

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

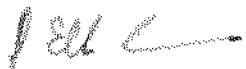
**Extração e caracterização química e físico-química do
galactomanano de sementes de faveiro
(*Dimorphandra mollis*)**

PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida por
VALÉRIA REGINA PANEGASSI
aprovada pela Comissão Julgadora
em 17 de fevereiro de 1998.

Campinas, 17 de fevereiro de 1998.

Valéria Regina Panegassi


Prof. Dr. GIL EDUARDO SERRA
Presidente da Banca

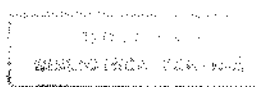
orientador: Prof. Dr. Gil Eduardo Serra

Coorientador: Dr. Marcos Silveira Buckeridge

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas para Obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos

Campinas, 1998

09.14.83



P192e Panegassi, Valéria Regina
Extração e caracterização química e físico-química do
galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra*
mollis) / Valéria Regina Panegassi. – Campinas, SP: [s.n.],
1998.

Orientador: Gil Eduardo Serra
Co-orientador: Marcos Silveira Buckeridge
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Extração. 2.Sementes. 3.Leguminosae. 4.Viscosidade.
I.Serra, Gil Eduardo. II.Buckeridge, Marcos Silveira.
III.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III.Título.

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
P192e	
33843	
395198	
2 x 1	
R\$ 11,00	
14/05/98	
M. 000	

CM-00111151-3

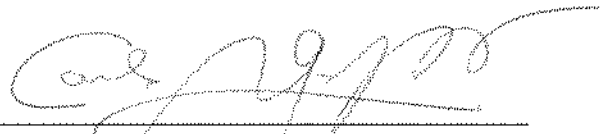
Banca Examinadora



Prof. Dr. Gil Eduardo Serra
(Orientador)



Prof. Dr. Cesar Francisco Ciacco
(Membro)



Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto
(Membro)

Profa. Dra. Adilma Regina Pippa Scamparini
(Membro)

**Ao meu esposo, Gilberto, companheiro de todos os
momentos, e ao nosso filho, Victor, por tornar este
trabalho mais valioso e significativo,**

Ofereço

**Aos meus pais, Rubens e Maria do Carmo, pelo apoio e
carinho constante,**

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Gil Eduardo Serra, meu orientador, pela orientação competente e dedicada.

Ao Prof. Dr. Marcos Silveira Buckeridge, pela co-orientação e colaboração em todos os momentos.

À Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas do Instituto de Botânica de São Paulo, pela oportunidade de utilizar o laboratório, e a todos os pesquisadores, funcionários e estagiários, especialmente à Maria Rita Marques e Adriana Potomati, pela amizade e incentivo.

À fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida.

Ao Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA), pelo empréstimo dos laboratórios e pelas análises realizadas.

Ao laboratório de Frutas e Produtos Açucarados do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA, pelo uso do laboratório e equipamentos.

Ao Laboratório de Cereais do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA, pelo empréstimo de equipamentos.

Ao Departamento de Engenharia de Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica-UNICAMP, pelo empréstimo de equipamentos, especialmente ao técnico Pompeu.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, pela oportunidade, e aos colegas Paulo e Sílvia, pela amizade e apoio.

À PVP Sociedade Anônima pelo fornecimento das sementes utilizadas no trabalho.

Aos professores membros desta banca, pelas valiosas sugestões.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ABREVIATURAS.....	X
RESUMO.....	XI
SUMMARY.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. GOMAS POLISSACARÍDICAS.....	4
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS GOMAS POLISSACARÍDICAS.....	4
2.3 GALACTOMANANOS.....	5
2.4 PROCESSAMENTO DO GALACTOMANANO.....	7
2.5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS GALACTOMANANOS.....	8
2.5.1 Solubilidade.....	9
2.5.2 Viscosidade e Estabilidade.....	9
2.5.3 Interação Entre Polissacarídeos Para Formação de Gel.....	15
2.6 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DOS GALACTOMANANOS.....	17
2.7 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DE DEGRADAÇÃO DO GALACTOMANANO.....	20
2.8 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS.....	20
2.9 FAVEIRO (<i>Dimorphandra mollis</i>).....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 MATERIAL.....	26

3.2 PREPARO DO MATERIAL: ENSAIOS DE REMOÇÃO DA CASCA	27
3.3 FRACIONAMENTO DAS SEMENTES: MOAGEM, PENEIRAMENTO E EXTRAÇÃO DE GALACTOMANANO EM SEMENTES	27
3.3.1 Sementes sem Casca	27
3.3.2 Sementes com Casca	29
3.3.3 Extração Aquosa para a Determinação do Teor de Galactomanano	29
3.4 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO AQUOSA DO GALACTOMANANO	29
3.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE E SUAS FRAÇÕES	31
3.5.1 Galactomanano	32
3.5.2 Proteínas	32
3.5.3 Lipídios	32
3.5.4 Cinzas	33
3.5.5 Fibra Bruta	33
3.6 RAZÃO MANOSE:GALACTOSE DO GALACTOMANANO	33
3.7 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA	36
3.8 ANÁLISE REOMÉTRICA	36
3.8.1 Efeito da Concentração do Polissacarídeo	38
3.8.2 Efeito da Sacarose na Dispersão	38
3.8.3 Efeito do Cloreto de Sódio na Dispersão	38
3.8.4 Efeito da Variação do pH no Comportamento Reológico do Galactomanano	39
3.8.5 Efeito da Variação da Temperatura no Comportamento Reológico	39
3.9 INTERAÇÃO GALACTOMANANO-XANTANA PARA FORMAÇÃO DE GEL	39
3.10 ENSAIO E ANÁLISE DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	40
3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES	42
4.2 ENSAIO DE REMOÇÃO DA CASCA	44
4.3 FRACIONAMENTO DAS SEMENTES: MOAGEM, PENEIRAMENTO E TEOR DE GALACTOMANANO EM SEMENTES	47
4.3.1 Sementes sem Casca (remoção com NaOH)	47
4.3.2. Sementes com Casca	50
4.4 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO AQUOSA DO GALACTOMANANO	52
4.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE E SUAS FRAÇÕES	54
4.5.1 Galactomanano	54
4.5.2 Proteínas	55
4.5.3 Cinzas	55
4.5.4 Fibra Bruta	56
4.5.5 Lipídios	56
4.6 RAZÃO MANOSE:GALACTOSE DO GALACTOMANANO	58
4.7 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA	60
4.8 ANÁLISE REOMÉTRICA DO GALACTOMANANO	60
4.8.1 Caracterização Reológica	60
4.8.2. Efeito da Adição de Sacarose	64
4.8.3. Efeito da Adição de Cloreto de Sódio	65
4.8.4. Efeito da Variação de pH	66
4.8.5. Efeito da Variação da Temperatura	68
4.9 INTERAÇÃO GALACTOMANANO-XANTANA PARA FORMAÇÃO DE GEL	69
4.10 ENSAIO E ANÁLISE DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	74
5. CONCLUSÕES	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

ANEXO	88
-------------	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Características das sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> provenientes da caatinga de Parnaíba (Piauí) e cerrado paulista (Mogi-Guaçu) ¹	43
Tabela 2- Casca removida (g casca seca/100g sementes) de <i>Dimorphandra mollis</i> após diferentes tratamentos com 25 minutos de imersão a 100°C ¹	45
Tabela 3- Casca removida (g casca seca/100g sementes) de <i>Dimorphandra mollis</i> com solução de hidróxido de sódio 5% a 100°C durante diferentes tempos de tratamento ¹	46
Tabela 4- Composição centesimal das amostras de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> com diferentes tratamentos ¹	57
Tabela 5- Razão manose:galactose (M/G) de componentes monossacarídicos do extrato aquoso de galactomanano de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> , sem casca com frações separadas ou não em peneiras de 420 a 74µm, sementes com casca retida na peneira de 420µm e em sementes inteiras trituradas.	59
Tabela 6- Parâmetros de textura obtidos a partir de produtos da interação de galactomanano de <i>Dimorphandra mollis</i> -xantana em diferentes proporções em água a 1% analisados em Analisador de Textura TA-XT2 à temperatura ambiente, munido de sonda com 25mm de diâmetro, penetração de 10mm à velocidade de 5mm/s, força igual a 20g e sensibilidade 20g ¹	70
Tabela 7- Parâmetros de textura obtidos a partir de produtos da interação de galactomanano de <i>Dimorphandra mollis</i> -xantana, guar-xantana e locusta xantana em água a 1% na proporção 50:50 analisados em Analisador de Textura TA-XT2 à temperatura ambiente, munido de sonda com 25mm de diâmetro, penetração de 10mm à velocidade de 5mm/s, força igual a 20g e sensibilidade 20g. Média de três determinações	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura do galactomanano de três fontes comerciais com diferentes razão manose:galactose.	6
Figura 2- Comparação do comportamento reológico entre fluidos: a) Newtoniano; b) Pseudoplástico; c) Dilatante.	12
Figura 3- <i>Dimorphandra mollis</i> : (A) Árvore, (B) Fruto, (C) Sementes.....	23
Figura 4- Fluxograma das operações de tratamento das sementes de <i>D. mollis</i> , com retirada da casca.....	28
Figura 5- Fluxograma das operações de extração aquosa de galactomanano de sementes de <i>D. mollis</i>	30
Figura 6- Procedimento de preparo do galactomanano, com hidrólise, para determinação da razão manose:galactose em cromatografia líquida.....	35
Figura 7- Esquema do sistema de placas paralelas.....	37
Figura 8- Retenção em peneiras, do material de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.....	47
Figura 9- Teor de galactomanano em frações de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.....	48
Figura 10- Retenção em peneira do material de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> trituradas durante 3min. Tratamento 1- sementes com casca, Tratamento 2 - sementes com a casca totalmente extraída manualmente após 2h de embebição em água.	51
Figura 11- Teor de galactomanano em frações de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> trituradas durante 3min. Tratamento 1- com casca, Tratamento 2 - sementes com a casca totalmente removida manualmente após 2h de embebição em água.....	52

