI, SY; WACHUKU, OC .Composition and functional properties of unprocessed and locally processed seeds from three underutilized food sources in Nigeria. **Plant Foods Human Nutrition**, 50(1): 27-36, 1997.

GOLDSTEIN, A.M.; ALTER, E.N. & SEAMAN, J.K.-"Guar gum", in: Industrial Gums, capo 14, Roy L. **Academic Press Inc.**, New York ,1973.

HEINRICHER, E. **Zur Biologie der gattung *Impatiens*. Flora Jena 71** (1888) citado por Buckeridge, 2000.

HELDT, H. **Plant Biochemistry**. 3ed. San Diego: Elsevier, 2005.

HENSEL, A.; SCMIDGALL, J.; KREIS, W. The plant cell wall – A potential source for pharmacologically active polysaccharides. **Pharmaceutica Acta Helvetiae**.v.73, p.7-43, 1998.

HOFFMAN, M., JIA, Z. H., PENA, M. J.,CASH, M., HARPER, A., BLACKBURN, A. R.,DARVILL,A., ANDYORK,W. S. Structural

analysis of xyloglucans in the primary cell walls of plants in the subclass Asteridae. **Carbohydrates Res.**340, 1826–1840, 2005.

HSIEH, Y. S. Y., AND HARRIS, P. J.. Xyloglucans of monocotyledons have diverse structures. **Mol. Plant** 2, 943–965, 2009.

HU, C., KONG, Q., YANG, D., & PAN, Y. Isolation and structural characterization of a novel galactomannan from *Eremurus anisopterus* (Ker. et Kir) Regel roots. **Carbohydrate Polymers**, v. 84, n. 1, p. 402-406, 2011.

HUANG. X., KAKUDA, Y., & CUI, W. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. **Food Hydrocolloids**, 15, 533-542, 2001.

IJEH, I. I; UNAEGBU, S. O; ANAGA, A. O. Studies on some nutritional and toxicological properties of *Mucuna sloanei*. **African Journal Online Bioresources**, 2(1):24-28, 2004.

IMAM S, AZHAR I, HASAN MM, ALI MS, AHMED SW. Two triterpenes lupanone and lupeol isolated and identified from *Tamarindus indica* Linn. **Pak Journal Pharm Science** 20:125-7, 2007.

ISLAM, A. K. M. N.; ALI, M. A.; SAYEED, A.; SALAM, S. M. A.; ISLAM, A.; RAHMAN, M.; KHAN, G. R. M. A. M.; KHATUN, S. An Antimicrobial Terpenoid from *Caesalpinia pulcherrima* Swartz.: Its Characterization, Antimicrobial and Cytotoxic Activities. **Asian journal of Plant Sciences**, 2 (17-24): 1162-1165, 2003.

ITURRIAGA, L.; SÁNCHEZ, S.; CORVALÁN, M. Solubility of dispersions of *Opuntia ficus-indica* **Proceedings of the VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal**, Acta Horticulturae, 811, ISHS, 2007.

JANARDHANAN, K.; VADIVIEL, V. **Biological composition of different germplasm seed materials of India.** In Proc. Of National Seminar on Biodiversity. Strategies for conservation and future challenges. Coimbatore India, 16-17: 93-97, 1994.

KAI, K. C.; PETKOWICZ, C. L. de O. Influence of extraction conditions on properties of seed xyloglucan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 46, p. 223-228, 2010.

KAKEGAWA, K.; EDASHIGE, Y.; ISHI, T. Xyloglucan from xylem-differentiating zones of *Cryptomeria japonica*. **Phytochemistry**, London, v. 47, n. 5, p. 767-771, 1998.

KAPOOR, V. P. Galactomannan from the seeds of *Delonix regia*. **Phytochemistry**, v. 11, p. 1129-1132, 2007.

KAPPOR, V.P. Seed galactomannans: An overview. **Chemistry & Biodiversity**, v. 2, p. 295-317, 2005.

KAUR, L.; SINGH, H.J.; McCARTHY, O.J. Starch–cassia gum inter microstructure – Rheology study, **Food Chemistry**, v. 111, p.1-10, 2008.

KITTUR, F. S.; HARISH PRASHANTH, K. V.; UDAYA SANKAR, K.; THARANATHAN, R. N. Characterization of chitin, chitosan and their carboxymethyl derivatives by differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, n. 2, p. 185-193, 2002.

KOOCHEKI, A., KADKHODAEI, R., MORTAZAVI, S. A., SHAHIDI, F., & TAHERIAN, A. R. Influence of *Alyssum homolocarpum* seed gum on the stability and flow properties of O/W emulsion prepared by high intensity ultrasound. **Food Hydrocolloids**, 23, 2416-2424, 2009.

KUO, T.M.; LOWELL, C.A.; SMITH, P.T. Change in soluble carbohydrates and enzymic activities in maturing soybean seed tissues. **Plant Science**, v.125, p.1-11, 1997.

LAUNAY, B.; CUVELIER, G.; MARTINEZ-REYES, S. Viscosity of locust bean, guar, and xanthan gum solutions in the Newtonian domain: a critical examination of the  $\log(\eta_{sp})_o - \log C(\eta)_o$  master curves. **Carbohydrate Polymers**, v. 34, p. 385-395, 1997.

LEVY, N., GARTI, N., MAGDASSI, S. Flocculation of bentonite suspensions with cationic guar. **Colloids and Surfaces**, v. 97, p. 91-99, 1995.

LEWIS, G.P., B.D. SCHRIRE, B.A. MACKINDER & J.M. LOCK. Legumes of the world. **Royal Botanic Gardens**, Kew, 2005.

LI, X., FANG, Y., AL-ASSAF, S., PHILLIPS, G. O., NISHINARI, K., & ZHANG, H. Rheological study of gum arabic solutions: Interpretation based on molecular self-association. **Food Hydrocolloids**, 23, 2394-2402, 2009.

LIMA, Á. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W.S.; SANTOS, E. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. **Journal of Food Engineering** 97, 101-109, 2010.

LIMA, N.N.; REICHER, F.; CORRÊA, J.B.C.; GANTER, J.L.M.S.; SIERAKOWSKI, M.-R. Partial structure of a xyloglucan from the seeds of *Hymenaea courbaril* var. stilbocarpa(jatobá). **Ciência e Cultura**, v. 45, n. 1, p. 22-26, 1993.

LIMA, D. U.; OLIVEIRA, R. C.; BUCKERIDGE, M. S. Seed storage hemicelluloses as wet-end additives in papermaking. **Carbohydrate Polymers**, v. 52, n. 4, p. 367-373, 2003.

LIMA-NISHIMURA, N.; QUOIRIN, M.; NADDAF, Y. G.; WILHELM, H. M.; RIBAS, L. L. F.; SIERAKOWSKI, M.-R.; A xyloglucan from seeds of the native Brazilian species *Hymenaea courbaril* for micropropagation of Marubakaido and Jonagored apples. **Plant Cell Rep.** 21, 402, 2003.

LIU, X., JIN, J., WANG, G., & HERBERT, S. J. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. **Field Crops Research**, v. 105, n. 3, p. 157-171, 2008.

LÓPEZ-FRANCO, Y. L., CERVANTES-MONTAÑO, C. I., MARTÍNEZ-ROBINSON, K. G., LIZARDI-MENDOZA, J., & ROBLES-OZUNA, L. E. Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (*Prosopis* spp.). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 656-660, 2013.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de identificação e Cultivo de Plantas**. Arbóreas Nativas do Brasil, v. 1, p.147, 1992.

LUCCA, P. A. & TEPPER, B.J. Fat replacers and the functionality of fat foods. **Trends in food Science & Technology**. Cambridge: v.5, nº1, p.12-19, janeiro, 1994.

LUCYSZYN, N.; QUOIRIN, M.; KOEHLER, H. S.; REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M.-R.; Agar/galactomannan blends for strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne) cv. **Pelican**. **Horticulturae**, 107, 358, 2006.