Figura 12- Processamento de frações de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> , trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%. Tratamento 1 - extração aquosa a 1% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). Tratamento 2 - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). Tratamento 3 - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (5:1) (v:v).	54
Figura 13- Viscosidade aparente (cP), a 25°C, dispersão em água a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%, em função da variação da taxa de deformação.	62
Figura 14- Viscosidade aparente do galactomanano de <i>D. mollis</i> e da goma guar, em função da concentração do galactomanano, medida à temperatura de 25°C, à taxa de deformação de 100s ⁻¹	63
Figura 15- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano de <i>Dimorphandra mollis</i> a 25°C, à taxa de deformação de 100s ⁻¹ em função da concentração de sacarose (%). Tratamento A- Polissacarídeo disperso a 1% em soluções com diferentes concentrações de sacarose. Tratamento B- Sacarose adicionada em diferentes concentrações à dispersão do polissacarídeo a 1% em água.	65
Figura 16- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano de <i>Dimorphandra mollis</i> dispersa em água a 1% em função da variação de concentração de cloreto de sódio (%) na dispersão a 25°C à taxa de deformação de 100s ⁻¹	66
Figura 17- Viscosidade aparente do galactomanano de <i>D. mollis</i> dispersa em água a 1% em função da variação do pH da dispersão a 25°C à taxa de deformação de 100s ⁻¹	67
Figura 18- Viscosidade aparente do galactomanano de <i>D. mollis</i> dispersa em água a 1% em função da variação da temperatura durante a análise reométrica à taxa de deformação de 100s ⁻¹	69
Figura 19- Viscosidade aparente (cP) em função da proporção galactomanano:xantana em solução aquosa a 1% de polissacarídeos totais à taxa de deformação de 100s ⁻¹	74

Figura 20- Análise por HPLC dos açúcares livres presentes no etanol utilizado para precipitação do galactomanano de sementes de *Dimorphandra mollis* incubado à temperatura de 45°C com α -galactosidase parcialmente purificada de endospermas de sementes de *Sesbania marginata*. Glicose (Glc), nesse caso um contaminante, serve como um padrão interno em relação ao qual observa-se aumento no conteúdo de galactose (Gal) por ação enzimática NC = nano Columbs, resposta do Detector de Pulso Amperométrico (PAD). 77

ABREVIATURAS

SC - material proveniente de sementes trituradas após a retirada da casca com NaOH

SC-420 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 420 μm de abertura

SC-300 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 300 μm de abertura

SC-250 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 250 μm de abertura

SC-177 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 177 μm de abertura

SC-125 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 125 μm de abertura

SC-74 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 74 μm de abertura

CC - material proveniente de sementes trituradas com casca

CC-420 - material proveniente de sementes trituradas com casca, triturado e retido na peneira com 420 μm de abertura

RESUMO

As sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) utilizadas neste trabalho foram obtidas na caatinga do Estado do Piauí. Estas sementes foram imersas em solução de NaOH 5% a 100°C durante 20min, seguida de lavagem do material em água corrente, a fim de separar casca do endosperma mais embrião. O material seco sem casca foi triturado e posteriormente peneirado e separado em diferentes frações. As amostras de sementes trituradas com e sem casca e as amostras de suas frações retidas na peneira com 420µm de abertura foram submetidos à análises de composição incluindo teor de galactomanano, proteínas, cinzas, fibra bruta e lipídios. A partir de análises do extrato aquoso de galactomanano hidrolisado foi determinada a composição monossacarídica das frações separadas por peneiramento a fim de avaliar a razão manose:galactose do polissacarídeo, que apresentou ser em torno de 2,4:1. A fração que apresentou maior rendimento foi aquela separada em peneira com 420µm de abertura. Com esta fração foram feitos ensaios iniciais de toxicidade em camundongos, e foi classificado como Praticamente Atóxico. Amostras da mesma fração foram submetidas a análise reométrica em reômetro HAAKE (Modelo Rotovisco RV20), variando a concentração do galactomanano disperso em água, temperatura, pH, concentração de NaCl e de sacarose, mostrando que a amostra tem comportamento não-newtoniano e pseudoplástico. A partir destas análises foi observada a estabilidade da viscosidade aparente com variação da concentração de NaCl e em pH variando entre 4,0 e 7,0. Também foi observado que a adição de sacarose à dispersão pode ocasionar um acréscimo na viscosidade e, o aumento da temperatura da dispersão ocasiona um decréscimo na viscosidade. A amostra também foi misturada com goma xantana (1:1) e foi observada a formação de gel. A mesma mistura apresentou um aumento significativo na viscosidade, quando comparada à viscosidade apresentada pelas dispersões dos polissacarídeos separadamente.

SUMMARY

The seeds of faveiro (*Dimorphandra mollis*) were obtained in the stunted vegetation of the Brazilian State of Piauí. These seeds were immersed in a solution of NaOH 5% at 100°C during 20min, followed by washing the material in running water, to separate the skin from the endosperm plus embryo. The dry decoated material was ground and later sifted and separated into different fractions. The samples of ground seeds and the fraction left on the 420µm sifter were subjected to composition analyses, including the galactomannan, protein, ash, raw fiber, and lipid contents. From the analyses of the hydrolyzed galactomannan, the monosaccharide composition was obtained by HPLC analysis of the samples obtained in the left fractionating, in order to evaluate the mannose:galactose ratio of the polysaccharide, which proved to be 2.4:1. The fraction with the largest production was obtained in the sifter with 420µm. With this fraction, primary toxicity tests were performed on mice, reaching the classification of Basically Non-toxic. Samples from the same fraction were analysed in a HAAKE RV20 rheometer, with variation of the concentration of galactomannan dispersed in water, temperature, pH, sucrose and NaCl, demonstrating that the sample had a non-newtonian pseudoplastic behavior. From these analyses, the stability of viscosity was observed in the presence of NaCl and pH varying from 4.0 to 7.0. The viscosity decreased in higher temperature and can increase in the presence of sucrose solutions. The sample was also mixed with xantan (1:1) for the observation of gel formation. The same mixture showed a significant increase in viscosity, when compared to the viscosity shown by the dispersions of the polysaccharides separately.

1. INTRODUÇÃO

O termo "goma" é usado de forma incorreta e ambígua. Vários hidrocarbonetos de grande peso molecular como a goma de mascar (chiclete), polímeros sintéticos e resinas de plantas vêm sendo chamados de gomas. O uso correto do termo goma na indústria de alimentos refere-se simplesmente ao material que pode ser dissolvido ou disperso em meio aquoso, dando uma solução ou dispersão viscosa ou mucilaginosa (Glicksman, 1962).

Atualmente, na indústria de alimentos, existem quatro fontes de gomas polissacarídicas: de algas marinhas, extrato de sementes de plantas, exudados de plantas e de fermentação de microrganismos.

A utilização de gomas tem trazido muitos benefícios à produção de alimentos, melhorando suas propriedades e propiciando sua rápida preparação e com características difíceis de serem atingidas. Essas gomas também podem ser chamadas de hidrocolóides.

Gomas obtidas a partir do endosperma de sementes de plantas da família Leguminosae apresentam estruturas químicas semelhantes entre si; são compostas por manose e galactose e são chamadas galactomananos. Além da importância biológica dos galactomananos para as sementes durante a germinação, estas gomas são utilizadas em diversos setores da indústria e estão entre os mais importantes polímeros naturais solúveis em água.

As fontes de galactomanano comercial mais conhecidas são: goma guar obtida a partir de sementes de *Cyamopsis tetragonolobus*; goma locusta obtida a partir de sementes de *Ceratonia siliqua* e goma tara obtida a partir de sementes de *Caesalpinia spinosa*. Esta última é mais recente e seu uso é mais restrito. As gomas mais usadas na indústria de alimentos são a guar e a locusta. Estas gomas, devido às estruturas pouco ramificadas, formam dispersões bastante viscosas, e os

resíduos de galactose ligados à cadeia principal de manose dificultam a aproximação de moléculas de polissacarídeos, evitando sua agregação. Isso torna o galactomanano muito estável e apropriado para muitas aplicações industriais. Em alguns casos estas gomas são utilizadas com outros polissacarídeos como a xantana ou carragenana, para formar gel. Sabe-se que quanto menos ramificado é o galactomanano, maior o sinergismo entre as moléculas de polissacarídeos.

Na indústria de alimentos o galactomanano é muito usado na produção de sorvetes, queijos, sopas e molhos para saladas. Podem, também, ser usados como espessantes em bebidas dietéticas não alcoólicas.

O processamento destas gomas restringe-se à separação do endosperma das sementes, onde se localiza o galactomanano. As gomas aqui citadas, portanto, são compostas em grande parte de galactomanano, apesar de todas apresentarem contaminantes de partes da casca e embrião das sementes processadas. A indústria tem trabalhado muito a fim de tornar a goma mais pura, sendo que desta forma o produto resultante terá propriedades melhores, o que torna seu uso mais econômico.

A seleção e uso de uma goma para aplicação específica depende das suas propriedades funcionais, de sua aceitação pela legislação e de seu preço. Cada goma tem suas características e pode ser considerada adequada para um determinado produto. Algumas gomas são dispersas em água fria, outras em água quente. Algumas são espessantes, outras formam géis em interação com outros polissacarídeos ou isoladas.

Muitas espécies de leguminosas brasileiras apresentam galactomanano em seu endosperma, em maior ou menor quantidade. Muitos destes polissacarídeos são fontes de estudos, seja do ponto de vista biológico ou comercial.

O faveiro (*Dimorphandra mollis*) é uma espécie nativa brasileira e encontrada em diferentes Estados como São Paulo, Minas Gerais e Piauí. Por ser uma espécie já explorada do ponto de vista comercial na produção de rutina a partir das favas da planta, a produção de goma a partir de suas sementes poderia propiciar um melhor aproveitamento da matéria prima, uma vez que atualmente as sementes são descartadas, podendo ser consideradas produtos secundários.

Sabendo que esta é uma espécie nativa e que se desenvolve bem em regiões com solo empobrecido, seu aproveitamento poderia incrementar o desenvolvimento econômico em regiões carentes e também proporcionar o desenvolvimento sustentável de biomas brasileiros.

A obtenção de sementes pode ser feita através de extrativismo, pois *Dimorphandra mollis* é uma espécie importante em cerrados e caatingas brasileiras e, sementes de *D. mollis* podem ser obtidas em grandes quantidades a partir da caatinga nordestina, porém, no momento são consideradas como subproduto da produção de rutina, mas não são aproveitadas.

Dimorphandra mollis Benth. foi escolhida para a realização deste trabalho por apresentar alto teor de galactomanano (acima de 40% do peso seco da semente) e produzir grandes quantidades de sementes. A casca do fruto de *D. mollis* é utilizada para extrair rutina pela empresa PVP S/A no Estado do Piauí. Sua árvore adapta-se bem a terrenos secos e pobres e é ótima para o plantio em áreas degradadas (Lorenzi, 1992). Oliveira (1992) salienta que estudos de germinação de sementes de plantas de *D. mollis* do cerrado são de particular interesse, seja em virtude da possibilidade de seu aproveitamento comercial, seja do ponto de vista ecológico. A mesma autora observou que as sementes de *D. mollis* germinadas apresentaram 100% de sobrevivência no cerrado, o que pode tornar viável o seu plantio neste tipo de bioma.

Nesse contexto, a contribuição com dados para a extração e caracterização química e físico-química do polissacarídeo das sementes pode contribuir para o aproveitamento integral dos frutos e viabilização econômica da sua exploração tanto na Região Nordeste, onde ocorre na caatinga, como nas Regiões Central e Sudeste do Brasil, onde ocorre no cerrado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GOMAS POLISSACARÍDICAS

Sementes de muitas espécies de Leguminosae utilizam polissacarídeos como fonte de reserva nutritiva para o período de estabelecimento da plântula (Reid, 1985). Para muitas espécies este período é crucial para que o ciclo de vida dos indivíduos seja completo.

Dentre os polissacarídeos de reserva de sementes destacam-se o amido, presente por exemplo em sementes de ervilha (*Pisum sativum*) e lentilha (*Lens esculenta*) (Bewley & Black, 1978); os arabinogalactanos, presentes em sementes de *Lupinus angustifolius* (Crawshaw & Reid, 1984); os xiloglucanos, presentes em sementes de tamarindo (*Tamarindus indica*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e copaíba (*Copaifera langsdorffii*); e os galactomananos, presentes em sementes de guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), caroba (*Ceratonia siliqua*) e outras (Reid, 1985; Buckeridge & Dietrich, 1990; Wankhede et al., 1995).

Comumente, as gomas mais utilizadas na indústria são polissacarídeos ou misturas destes. A demanda por gomas hidrossolúveis aumentou com o aumento da população e com o advento da necessidade de haver produtos alimentícios de rápido e fácil preparo (Meer et al., 1975).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS GOMAS POLISSACARÍDICAS

Uma das formas de classificar as gomas, ou hidrocolóides, é através da sua origem. Podemos ter desta forma quatro fontes: 1) extratos de algas marinhas: agar-agar (*Gelidium amansii*), alginato (*Laminaria* sp), carragenana ou irish moss (*Chondrus crispus*) e furcellarana (*Furcellaria fastigiata*); 2) extratos de sementes de

plantas: goma locusta (*Ceratonia siliqua*), goma guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) e goma tara (*Caesalpinia spinosa*); 3) exudados de plantas: goma arábica (*Acacia senegal*), tragacanta (*Astragalus gummifer*), karaya (*Sterculia urens*) e ghatti (*Anogeissus latifolia*); 4) gomas produzidas a partir da fermentação de microrganismos: dextrana (*Leuconostoc mesenteroide*) e xantana (*Xantomonas campestris*) (Glicksman, 1962; Glicksman, 1969; Meer et al., 1975; Bobbio & Bobbio, 1992).

2.3 GALACTOMANANOS

Galactomananos são polissacarídeos (ou hidrocolóides) de reserva, característicos de sementes pertencentes à família Leguminosae que possuem endosperma e são classificados como gomas originárias de sementes. São solúveis em água e formam dispersões viscosas e estáveis (Neukom, 1989). São constituídos por resíduos de manose, que formam uma cadeia principal de manano (com ligações β -1,4), ramificada com resíduos de galactose (ligações α -1,6). Após a germinação das sementes, o polímero é completamente degradado e seus produtos de degradação rapidamente transferidos e utilizados pelo embrião em crescimento (Reid, 1985; Buckeridge et al., 1995a).

Apesar de serem extraídos de diversas espécies em todo mundo, inclusive no Brasil (Dea & Morrison, 1975; Buckeridge & Dietrich, 1990; Buckeridge et al., 1995b), suas principais fontes comerciais são: goma guar, goma locusta (locust bean gum-LBG ou goma caroba) e goma tara. Esta última apresenta produção comercial recente e restrita, apesar de conhecida há muito tempo (Neukom, 1989).

Shcherbukhin (1992), ao estudar o galactomanano de oito espécies diferentes de leguminosas também observou que a razão manose:galactose, peso molecular e distribuição dos resíduos de galactose na cadeia principal de manose diferem de uma espécie para outra. Mas este autor revela que todas apresentam a mesma composição monossacarídica e que os tipos de ligações que ocorrem entre os resíduos da cadeia principal ou das ramificações é a mesma em todos os galactomananos analisados.

As gomas aqui citadas são compostas por galactomanano com razão manose:galactose variável. A goma guar possui razão ~ 2:1, enquanto a goma tara ~ 3:1, e a caroba ou locusta ~ 4:1 (**Figura 1**). Esta característica pode interferir em algumas de suas propriedades físicas (Neukom, 1989). A razão manose:galactose pode variar, numa mesma goma, de acordo com o tipo de extração e análise do polímero.

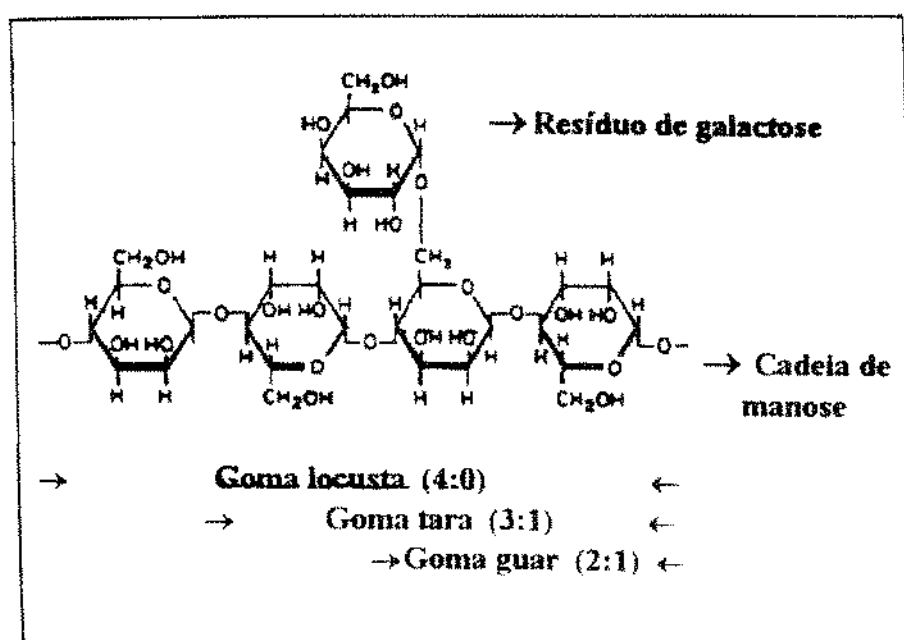


Figura 1- Estrutura do galactomanano de três fontes comerciais com diferentes razão manose:galactose.

Fonte: Neukom, 1989.

2.4 PROCESSAMENTO DO GALACTOMANANO

A goma locusta é obtida a partir de sementes de *Ceratonia siliqua* Linn., que é cultivada desde antes de Cristo. Uma das aplicações mais antigas é a sua utilização no preparo das múmias egípcias. Esta semente apresenta em peso 30-33% de casca, 42-46% de endosperma e 23-25% de embrião (Glicksman, 1962).

O endosperma de sementes de locusta é praticamente composto por galactomanano puro, e é separado das sementes através de um processo que engloba a retirada da casca através de um tratamento drástico com ácidos minerais, seguido de lavagem e secagem em estufas. Em seguida as sementes sem casca são trituradas e o embrião é separado do endosperma através da moagem e peneiramento do material (Wielinga, 1982).

A goma guar é obtida a partir de sementes de *Cyamopsis tetragonolobus*. Sua casca representa 14-17%, o endosperma 35-42%, e o embrião 43-47% do peso seco da semente. O endosperma separado das outras partes das sementes através de processos mecânicos é a goma comercializada (Whistler, 1982).

As sementes de guar são menores que as de locusta mas sua extração é similar e a separação da casca das sementes é mais fácil que a da locusta. O seu processamento consiste na retirada da casca por abrasão, separação do endosperma e embrião por processo inteiramente mecânico que consiste na moagem e obtenção de guar com diferentes granulometrias e graus de pureza. Esta goma tem sido produzida comercialmente desde 1940 (Neukom, 1989; Wielinga, 1982).

Segundo Neukom (1989) a goma tara é nativa do Peru e suas sementes são similares à locusta, mas seu endosperma representa apenas 20% do peso seco da semente. O mesmo autor afirma que o galactomanano puro só é obtido a partir de sua dispersão em água seguida de precipitação em etanol, mas essa purificação é cara e só é viável em pequena escala.