LUCYSZYN, N.; QUORIN, M.; HOMMA, M.M.; SIERAKOWSKI, M.-R. Agar/galactomanannan gels applied to shoot regeneration from tobacco leaves. **Biological Plantarium**. **Praha**, v. 51, p. 173-176, 2006.

MAKRI, E. A.; DOXASTAKIS, G. I. Study of emulsions stabilized with *Phaseolus vulgaris* or *Phaseolus coccineus* with the addition of Arabic gum, locust bean gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 8, p. 1141-1152, 2006.

MALI, S.; FERRERO, C.; REDIGONDA, V.; BELEIA, A.P.; GROSSMANN, M.V.E.; ZARITZKY, N.E. Influence of pH and hydrocolloids addition on yam (*Dioscorea alata*) starch pastes stability. **Lebensmittel-Wissenschaft and-Technologie**, v. 36, p.475-481, 2003.

MANTELL, C. L., **The Water - Soluble Gums**, Reinhold Publishing Corporation, 1947. citado por PAULA, 1990.

MATOS, V. C., **Gomas endospérmicas de *Delonix regia* e *Schizolobium parahybae*: uso em lectinas vegetais**. Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p.110, 2000.

MATUDA, T. G., NETTO, F. M., Caracterização Química Parcial da Semente de Jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, 25(2): 353-357, 2005.

MAYER, A. M., POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seed**. Exeter: Pergamon, p. 270, 1975.

MEDEIROS, P.M. & SIMONEIT, B.R.T. Analysis of Sugars in Environmental Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. **Journal of chromatography**, 1141, 271-278, 2007.

MESQUITA, J. C.; SANTANA, A. A.; REIS, M. C.; LIMA, H. S.; SILVA, A. M.; REIS, T. M.; SOARES, G. M.; MUNIZ, W. F.; GARROS-ROSA, I.; **VI Reunião Regional Nordeste da Sociedade Brasileira de Bioquímica**, Fortaleza, Brasil, 2002.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

MIRHOSSEINI, H., & TAN, C. P. Effect of various hydrocolloids on physicochemical characteristics of orange beverage emulsion. **Journal of Food Agriculture and Environment**, 8, 308-313, 2010.

MIRHOSSEINI, H.; AMID, B. T. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. **Food Research International**, v. 46, n. 1, p. 387-398, 2012.

MISHRA, A., MALHOTRA, A. V. Graft copolymers of xyloglucan and methyl methacrylate. **Carbohydrate Polymers**, 87, 1899-1904, 2012.

MOLLOY, S. A, ROWAN, E. N; O'BRIEN, J. T; MCKEITH, I. G.; WESNES, K.; BURN, D. J. Effect of levodopa on cognitive function in Parkinson's disease with and without dementia and dementia with-Lewy bodies. **Journal Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, 77: 1323, 2006.

MOORE, J. P., NGUEMA-ONA, E., CHEVALIER, L., LINDSEY, G. G., BRANDT, W. F., LEROUGE, P., FARRANT, J. M., & DRIOUICH, A. Response of the leaf cell wall to desiccation in the resurrection plant *Myrothamnus flabellifolius*. **Plant Physiol**, v. 141, n. 2, p. 651-62, 2006.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; SILVA, C.; TORRES, M. D.; DÍAZ-VARELA, D.; HILLIOU, L.; ARGENCE, H. Surface tension and refractive index of guar and tragacanth gums aqueous dispersions at different polymer concentrations, polymer ratios and temperatures. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 2, p. 284-290, 2012.

MORRIS, E.R. Rheology of hydrocolloids. In: G.O. PHILLIPS, D. J. & WEDLOCK, P. A. WILLIAMS. **Gums and stabilisers for the food industry** Oxford: Pergamon Press, p. 57-78, 1984.

MORRIS, E.R., CUTLER, A.N., ROSS-MURPHY, S.B. & REES, D.A. Concentration and shear rate dependence of viscosity in random coil polysaccharide solutions. **Carbohydrate Polymers**, 1: 5-21, 1981.

MUDGIL, D.; BARAK, S.; KHATKAR, B. S. X-Ray diffraction, IR spectroscopy and thermal characterization of partially hydrolyzed guar gum. **Int J Biol Macromol**, v. 50, n. 4, p. 1035-9, 2012.