2.5 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS GALACTOMANANOS

A capacidade de se ligar à água, o alto poder espessante, a estabilidade das soluções e a capacidade de interagir com outros polímeros para formar gel são os principais motivos pelos quais os galactomananos são utilizados na indústria de alimentos (Neukom, 1989; Williams et al., 1991; Fernandes et al., 1992). Geralmente os galactomananos são utilizados nas formulações alimentares em concentrações que não excedem a 1% do produto final (Seaman, 1980).

A propriedade mais importante da goma guar é sua habilidade para hidratar rapidamente em água fria e produzir um fluido com alta viscosidade, sendo que baixas concentrações de guar resultam em produtos bem viscosos.

Por ser formado por um polissacarídeo neutro, a goma guar é estável com variação de pH entre 1 e 10,5 e não é afetado pela presença de sais e/ou sacarose nas formulações (Glicksman, 1962). A goma guar modificada enzimaticamente pode dar origem a uma goma com propriedades similares à locusta (Whistler, 1982).

Uma consideração importante a respeito das gomas é que a origem da matéria prima utilizada na produção da goma pode interferir na qualidade do produto (Glicksman, 1962). Segundo Meer et al. (1975) as propriedades das gomas também variam de acordo com condições de crescimento da planta de onde se obtêm as sementes para a extração da goma. No caso da goma locusta o lote obtido em 1973 foi considerado pobre, já os obtidos em 1974 tinham características consideradas ricas.

Os galactomananos também modificam o comportamento da água nos alimentos, diminuem a fricção entre seus componentes auxiliando no processamento e palatabilidade, auxiliam no controle de cristalização de soluções saturadas de açúcar e impedem a formação de cristais de gelo em sorvetes (Herald, 1986a).

Para Sprenger (1990) os galactomanos funcionam em três condições nos alimentos:

- 1- Isolado, se une muito bem à água e não é conhecido até hoje produto natural que se ligue à água e tenha as mesmas propriedades.
- 2 - Em sinergismo com outro hidrocolóide, podem interagir com outros polímeros gerando propriedades difíceis de serem conseguidas com outros tipos de substâncias.
- 3 - Em interação com vários ingredientes alimentícios, fazem com que o alimento atinja características favoráveis mesmo em presença de sais e variações de pH característicos de formulações alimentícias. Em linhas gerais, a goma locusta interage melhor com outros componentes que a goma guar. Isso ocorre porque a galactose interfere nas possíveis interações. Um exemplo típico é a interação entre goma locusta e proteínas do leite.

2.5.1 Solubilidade

A solubilidade do galactomanano depende do número de unidades de galactose ligadas à cadeia principal de manose. A goma guar por exemplo é dispersa rapidamente em água fria, a goma tara é intermediária e a locusta só é totalmente dispersa quando em água quente. Os galactomananos, como outros hidrocolóides, são insolúveis em solventes orgânicos e podem ser precipitados em água com adição de etanol (Neukom, 1989).

2.5.2 Viscosidade e Estabilidade

Reologia é o estudo do comportamento mecânico dos materiais quando submetidos à ação de forças externas, como acontece, por exemplo, no escoamento dos fluidos. Reometria é o estudo das técnicas de medida das características reológicas dos materiais. Viscosidade é uma propriedade reológica.

Isaac Newton introduziu o termo viscosidade, que é a resistência apresentada por um material ao escoamento. Viscosidade é sinônimo de "atrito interno" ou "resistência ao escoamento". A tensão necessária para manter um

estado de escoamento é denominada tensão de cisalhamento (τ), que é proporcional à taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) de corrente desse escoamento. A razão de proporcionalidade ($\mu = \tau/\dot{\gamma}$), chamada de coeficiente de viscosidade (Szczesniak, 1973), sendo constante e caracterizada como uma propriedade para uma classe de materiais designados como "fluidos newtonianos" onde,

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1})

μ = viscosidade (Pa.s), sendo $1\text{mPa.s} = 1\text{cPoise}$

O comportamento reológico de um polímero sob diferentes situações de concentrações, forças de cisalhamento, temperaturas e pH pode fornecer informações a respeito da aplicabilidade do polímero (Szczesniak, 1986).

O fluido cujo comportamento reológico é dependente da variação da taxa de deformação é genericamente chamado de fluido não-newtoniano. Como exemplos de fluidos não-newtonianos temos sopa-creme, sucos concentrados, iogurtes e hidrocolóides (Muller, 1973). Todos os fluidos se comportam como newtoniano a baixas taxas de deformação e força de cisalhamento (Barbosa- Cánovas, 1993).

Para caracterizar fluidos não-newtonianos podemos usar a viscosidade aparente η . A viscosidade aparente η é dada por:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

onde,

τ = tensão de cisalhamento (mPa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação, medido em cada passo da velocidade (s^{-1}) (Bourne, 1982)

Muitas gomas apresentam comportamento reológico que pode ser descrito pela lei da Potência ou de Ostwald, representada pela equação: $\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$, onde, τ = tensão de cisalhamento, K = índice de consistência, $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação, n = índice de comportamento de fluxo, que indica o desvio do comportamento em relação ao newtoniano (Szczesniak, 1986).

A viscosidade pode ser afetada por diversos fatores como: temperatura, onde geralmente há uma razão inversa entre viscosidade e temperatura; concentração da goma, onde há uma relação não linear entre a concentração do soluto e a viscosidade a uma temperatura constante; tempo, isto é, a viscosidade aparente cai com o tempo de cisalhamento. Fluidos dependentes do tempo são classificados como Tixotrópicos (Bourne, 1982).

O comportamento reológico não-newtoniano pode ser dividido em duas categorias: pseudoplásticos ("shear thinning") e dilatantes ("shear thickening"). O comportamento pseudoplástico é caracterizado pela diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de deformação, já o comportamento dilatante tem sua viscosidade aumentada com o aumento da taxa de deformação.

Na **Figura 2** mostra a tensão de cisalhamento em função da variação da taxa de deformação característico do comportamento reológico do fluido newtoniano, pseudoplástico e dilatante (Schramm, 1981).

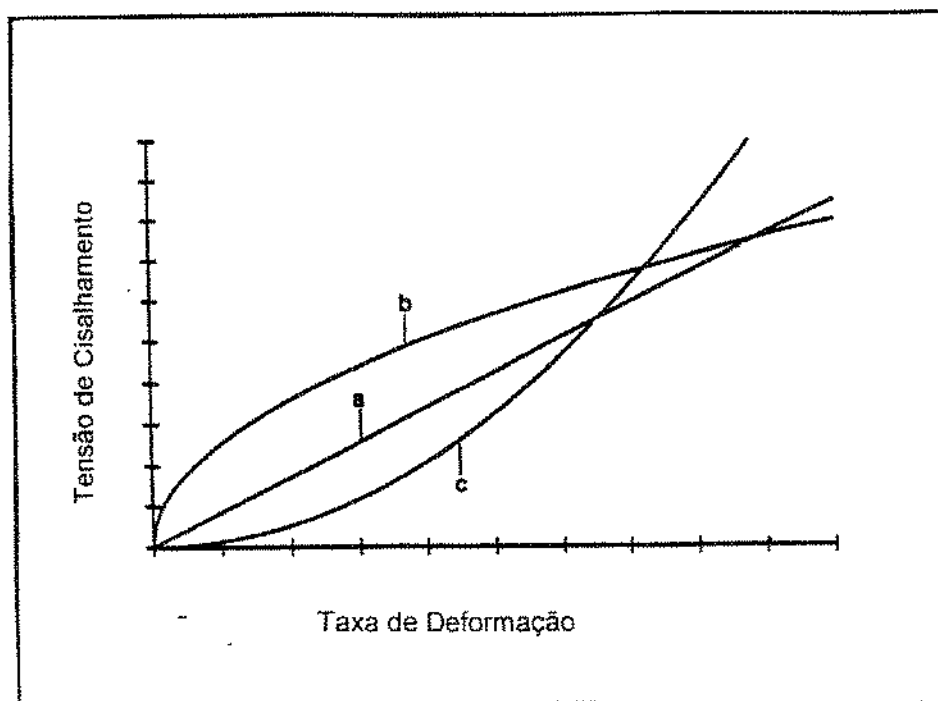


Figura 2- Comparação do comportamento reológico entre fluidos: a) Newtoniano; b) Pseudoplástico; c) Dilatante.

Fonte: Schramm (1981)

Dispersões obtidas com hidrocolóides são caracterizadas como pseudoplásticas, isto é, a viscosidade diminui com o aumento da taxa de deformação (Szczesniak, 1986). Molhos para saladas são bons exemplos deste tipo de comportamento (Bourne, 1982).

A viscosidade do hidrocolóide depende da força de cisalhamento, do tipo de hidrocolóide, da temperatura, presença de sais e dos ingredientes que compõem o produto. O comportamento reológico do hidrocolóide em diferentes temperaturas, tempo e força de cisalhamento oferece informações para sua caracterização e seleção (Szczesniak, 1986).

O estudo do comportamento reológico de um ingrediente pode ser utilizado por cientistas e tecnólogos a fim de formular alimentos e determinar a funcionalidade e modificações que o processamento possa causar (Holdsworth, 1993). Dados reológicos também são essenciais para o projeto e avaliação dos equipamentos na indústria de processamento de alimentos (Saravacos, 1970).

De acordo com a ISO (International Organization for Standardization) a unidade para viscosidade no Sistema Internacional é o **Pascal segundo (Pa.s)**. Em 1968, a Royal Society (London) recomendou que fosse permitido o uso da unidade **poise** para viscosidade (Bourne, 1982). O fator de conversão é 1Pa.s é igual a 10.000P, ou 1cP é 1 mPa.s. Como exemplo temos a viscosidade da água a 20,2°C que é igual a 1mPa.s ou 1cP.

Além da pureza do galactomanano, a viscosidade é o mais importante critério de qualidade dos agentes espessantes. Estas gomas são consideradas não-newtonianas e sua viscosidade é estável à temperatura ambiente, mesmo com variação de pH ou adição de sais. Mediante aquecimento prolongado a altas temperaturas há uma diminuição na viscosidade (Whistler & Hymowitz, 1979; Neukom, 1989).

A viscosidade das gomas é uma propriedade que lhes confere boa qualidade e aplicação. A umidade inicial e o teor de galactomanano no pó também interferem na viscosidade final (Herald, 1986b), quanto maior o teor de galactomanano, maior a viscosidade da dispersão.

Em geral, a dispersibilidade do polímero aumenta com a diminuição da razão manose:galactose. A goma guar, portanto, é mais solúvel e não precisa de aquecimento para interagir com a água (Herald, 1986b). O mesmo autor afirma que o tamanho das partículas também interfere na solubilidade. Partículas muito finas formam grumos quando em contato com a água, dificultando a dispersibilidade do material. Por outro lado as partículas não podem ser muito grandes devido à dificuldade do contato da água com algumas moléculas de galactomanano, resultando em produtos pouco viscosos.

Segundo Whistler & Hymowitz (1979) a viscosidade de dispersões de guar em água a 0,3% cai lentamente com o aumento da taxa de deformação, e quando ela é dispersa a 1% ou mais a viscosidade cai rapidamente. O máximo de viscosidade obtido para esta goma é atingido quando dispersa em água a 25-40°C, e a viscosidade se mantém estável a 80°C durante 2h.

Carlson et al. (1962), estudando o comportamento reológico da goma guar, observou que dispersões em água acrescidas de cloreto de sódio não apresentavam grandes alterações na viscosidade. Observou que o aumento de cloreto de sódio coincidia com um pequeno aumento na viscosidade, mas que isso provavelmente era devido à diminuição na quantidade de água disponível na dispersão.

Carlson et al. (1962), ao trabalharem com a goma guar nas mesmas condições (1% de polissacarídeo em água a 25°C) com adição de sacarose à dispersão da goma em água, observaram que a viscosidade decresce de maneira diretamente proporcional com a concentração de sacarose. Os mesmos autores concluíram que a goma guar mantém sua viscosidade estável mesmo com grande variação de pH, por ser um hidrocolóide neutro. Para Whistler & Hymowitz (1979) ela é estável em pH variando entre 1 e 10,5.

Carlson & Ziegenfuss (1965), trabalhando com a influência da sacarose na viscosidade da goma guar observaram que a presença da sacarose na dispersão acarreta diminuição da viscosidade. O aumento da concentração de sacarose provoca diminuição na viscosidade, mas no caso da sacarose ser adicionada 2h após a dispersão ter sido preparada, a viscosidade não sofreu decréscimo. Isso indica que há uma competição pela água entre a sacarose e a goma guar, caso a dispersão ainda não esteja estável. Apesar do decréscimo da viscosidade ser indesejável, sabe-se que a sacarose protege a goma da hidrólise ácida (Whistler & Hymowitz, 1979). Este fator é importante do ponto de vista industrial, uma vez que as gomas são muito utilizadas em produtos com pH 3.

2.5.3 Interação Entre Polissacarídeos Para Formação de Gel

As gomas formadoras de géis, mais conhecidas, são o agar, alginato, pectina e carragenana. Os galactomananos formam géis apenas quando na presença de outros polímeros como as gomas xantana e carragenana (Sprenger, 1990). A goma locusta pode interagir com agarose, xantana ou κ -carragenana, resultando num gel (McCleary et al., 1982). A interação entre xantana e locusta ocorre quando a dispersão desses polissacarídeos é feita em água quente (Sprenger, 1990).

As xantanas são gomas produzidas por *Xantomonas campestris* durante a fermentação. Ela é composta por D-glucose, D-manose, ácido D-glucurônico, grupos acetílicos e ácido pirúvico. Elas formam dispersões viscosas, são estáveis à variação de pH, temperatura, concentração de sais e, quando em interação com outra goma podem ter sua viscosidade aumentada, ou resultar na formação de gel (Glicksman, 1969; Williams, 1991)

Géis podem ser analisados quanto a algumas propriedades físicas através do uso de um Analisador de Textura. A interação entre goma locusta e xantana resulta em aumento de viscosidade e geleificação, dependendo da concentração (Sprenger, 1990). No caso da goma guar em interação com xantana, há um aumento de viscosidade e da estabilidade ao ácido (Sprenger, 1990).

Segundo Iggoe (1982) a interação entre guar e xantana pode ocorrer tanto em dispersões preparadas à temperatura ambiente, quanto em aquecimento, mas a associação locusta-xantana só ocorre quando aquecida. Segundo o mesmo autor o gel de xantana-locusta é usado para sobremesas geleificadas, e a combinação de xantana, locusta e guar é usada para otimizar características reológicas em sorvetes.

Segundo Bourne (1978), os parâmetros que descrevem a textura de um gel são: Dureza ou Firmeza - quantifica a deformação do gel ao ser aplicada uma força; Fratrurabilidade- força requerida para quebrar o gel ao introduzir a sonda do analisador de textura; Adesividade- quantifica a força negativa necessária para retirar o probe da amostra após a primeira compressão.

De acordo com Glicksman (1969) a formação de um gel é marcada pela diminuição de movimentos Brownianos das partículas coloidais. Durante a sua formação a viscosidade começa a aumentar e o solvente é absorvido pelo soluto e é gradualmente imobilizado.

Géis de polissacarídeos podem ser definidos como interações ou associações polissacarídeo-polissacarídeo. Vários fatores podem interferir na firmeza do gel. Geralmente o aumento de concentração do polissacarídeo provoca aumento espontâneo de viscosidade e conseqüentemente, a formação de géis. O tipo de galactomanano utilizado durante a interação também interfere nos parâmetros de textura resultantes do gel produzido (Neukom, 1989).

Segundo Neukom(1989) a goma locusta possui poucas galactoses e forma géis mais fortes que a goma guar, que apresenta-se mais ramificada. A goma tara forma géis com força intermediária. Outro fator importante na formação de géis é a temperatura de preparo do gel, o tipo de polissacarídeo utilizado na interação, e a proporção entre os polissacarídeos utilizados.

Williams (1991) durante ensaio de interação de locusta-xantana, preparou suas amostras através do aquecimento (95°C) das misturas, em quantidades pré-determinadas, durante 30min. O mesmo autor observou máxima força de gel quando a proporção entre locusta:xantana era 1:1, para dispersões com 1,2% de polissacarídeos totais. Fernandes (1994), trabalhando com goma tara e locusta, também observou máxima interação entre galactomanano-xantana ocorre quando a proporção entre os polissacarídeos é 1:1.

Collyer (1982) observou que, na aplicação industrial de gomas, pode-se obter produtos com características específicas quando utilizadas misturas de diferentes hidrocolóides como por exemplo xantana (0,16%) adicionada à locusta (0,15%), tornam a dispersão mais viscosa quando a temperatura cai de 60 para 30°C, que quando em relação à xantana (0,26%) mais locusta (0,05%). Neste caso a viscosidade foi medida em reômetro HAAKE VT181. Os mesmos autores compararam o efeito da interação locusta-xantana e guar-xantana na viscosidade de sopas esfriadas de 80 a 30°C. As viscosidades foram medidas com taxa de

deformação igual a $53s^{-1}$ (taxa de deformação próxima à que temos na boca enquanto consumimos sopa).

A interação entre galactomanano-xantana ou galactomanano- κ -carragenana, é influenciada pela quantidade de galactoses distribuídas na cadeia principal de manose (Fernandes, 1994). O mesmo autor observou que o sinergismo entre moléculas de xantana e galactomanano era pior quanto maior era a razão manose galactose desta última.

2.6 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DOS GALACTOMANANOS

A adição e combinação de aditivos permitidos para alimentos têm trazido alguns benefícios para a indústria, além de trazer novas fontes de pesquisa. De acordo com o Codex Alimentarius, "aditivo alimentar" é qualquer substância normalmente não consumida como alimento nem adicionada como um ingrediente típico do alimento, que tenha ou não um valor nutritivo, mas que é adicionado com propósito tecnológico, visando o processamento, tratamento, empacotamento, transporte e propriedades organolépticas do alimento (FAO, 1973).

O galactomanano comercial é considerado aditivo alimentar e é obtido pela separação das partes das sementes. Isso acaba ocasionando certa contaminação do produto com resíduos de casca e embrião. A porcentagem destes resíduos depende do grau de contaminação e do tipo de processamento (Neukom, 1989).

Os galactomananos são utilizados principalmente nas indústrias de alimentos, petrolífera, têxtil, papel, explosivos, mineração e cosmética. Na indústria petrolífera suas principais funções são controle de perda de água, controle de viscosidade e redução da fricção. É utilizada para aumentar a produtividade de poços de petróleo, atuando como redutor de atrito no processo de fracionamento hidráulico pelo qual uma grande quantidade de fluido é bombeado rapidamente para dentro do poço para separar as camadas da rocha petrolífera. Por ter a propriedade de funcionar como espessante sob uma variedade de condições ambientais, a goma guar é utilizada na formulação de pastas e géis para explosivos e como espessantes de corantes da indústria têxtil. Na fabricação de papel a goma é

adicionada à pasta de celulose pouco antes da formação das folhas, dando a elas uma formação mais homogênea, aumento da capacidade de dobrar e esticar, diminuindo a porosidade (Whistler & Hymowitz, 1979). Na mineração são amplamente utilizadas na separação de líquidos e sólidos graças à capacidade da goma adsorver partículas de minerais hidratadas. São também utilizadas na indústria tabagista como aglutinador na produção de tabaco reconstituído. Neste processo as folhas de fumo são misturadas com a goma e lançadas sobre uma cinta de metal como um filme que é retirado após secagem em processo contínuo (Davidson, 1980). Na indústria cosmética e farmacêutica são utilizados como espessantes de produtos líquidos, ou como aglutinadores e desintegradores de comprimidos (Whistler & Hymowitz, 1979).