MUÑOZ, J., RINCÓN, F., ALFARO, M. C., ZAPATA, I., FUENTE, J. L., BELTRÁN, O., PINTO, G. L. Rheological properties and surfasse



tension of *Acacia tortuosa* gum exudate aqueous dispersions. **Carbohydrate Polymer**, v. 70, 187-205, 2007.

MUTHU, K.; KRISHNAMOORTHY, P. Evaluation of androgenic activity of *Mucuna pruriensis* male rats. **African Journal Biotechnology**, 10 (66):15017-15016, 2011.

NA, K., & LEE, K. Y. Characteristics of the lactan gum produced from various carbon sources by *Rahnella aquatilis*. **Biotechnology Letters**, 19(12), 1193-1195, 1997.

NEUMANN, M.G.; SCHMITT, C.C.; IAMAZAKI, E.T. A fluorescence study of the interactions between sodium alginate and surfactants **Carbohydrate Research**, v. 338, p. 1109–1113, 2003.

NIMROD LEVY, NISSIM GARTI, SHLOMO MAGDASSI. Flocculation of bentonite suspensions with cationic guar. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects** 97, 91-99, 1995.

NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N.A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P.A. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 76, p. 362-367, 2009.

NWOSU, J. Effect of Storage Condition on the Rheological/Functional Properties of Soup Thickener *Mucuna sloanei* (Ukpo). **Researcher**, 3(6), 2011.

O'NEILL, M. A.; YORK, W. S. The composition and structure of plant primary cell walls. In: *The Plant cell wall*. **Annual Plant Review**. eds. JKC. Rose CRC Press, v.8, p.1-54, 2003.

OBEL, N.; ERBENC, V.; SCHWARZA, T.; HNELD, S.; FODORA, A.; PAULY, M. Microanalysis of Plant Cell Wall Polysaccharides. **Molecular Plant**, v. 2, p. 922–932, 2009.

OLIVEIRA, VERENA B.; YAMADA, LETÍCIA T.; FAGG, CHRISTOPHER W.; BRANDÃO, MARIA G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 170-179, 2012.

ONO, L.; WOLLINGER, W.; ROCCO, I. M.; COIMBRA, T. L. M.; GORIN, P. A. J. ; SIERAKOWSKI, M-R.; In vitro and in vivo antiviral properties of sulfated galactomannans against yellow fever virus (BeH111 strain) and dengue 1 virus (Hawaii strain). **Antiviral Research**. v. 60, p. 201, 2003.

ONWELUZO, J. C.; RAMESH, H. P.; THARANATHAN, R. N. Characterization of free sugars and xyloglucan-type polysaccharides of two tropical legumes. **Carbohydrate Polymers**, v. 47, p. 253-257, 2002.

ONWELUZO, J; EILITTA, M. *Surveying Mucuna's* utilization as a food in Enugu and Kogi States of Nigeria. **Tropical and Subtropical Agroecosystem**, 213-225, 2003.

PARIKKA, K., LEPPANEN, A., XU, C., PITKANEN, L., E. P., OSTERBERG, M., BRUMER, H., WILLFOR, S., TENKANEN, M. Functional and Anionic Cellulose-Interacting Polymers by Selective Chemo-Enzymatic Carboxylation of Galactose-Containing Polysaccharides. **Biomacromolecules**, v.13, 2418-2428, 2012.

PAVARINI, D. P., PAVARINI, S. P., NIEHUES, M., & LOPES, N. P. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 5-16, 2012.

PENA, M. J., DARVILL, A. G., EBERHARD, S., YORK, W. S., AND O'NEILL, M. A. Moss and liverwort xyloglucans contain galacturonic acid and are structurally distinct from the xyloglucans synthesized by horn-worts and vascular plants. **Glycobiology** 18, 891-904, 2008.