Na indústria de alimentos as gomas são muito utilizadas como espessantes e estabilizantes. De acordo com as definições extraídas do decreto lei nº 55.871, "Espessante é uma substância capaz de aumentar, nos alimentos, a viscosidade de soluções, emulsões e suspensões", enquanto que "Estabilizante é a substância que favorece e mantém as características físicas das emulsões e suspensões" (Antunes & Canhos, 1981).

Os galactomananos funcionam como estabilizantes de queijos e iogurtes, melhorando sua maciez e textura. Em alimentos enlatados evitam a migração de gordura durante o processo de embalagem e controlam a separação da água. São usadas como espessantes em temperos para saladas estabilizam molhos para churrasco, reduzindo a temperatura de separação dos componentes e prolongando o tempo de vida de prateleira do produto (Whistler & Hymowitz, 1979; Szczesniak, 1986; Neukom, 1989). Muitas vezes as gomas são associadas a outras para obter resultados adequados como o uso de combinações entre locusta, guar, xantana, carragenana, amido modificado, na elaboração de produtos mais elaborados (Morley, 1982).

A goma guar é usada em misturas prontas para bolos, pois diminui o tempo de processamento além de torná-lo mais resistente à pressão mecânica, diminui a absorção de água em produtos congelados, evita a imigração de ingredientes durante a preparação e defumação de carnes, previne a migração de gordura e separação de água durante o estoque (Whistler & Hymowitz, 1979).

Segundo Chudzikowski (1971) a goma guar é considerada uma das melhores alternativas para a indústria de alimentos. Apresenta altas viscosidades mesmo em água fria. Suas soluções são estáveis a pH 4-10,5. Apesar do pH não afetar a viscosidade final, ele pode interceder na hidratação da goma. O mesmo autor afirma que soluções de guar estão sujeitas a deterioração microbiana, provocando queda na viscosidade. Para evitar contaminações a solução deve ser usada 24h após sua produção. A goma guar melhora a textura do queijo, retarda o encolhimento de produtos cárneos, é usado como espessante de molhos para saladas e é compatível com meio ácido (Glicksman, 1962).

Por ser um polímero neutro, a estabilidade da goma locusta é pouco afetada com a variação de pH entre 3-11. Esta característica o torna indicado para a produção de sorvetes pois é inerte ao ácido láctico e ao cálcio, a viscosidade não diminui muito com a agitação, o resfriamento é uniforme e permite a incorporação de ar à mistura, o aumento de temperatura não afeta drasticamente a viscosidade e não mascara o sabor e odor do alimento (Glicksman, 1962). O mesmo autor afirma que a goma locusta torna o molho de saladas mais homogêneo, melhora a textura e diminui a perda de peso de produtos cárneos.

A goma locusta também pode ser usada juntamente com outras gomas para obter propriedades específicas na indústria de alimentos. Difere das outras gomas no que diz respeito à solubilidade e à interação com outros polímeros. Quando em interação com a carragenana torna o gel mais resistente (Neukom, 1989), e provoca sinergismo com a xantana (Kovacs, 1973). Sua suscetibilidade em interagir com ingredientes alimentares é maior devido à estrutura molecular. É possível que a galactose interfira nas interações. A exemplo disso temos a interação da caroba com caseína. Neste caso a interação funciona como "protetor" da proteína e permite seu aquecimento sem coagulação (Sprenger, 1990). Albuquerque et al. (1996) observaram que gomas associadas (locusta xantana) juntamente com pectina e alginato de sódio mostraram-se uma boa opção de agentes geleificantes na produção de geléia de uva.

Por ser uma fonte alternativa de galactomanano, a goma tara tem grande aplicação na indústria cosmética desde 1973. É similar à locusta e é considerada uma alternativa barata. É solúvel em água fria mas para a sua completa dissolução

é necessário aquecimento. Sua solução aquosa é neutra e altamente viscosa (Neukom, 1989). É mais viscosa que as gomas guar e caroba (Glicksman, 1986), mas por apresentar um endosperma que representa cerca de 20% do peso da semente, seu rendimento é relativamente baixo (Neukom, 1989).

2.7 ATIVIDADE DAS ENZIMAS DE DEGRADAÇÃO DO GALACTOMANANO

A degradação do galactomanano em sementes durante a germinação se dá através da ação simultânea de três enzimas hidrolíticas: uma α -galactosidase responsável pela quebra das ligações α -1,6 existentes entre os resíduos de galactose e manose; uma endo- β -mananase que rompe as ligações β -1,4 entre os resíduos de manose da cadeia principal, reduzindo o manano a oligossacarídeos tais como manobiose e manotriose, os quais podem ou não conter resíduos de galactose; e uma beta-manosidase (exo- β -mananase) específica para a quebra das ligações β -1,4 entre os resíduos de manose dos oligossacarídeos provenientes da ação da endo- β -mananase (McCleary, 1983).

2.8 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS

Antes que uma determinada droga seja utilizada em seres humanos, deve-se avaliar o seu potencial tóxico. Um dos primeiros ensaios aplicados à medida da toxicidade aguda, onde a DL_{50} em dose única é determinada para várias espécies como ratos e camundongos. Neste ensaio é feita a avaliação da letalidade em 24h e 14 dias após o tratamento e as doses VO (via oral) dão uma estimativa da biodisponibilidade. Este ensaio não apenas dá uma idéia das doses efetivas num sistema biológico de mamíferos, como também pode fornecer informações no sentido de decidir dar ou não continuidade do desenvolvimento do produto em questão (Guarino, 1986).

A toxicidade é um conceito relativo e deve ser descrita como uma relação dose/efeito. O mesmo autor afirma que algumas substâncias químicas podem causar a morte ao serem utilizadas microgramas e em geral estas substâncias são

consideradas extremamente tóxicas (ou venenosas). Outras substâncias podem ser relativamente inócuas, inclusive depois de serem administradas doses de vários gramas. Neste caso foram estabelecidas categorias de toxicidade em função das quantidades de substâncias necessárias para produzir um efeito prejudicial. Um exemplo dessa classificação é dada pela quantidade de material administrado que tenha causado efeitos nocivos: Extremamente tóxico (1mg/kg ou menos); Altamente tóxico (1 a 50mg/kg); Moderadamente tóxico (50 a 500mg); Ligeiramente tóxico (0,5 a 5g/kg); Praticamente atóxico (5 a 15g/kg); Relativamente inócuo (mais de 15g/kg) (Loomis, 1981).

Muitos aditivos possuem substâncias que podem ter efeitos tóxicos ao homem. O perigo não se encontra apenas nos que podem causar problemas imediatos, mas também naqueles que se manifestam após um período de latência. A toxicidade de um alimento deve ser avaliada com cautela e, para isso são necessários ensaios biológicos a fim de classificar o alimento dentro de parâmetros que indiquem a sua toxicidade ou não (Loomis, 1981).

As três gomas aqui citadas têm sido estudadas pelo Joint Expert Committee for Food Additives (JECFA) da WHO/FAO e não têm mostrado efeitos nocivos ao homem. As gomas caroba (E410) e guar (E412) são mais reconhecidas como agentes espessantes e estabilizantes (Chudzikowski, 1971; Neukom, 1989).

Neukom (1989) afirma que os galactomananos não são hidrolisados pelas enzimas da digestão do homem e não são considerados fontes de calorias. Estas gomas pertencem ao grupo das fibras, do ponto de vista nutricional. Em contraste com as fibras comuns, o galactomanano é solúvel em água e uma degradação parcial ocorre no colon por fermentação microbiana. Tanto a goma guar quanto a caroba são completamente aceitáveis como aditivos alimentares segundo as determinações da FAO/WHO Codex Alimentarius e da comunidade Européia. (Overeem, 1982).

2.9 FAVEIRO (*Dimorphandra mollis*)

Dimorphandra mollis é uma espécie pertencente à Família Leguminosae, sub-família Caesalpinoideae, e é popularmente conhecida como faveira, farinha, barbatimão-de-folha-miúda, barbatimão-falso, canafistula, faveiro ou fava d'anta; possui porte arbóreo e atinge entre 8-14m de altura (Lorenzi, 1992). Sua vagem é comprida (12-18cm de comprimento por 4-5cm de largura) (Santos et al., 1975) e contém em média 23 sementes (**Figura 3**). Através de observação no campo de aproximadamente 20 indivíduos durante os anos de 1992, 1993 e 1994, apenas um deles apresentava os frutos completamente abertos ao final do período de maturação, sendo que, nos demais indivíduos os frutos caíam da árvore apresentando apenas deiscência na lateral das favas (Zpevák, 1994).

Sua casca tanífera encontra aplicação em curtumes, além de apresentar uma substância de grande importância terapêutica, a rutina (Tomassini & Mors, 1966; Rizzini & Mors, 1976). O fruto de *Dimorphandra mollis* apresenta alto rendimento de rutina, 100g de pericarpo rende 8g de rutina. A verificação da ocorrência de grande quantidade de rutina e a sua fácil extração é de considerável interesse. A rutina tem importância terapêutica em virtude de determinar a normalização da resistência e permeabilidade das paredes dos vasos capilares (Tomassini & Mors, 1966).

Seus folíolos são utilizados no Estado de Minas Geras para rechear almofadas das "cangalhas" (Santos et al., 1975). Sua madeira pode ser empregada na fabricação de tablados, confecção de caixas, compensados, forros, painéis, brinquedos e para lenha e carvão (Zpevák, 1994). A árvore é tida como forrageira por um grande número de fazendeiros pois seus frutos com polpa doce e saborosa atraem o gado, mas foi verificado que podem causar intoxicação em bovinos (Santos et al., 1975).

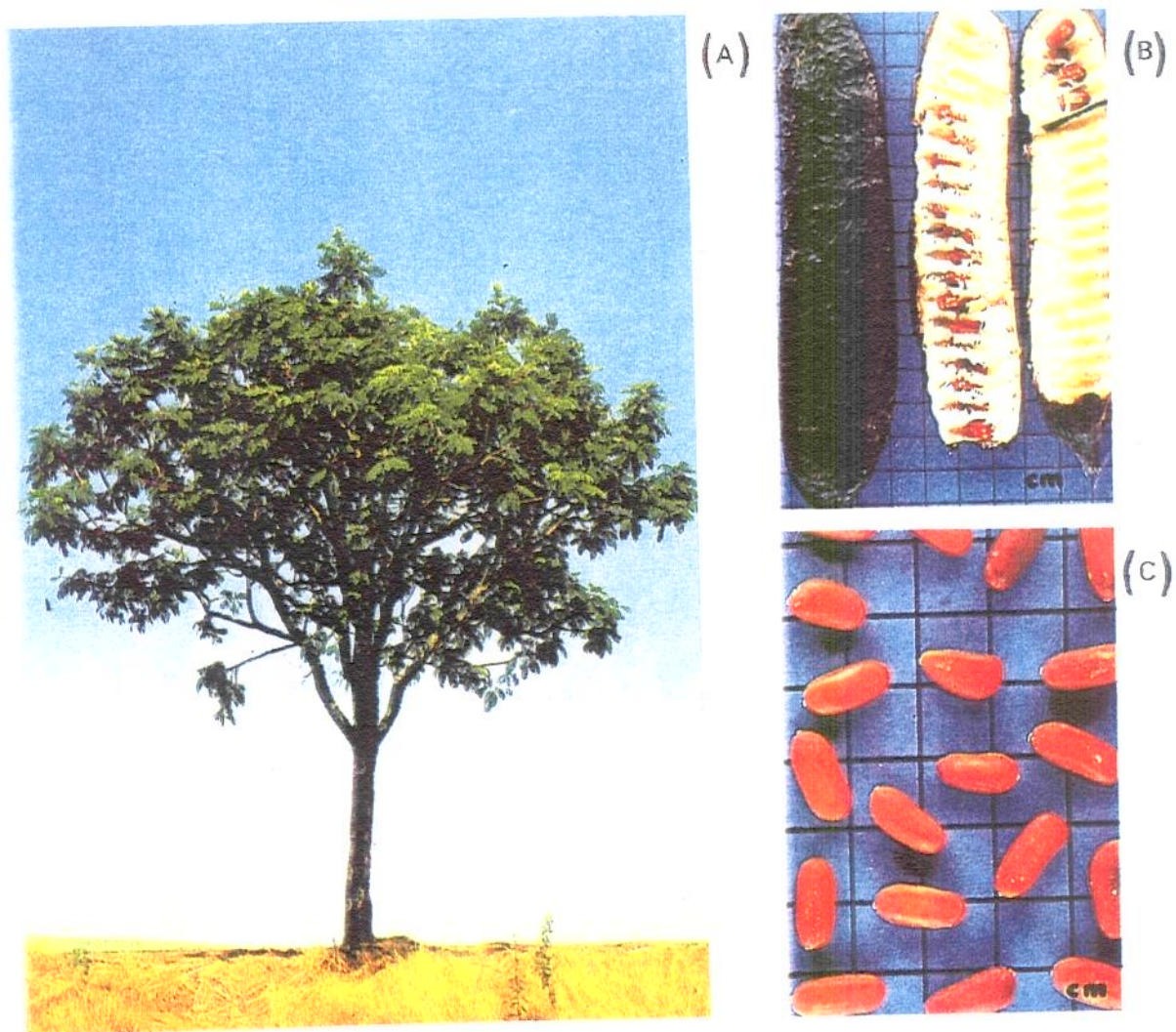


Figura 3- *Dimorphandra mollis* : (A) Árvore, (B) Fruto, (C) Sementes.

Fonte: Lorenzi (1992).

Para a obtenção das sementes de *D. mollis*, os frutos são retirados das árvores quando iniciam a queda espontânea e levados ao sol para secar, facilitando a abertura da vagem e liberação das sementes (Lorenzi, 1992). O mesmo autor afirma que a maturação do fruto ocorre entre os meses de agosto e setembro, e que um quilograma de fruto apresenta aproximadamente 3.700 sementes. O galactomanano de *D. mollis* já vem sendo estudado há algum tempo e seu rendimento é de cerca de 40% do peso seco da semente (Buckeridge & Dietrich, 1990; Buckeridge et al., 1995a).

A *D. mollis* é uma espécie nativa brasileira e suas favas são utilizadas como fonte de rutina. Desta forma a produção de galactomanano a partir de suas sementes poderia ser considerada como produto secundário, uma vez que as sementes são separadas das favas para a extração de rutina. Sabe-se que 1000g de favas de *D. mollis* da caatinga de Parnaíba (Piauí) possui cerca de 100g de sementes, conforme informações da PVP S.A., que extrai rutina das favas de *D. mollis*. Até o presente momento não se conhece nenhuma aplicação comercial das sementes de *D. mollis*, mas seu aproveitamento seria interessante pois toneladas das mesmas são descartadas anualmente.

A obtenção de rutina a partir das favas de *D. mollis* é uma atividade extrativista, pois esta espécie não é domesticada. Desta forma esta espécie poderia ser utilizada na produção de rutina e galactomanano, concomitantemente, visando também o desenvolvimento sustentável de regiões onde a *D. mollis* pode ser encontrada.

A espécie *D. mollis* pode ser encontrada em diversas regiões do Brasil. No cerrado por exemplo, esta espécie, conhecida como cana-fístula, é dominante e vem sendo estudada por vários pesquisadores devido à sua importância no equilíbrio e manutenção dos cerrados brasileiros. De acordo com Brito (1997), os cerrados estão "com seus dias contados" se forem consideradas as projeções baseadas na evolução da ocupação territorial. Todavia, estudos que vêm sendo desenvolvidos apontam para o seu grande potencial econômico, especialmente na área de alimentos, e já se conhece cerca de 80 espécies vegetais que fornecem frutos, sementes ou palmitos.

Segundo Wilson (1992), a obtenção de produtos não madeireiros em ecossistemas naturais pode aumentar os benefícios de comunidades locais, além de preservar espécies em diferentes regiões. Por esta perspectiva, a produção de rutina e galactomanano na caatinga nordestina poderia trazer benefícios.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

As sementes de *Dimorphandra mollis* são provenientes da caatinga da Parnaíba (Piauí), fornecidas pela PVP S/A. Também foram processadas sementes oriundas do cerrado (Mogi-Guaçu, SP), para efeito de comparação, nas determinações de peso da semente, teor de casca, endosperma, embrião e galactomanano.

Os ensaios de remoção da casca, de moagem e peneiramento foram realizados com as sementes fornecidas pela PVP S/A. As frações obtidas após o peneiramento foram utilizadas nos experimentos de otimização de extração do galactomanano, de composição centesimal e de determinação da razão manose:galactose.

A fração retida na peneira com 420 μ m de abertura, proveniente de sementes sem casca, foi utilizada para os experimentos de toxicidade aguda, de análise reométrica, de interação galactomanano-xantana para formação de gel e de análise da atividade enzimática. Foi convencionalmente denominado como galactomanano de *D. mollis* a fração de sementes sem casca retida na peneira de 420 μ m.

Caracterização das Sementes

Quatro lotes de 10 sementes de *Dimorphandra mollis* da caatinga e do cerrado foram dissecadas (separação da casca, endosperma e embrião) e suas partes foram secas em estufa a 60°C até peso constante. Foi determinada a massa de cada uma das partes secas das sementes e o teor de galactomanano das sementes com casca.

3.2 PREPARO DO MATERIAL: ENSAIOS DE REMOÇÃO DA CASCA

A fim de obter extratos com baixos teores de impurezas e pigmentos, primeiramente foram feitos testes de retirada da casca das sementes. Para os testes de retirada da casca e obtenção de galactomanano foram utilizadas sementes de *Dimorphandra mollis* secas em estufa a 60°C.

O ensaio para avaliação de tratamentos de remoção da casca foram realizados com lotes de 100g de sementes, com três repetições, sendo testadas soluções de 2 e 5% de hidróxido de sódio (150ml de solução para 50g de sementes). A avaliação quantitativa da remoção da casca foi realizada através da perda de peso das sementes, após secagem a 60°C. Esses testes foram realizados por imersão das sementes durante 25 minutos em soluções de hidróxido de sódio a 100°C. O tratamento selecionado para continuidade dos ensaios foi o NaOH 5%.

A seguir foi conduzido um ensaio para a otimização do tratamento com hidróxido de sódio 5% para remoção da casca, realizando a imersão das sementes em períodos de 5, 10, 20 e 30 minutos. Após a retirada das sementes do banho com NaOH 5%, as mesmas foram colocadas num recipiente com agitação leve e água corrente (temperatura ambiente) por um período de cerca de 1 minuto, para remoção dos pedaços da casca e resíduos de hidróxido de sódio. A seguir as sementes foram secas em estufa a 60°C, pesadas e determinado o peso da casca removida e a remoção (%) da casca. O material obtido, embora em sua maior parte contendo ainda o halo elíptico da casca, foi denominado de semente sem casca.

3.3 FRACIONAMENTO DAS SEMENTES: MOAGEM, PENEIRAMENTO E EXTRAÇÃO DE GALACTOMANANO EM SEMENTES

3.3.1 Sementes sem Casca

Após a remoção da casca em NaOH 5% a 100°C durante 20 minutos e lavagem em água, as sementes sem casca e secas a 60°C foram submetidas a moagem em moinho de bola (Microtritador TECNAL- Modelo TE350) durante 3 minutos. Em testes preliminares foi avaliada a carga de sementes que permitiu o

fracionamento ideal, com a adição da carga de 30g de sementes na câmara de trituração. O material triturado foi separado por uma bateria de peneiras de 420, 300, 250, 177, 125 e 74 μm de abertura. Para cada uma das frações obtidas foi realizada a extração do galactomanano e determinado o seu peso. A sequência a que foram submetidas as sementes, é apresentada na **Figura 4**.