PICHOT, C.; DELAIR, T.; ELAISSARI, A. **Polymer Colloids for Biomedical and Pharmaceutical Applications in Polymeric Disper-**

**sions: Principles and Applications, J.M. Asua (Eds.).** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.

PICOUT, D.R.; ROSS-MURPHY, S.B.; ERRINGTON, N.; HARDING, S.E. Pressure Cell Assisted Solution Characterization of Polysaccharides. 2. Locust Bean Gum and Tara Gum. **Biomacromolecules**, v. 3, p. 761–767, 2002.

PINHEIRO, A. C., BOURBON, A. I., ROCHA, C., RIBEIRO, C., MAIA, J. M., GONÇALVES, M. P., TEIXEIRA, J. A., & VICENTE, A. A. Rheological characterization of κcarrageenan/galactomannan and xanthan/galactomannan gels: Comparison of galactomannans from non-traditional sources with conventional galactomannans. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 392-399, 2011.

POLLARD, M.A.; KELLY, R.; FISCHER, P.A.; WINDHAB, E.J.; EDER, B.; AMADÔ, R. Investigation of molecular weight distribution of LBG galactomannan for flours prepared from individual seeds, mixtures, and commercial samples. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1596-1606, 2008.

POORNACHANDRA, M. N.; KHANAM, S.; SHIVANANDA, B. G. T. N; CHIVANANDRA, T.N; DRIS, R. Mucuna pruriens(LDDC)-A novel drug for learning and memory retrieval. **Journal Food Agriculture Environment**, 13-15, 2005.

PRASHANTH, M. R. S., PARVATHY, K. S., SUSHEELAMMA, N. S., PRASHANTH, K. V. H., THA-RANATHAN, R. N., CHA, A., &ANILKUMAR, G. Galactomannan esters— the simple, cost-effective method of preparation and characterization. **Food Hydrocolloids**, 20(8), 1198–1205, 2006.

QIAN, J.-Y., CHEN, W., ZHANG, W.-M., & ZHANG, H. Adulteration identification of some fungal polysaccharides with SEM, XRD, IR and optical rotation: A primary approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 78, n. 3, p. 620-625, 2009.

RAJESHWAR, Y.; KUMAR, G. P. S.; GUPTA, M.; MAZUMDER, U. K. Studies on in-vitro antioxidant activities of methanol extract of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) seeds. **Journal of Medicinal Plants Research**, 13: 31, 2005.

RALET, M. C., ANDRE-LEROUX, G., QUEMENER, B., & THIBAUT, J. F. Sugar beet (*Beta vulgaris*) pectins are covalently cross-linked through diferulic bridges in the cell wall. **Phytochemistry**, v. 66, n. 24, p. 2800-14, 2005.

RAY, B.; LOUTELIER-BOURHIS, C.; LANGE, C.; CONDAMINE, E.; DRIOUICHA, A.; LEROUGEA, P. Structural investigation of hemicellulosic polysaccharides from *Argania spinosa*: characterisation of a novel xyloglucan motif. **Carbohydrate Research**, v. 339, p. 201-208, 2004.

REISS J.S.G. Reserve carbohydrate metabolism in germinating seeds of *Trigonella foenum-graecum* L. (Legum.). **Planta** 100: 131-142, 1889.

RIANDE, E., DÍAZ-CALLEJA, R., PROLONGO, M. G., R. M. MASEGOSA, & C SALOM. **Polymer viscoelasticity: Stress and strain in practice**. New York: Marcel Dekker, Inc. 2000.

RIBEIRO, M. N. O.; PAIVA, P. D. O. **Flores na web- Flamboianz nho**. 2010. Disponível em: <http://www.floresnaweb.com/dicionario.php?id=89>. Acessado em 09 de novembro de 2012.

ROACH, J.S.; MCLEAN, S.; REYNOLDS, W.F.; TINTO, W.F. Cassane Diterpenoids of *Caesalpinia pulcherrima*. **Journal Native Produce**, 66: 1378-1381, 2003.

ROL, F.- "Locust bean gum", in: Industrial Gums, capo 15, Roy L. Whistler, & J. N. BeMiller (ed.), **Academic Press Inc.**, New York, 1973.

ROOS, Y., & KAREL, M. Plasticizing effect of water of termal the behaviour and crystallization of amorphouns food models. **Journal of Food Science**, 56(1), 38-43, 1991.

ROSA, I. G., SOUSA, N. S.; SANTANA, A. A.; LIMA, H. S. Extração e Caracterização físico-química dos polissacarídeos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Pesquisa em Foco**, v.17, n.1, p. 22-30, 2009.

ROSÁRIO, M. M. T.; NOLETO, G. R.; BENTO, J. F.; REICHER, F.; OLIVEIRA, M. B. M.; PETKOWICZ, C. L. O.; Effects of estorage xyloglucans on peritoneal macrofages. **Phytochemistry**, 69, 464., 2008.

SALVADOR, J.doL.G. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios**. 2ed. rev. at. CESP: São Paulo. (Série divulgação e informação, 105), p. 15, 1989.

SCHELLER, H. V.; ULVSKOV, P. Hemicelluloses. **Annual Reviews of Plant Biology**, v. 61, p. 263-289, 2010.

SCIARINI, L.S.; MALDONADO, F.; RIBOTTA, P.D.; PÉREZ, G.T.; LEÓN, A.E. Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum. **Food hydrocolloids**, v. 23, p. 306-313, 2009.

SHAW; D.J. **Introduction to colloid and surface chemistry**, 4 Ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 1992.

SHEN, D. K.; GU, S.; BRIDGWATER, A. V. The thermal performance of the polysaccharides extracted from hardwood: Cellulose and hemicelulose. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 1, p. 39 45, 2010.

SIERAKOWSKI, M.-R.; CASTRO, L. B. R.; LUCYSZYN, N.; PETRI, D. F. S.; *J. BRAZ*. Adsorption behavior of oxidized galactomannans onto

amino-terminated surfaces and their interaction with bovine serum albumin. **Carbohydrate Polymers**, 49, 167, 2002.

SIERAKOWSKI, M.-R.; CASTRO, L. B. R.; LUCYSZYN, N.; PETRI, D. F. S.; J. BRAZ Assembling of Xyloglucans and Lectin onto Si Wafers and onto Amino-Terminated Surfaces. **Chemical Society.**, v.18, n. 5, 1017- 1023, 2007.

SILVA, G. G. Caracterização física e química de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) em diferentes estágios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 291-293, 2000.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2005.

SIMPSON, B.B., OGORZALY, M. C. **Economic botany: Plant in our world**. 3ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

SINGH, V.; SRIVASTAVA, A.; TIWARI, A. Structural elucidation, modification and characterization of seed gum from Cassia javahikai seeds: A non-traditional source of industrial gums. **International Journal Biomacromolecules**, v. 45, n. 3, p. 293-7, Oct 1 2009.

SITTIKIYOTHIN, W.; TORRES, D.; GONÇALVES, M.P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, p. 339-350, 2005.

SIVAM, A. S., SUN-WATERHOUSE, D., PERERA, C. O., & WATERHOUSE, G. I. N. Application of FT-IR and Raman spectroscopy for the study of biopolymers in breads fortified with fibre and polyphenols. **Food Research International**, v. 50, n. 2, p. 574-585, 2013.

SOUZA, C.F.de. Galactomanana de sementes de *Caesalpinia ferrea* var, *Ferrea*: Estrutura, modificação química e caracterização de propri-

idades.114 f. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SOUZA, D. M. M., BRUNO, R. L. A., DORNELAS, C. S. M., ALVES, E. U., ANDRADE, A. P., NASCIMENTO, L. C. Caracterização Morfológica de Frutos e Sementes e Desenvolvimento Pós-Seminal de *Tamarindus indica* L.- Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, v. 34, p. 1009-1015, 2010.

SPERLING, L. H. **Introduction to physical polymer science**. Nj: John Wiley & Sons, Inc. 2006.

SRISVASTAVA, M.; KAPPOR, V. P. Seed Galactomannans: An Overview. **Chemistry&Biodiversity**, vol 2, 2005.

STEVENS, B. J. H.; SELVENDRAN, R. R. Hemicellulosic polymers of cabbage leaves. **Phytochemistry**, London, v. 23, n. 2, p. 339-347, 1984.

STUPP, T.; FREITAS, R. A.; SIERAKOWSKI, M.-R.; DESCHAMPS, F. C., WISNIEWSKI, A.; JR.; BIAVATTI, M. W. Characterization and potential uses of *Copaifera langsdorffii* seeds and seed oil. **Bioresource Technology**, 99, 2659-2663, 2008.

SUDHAKAR, V.; SINGHAL, R.S.; KULKAMI, P.R. Starch - galactomannan interactions: functionality and rheological aspects, **Food Chemistry**, v. 55, p. 259-264, 1996.

SUDJAROEN Y, HAUBNER R, WURTELE G, HULL EW, ERBEN G, SPIEGELHALDER B. Isolation and structure elucidation of phenolic antioxidants from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seeds and pericarp. **Food Chemical Toxicologie**;43:1673-82, 2005.

SUN, X.; ANDREW, I.G.; JOBLIN, K.N.; HARRIS, P.J, McDonald, HOSKIN, S.O. Polysaccharides compositions of leaf cell wall of forage chicory (*Chicorium intybus* L.). **PlantScience**. v.170, p. 18-27, 2006.

SUN, Y. C.; WEN, J. L.; XU, F.; SUN, R. C. Structural and thermal characterization of hemicelluloses isolated by organic solvents and alkaline solutions from *Tamarix austromongolica*. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 5947-5951, 2011.

TAVARES, S. A.; PEREIRA, J.; GUERREIRO, M. C.; PIMENTA, C. J.; PEREIRA, L.; MISSAGIA, S. V. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 973-979, 2011.

TEIXEIRA, D. M. A. Aplicação de goma exsudada de *Spondias purpurea* no isolamento de lectina galactose ligante. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

TEIXEIRA-SÁ, D.M.A. REICHER, F., BRAGA, R. C., BELTRAMINI, L. M., MOREIRA, R. A. Isolation of a lectin and a galactoxyloglucan from *Mucuna sloanei* seeds. **Phytochemistry**, 2009.

TEMSIRIPONG, T.; PONGSAWATMANIT, R.; IKEDA, S.; NISHINARI, K. Influence of xyloglucan on gelatinization and retrogradation of tapioca starch. **Food Hydrocolloids**, 19, 1054-1063, 2005.

TULEUN, C. D.; CAREW, S. N.; PATRICK, J. A. Fruit characteristics and chemical composition of some varieties of velvet beans (*Mucuna spp*) found in Benue State of Nigeria. **Livestock Research for Rural Development**, 20(10), 2008.

UGHINI, F.; ANDREAZZA, I.F.; GANTER, J.L.M.S.; BRESOLIN, T.M.B. Evaluation of xanthan and highly substituted galactomannan from *M. scabrella* as a sustained release matrix. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 271, p. 197-205, 2004.

UKACHUKWU, SN; EZEAGU, IE; TARAWALI, G; IKEORGU, JEG. **Utilization of Mucuna as food and feed in West África**. Citado por: Flores, B.M; Eilitta, M; Myhrman, R; Carew, LB and Carsky, RJ (Edi-



tors). Proceedings of an International Workshop. Tegcigalpa, Honduras, April 26-29, 2002.

VARMA, A. J., KOKANE, S. P., PATHAK, G., & PRADHAN, S. D. Thermal behavior of galactomannan guar gum and its periodate oxidation products. **Carbohydrate Polymers**, 32, 111–114, 1997.

VENDRUSCOLO, C. W., FERRERO, C., PINEDA, E. A. G., SILVEIRA, J. L. M., R. A., JIMÉNEZ-CASTELLANOS, M. R., & BRESOLIN, T. M. B. Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from *Mimosa scabrella*: Effect of drying method. **Carbohydrate Polymers**, 76(1), 86-93, 2009.

VENDRUSCOLO, C. W.; ANDREAZZA, I. F.; GANTER, J. L. M. S.; FERRERO, C.; BRESOLIN, T. M. B.; Xanthan and galactomannan (from *M. scabrella*) matrix tablets for oral controlled delivery of theophylline. **International Journal of Pharmaceutics**. v. 296, p. 1-11, 2005.

VERMEYLEN, R.; GODERIS, B.; DELCOUR, J. A. An X-ray study of hydrothermally treated potato starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 64, n. 2, p. 364-375, 2006.

VERWEY, E.J.W.; OVERBEEK, J.Th.G. **Theory of the stability of lyophobic colloids**. New York: Elsevier, 1948.

VINCKEN, J. P.; YORK, W. S.; BELDMAN, G.; VORAGEN, A. G. J. Two general branching patterns of xyloglucan, XXXG and XXGG. **Plant Physiology**, v. 114, p. 9-13, 1997.

WANG, Q.; ELLIS, P.R.; ROSS-MURPHY, S.B. Dissolution kinetics of guar gum powders - II. Effects of concentration and molecular weight. **Carbohydrate Polymers**, v. 53, p. 75-83, 2003.

WANG, J., SOMASUNDARAN, P. Mechanisms of ethyl(hydroxyethyl) cellulose-solid interaction: Influence of hydrophobic modification. **Journal of Colloid and Interface Science** 293, 322-332, 2006.

WANG, Q.; ELLIS, P. R.; ROSS-MURPHY, S. B.; REID, J. S. G. A new polysaccharides from a traditional Nigerian plant food: Detarium senegalense Gmelin. **Carbohydrate Research**, v. 284, p. 229-239, 1996.

WHISTLER, R. L.; MILLER, J. N. Polysaccharides and Their Derivatives. In: **Industrial Gums**, New York: Academic press, 3<sup>a</sup> Ed., p. 619, 1993.

WHISTLER, R.L; MILLER, J.N. Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. By the **American Association of Cereal Chemists**, 1997.

WILLIAMS, P.A, & PHILLIPS, G. O. **Introduction to food hydrocolloids**. In G. O. Phillips & P.A. Williams (Eds.), Handbook of hydrocolloids (pp. 1-19). New York, NY: CRQ Press, 2000.

WINK, M., MOHAMED, G. I. A. Evolution of chemical defense traits in the Leguminosae: mapping of distribution patterns of secondary metabolites on a molecular phylogeny inferred from nucleotides sequences of the rbcL gene. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p.897-917, 2003.

WONGSAGONSUP, R.; SHOBSNGOB, S.; OONKHANOND, B.; VARAVINIT, S. Zeta potential ( $\zeta$ ) and pasting properties of phosphorylated or crosslinked rice starches. **Stärke, Weinheim**, v. 57, n. 1, p. 32-37, 2005.

XUE, R., ZHANG, S., DENG, C., DONG, L., LIU ,T., WANG, J., WU, H., GU, J., SHEN X. Simultaneous Determination of Blood Glucose and Isoleucine Levels in Rats After Chronic Alcohol Exposure by Microwave-Assisted Derivatization and Isotope Dilution Gas Chromatography / Mass Spectrometry. **Animal Research**, 245-252, 2008.

YANG, L., ZHANG, L.-M., Chemical structural and chain conformational characterization of some bioactive polysaccharides isolated from natural sources, *Carbohydrate Polymers*, 76, 349-361, 2009.

YI, J. Z., & ZHANG, L. M. Biodegradable blend films based on two polysaccharide derivatives and their use as ibuprofen-releasing matrices. ***Journal of Applied Polymer Science***, 103, 3553-3559, 2007.

YUEN, S.-N., CHOI, S.-M., PHILLIPS, D. L., & MA, C.-Y. Raman and FTIR spectroscopy study of carboxymethylated non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*, 114, 1091-1098, 2009.

ZABLACKIS, E.; HUANG, J.; MÜLLER, B.; DARVILL, A. G.; ALBERSHEIM, P. Characterization of the cell-wall polysaccharides of *Arabidopsis thaliana* leaves. ***Plant Physiology***, v. 107, p. 1129-1138, 1995.

ZABOTINA, O. A. Xyloglucan and its biosynthesis. ***Frontier in Plant Science***, 134, v.3, 2012.

ZOHURIAAN, M. J., & SHOKROLAHI, F. Thermal studies on natural and modified gums, ***Polymer Testing***, 23, 575-579, 2004.