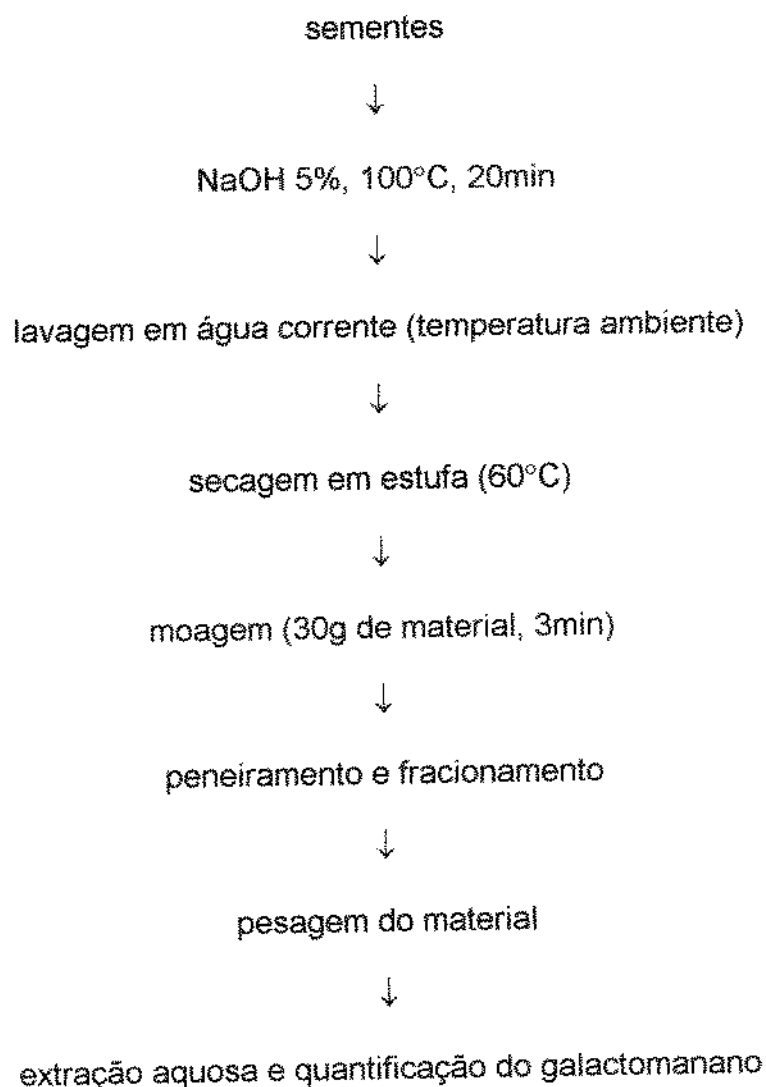


Figura 4- Fluxograma das operações de tratamento das sementes de *D. mollis*, com retirada da casca.

3.3.2 Sementes com Casca

Sementes inteiras de *D. mollis*, secas em estufa a 60°C, foram submetidas a moagem em moinho de bola (Microtriturador TECNAL- Modelo TE350) durante 3 minutos. O material triturado foi separado por uma bateria de peneiras de 420, 300, 250, 177, 125 e 74 μm de abertura. Para cada uma das frações obtidas foi determinado o peso do material retido nas diferentes peneiras e realizada a extração de galactomanano.

3.3.3 Extração Aquosa para a Determinação do Teor de Galactomanano

Para a determinação do teor de galactomanano, cada uma das frações obtidas no peneiramento foi submetida à extração aquosa. Essa extração é o método clássico comumente utilizado para extração de galactomananos de sementes (Anderson, 1949). A fração bruta foi dispersa em água na concentração de 1%. A dispersão foi aquecida a 60°C durante 6h com agitação constante. O extrato aquoso foi filtrado em tecido, a vácuo, e o material remanescente foi lavado várias vezes com água destilada até que fosse observada a ausência de goma na fração retida no tecido de filtragem. Ao filtrado foi adicionado etanol 96°GL na proporção de 3 volumes de etanol: 1 volume de extrato, e deixado em repouso a 5°C, por uma noite, para completa precipitação do galactomanano. O polissacarídeo foi separado por nova filtração em tecido, a vácuo, disperso em água destilada à temperatura ambiente e liofilizado. A pesagem do galactomanano liofilizado permite calcular o seu teor na fração (**Figura 5**).

3.4 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO AQUOSA DO GALACTOMANANO

Devido à dificuldade observada na filtração da solução do galactomanano, foi delineado um ensaio com uma menor concentração do mesmo, dispersando 0,5 e 1% das frações brutas. O tratamento selecionado para continuidade dos ensaios foi a dispersão do material a 0,5% (p/v) em água a 60°C durante 6h com agitação constante.

Os extratos aquosos do polissacarídeo a 0,5% (p/v) foram submetidos à precipitação com etanol 96°GL nas proporções de 3 volumes de etanol para 1 volume de extrato (Anderson, 1949). Outras amostras oriundas dos extratos aquosos do polissacarídeo a 0,5% (p/v) foram precipitados com etanol 96°GL na proporção de 5:1 (v:v). O tratamento selecionado para continuidade dos testes de quantificação do galactomanano foi a precipitação com etanol 96°GL na proporção de 5:1 (v:v).

A sequência de procedimentos para a extração aquosa de galactomanano a que foram submetidas as frações das sementes, é apresentada na **Figura 5**.

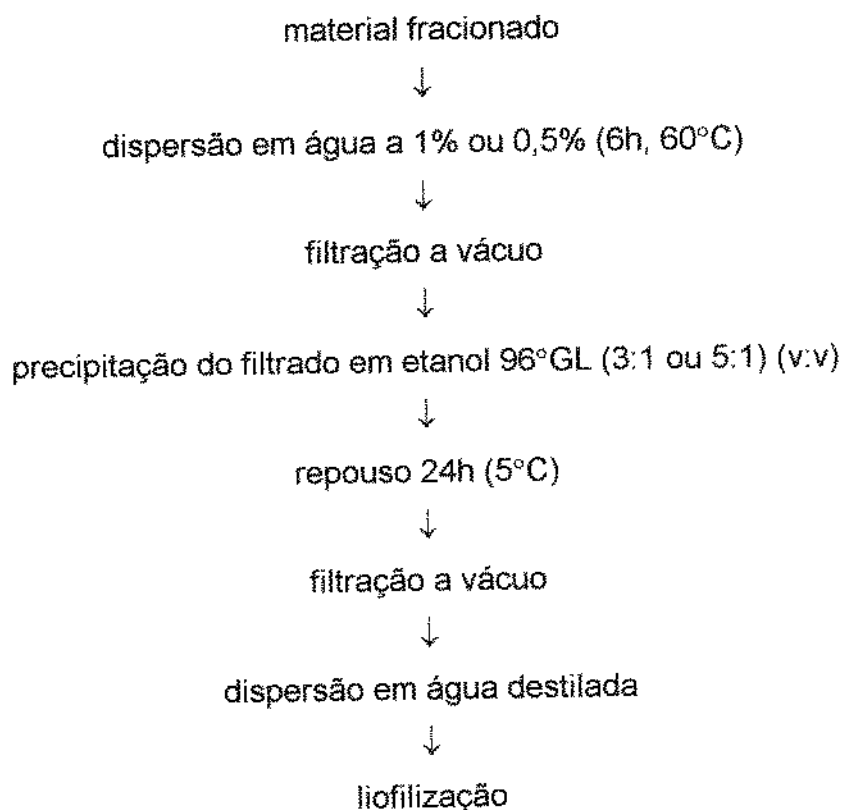


Figura 5- Fluxograma das operações de extração aquosa de galactomanano de sementes de *D. mollis*.

3.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE E SUAS FRAÇÕES

Os diversos materiais representados por sementes com cascas, sementes sem casca e frações de ambas, foram avaliados quanto ao seu rendimento, composição centesimal aproximada (% galactomanano, proteínas, lipídios, cinzas e fibra bruta). Os ensaios foram conduzidos em triplicata, com sementes sem casca, com casca e frações peneiradas das mesmas. As frações peneiradas foram obtidas de acordo com o item 3.3 e, portanto, os tratamentos avaliados foram:

fração SC - material proveniente de sementes trituradas após a retirada da casca com solução de hidróxido de sódio 5%

fração SC-420 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 420 μm de abertura

fração SC-300 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 300 μm de abertura

fração SC-250 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 250 μm de abertura

fração SC-177 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 177 μm de abertura

fração SC-125 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 125 μm de abertura

fração SC-74 - material proveniente de sementes trituradas sem casca (solução de hidróxido de sódio 5%) e retido na peneira com 74 μm de abertura

fração CC - material proveniente de sementes trituradas com casca

fração CC-420 - material proveniente de sementes trituradas com casca, triturado e retido na peneira com 420 μm de abertura

3.5.1 Galactomanano

Foram feitas extrações aquosas do polissacarídeo na concentração de 0,5% (p/v) a 60°C durante 6h com agitação constante e com a utilização de um condensador. O extrato aquoso foi precipitado em 5 volumes de etanol e posteriormente colocado em câmara fria (5°C) durante uma noite. O material precipitado foi filtrado a vácuo e o filtrado recuperado em água destilada e posteriormente liofilizado até completa secagem. O material seco foi pesado para a determinação do rendimento de galactomanano nas frações.

3.5.2 Proteínas

Foram feitas dosagens de proteínas a partir da determinação de nitrogênio pelo método de micro-Kjeldahl (Kalat & Mayer, 1967). Para as dosagens de proteínas foram colocados 200mg de amostra em tubo de digestão e acrescentados 2g de mistura catalisadora mais 5ml de ácido sulfúrico. Os tubos foram colocados em bloco digestor até atingir 350°C e a solução apresentar cor verde-azulada; a partir daí foi aquecido por mais 30min. Após os tubos terem esfriado, foram adicionados aproximadamente 10ml de água destilada e em seguida procedeu-se à destilação. Antes da destilação o conteúdo do tubo foi neutralizado com solução de hidróxido de sódio 5%, com o aparecimento de cor escura. O destilado foi recolhido em erlenmeyer contendo 10ml de ácido bórico com indicador. A seguir o destilado foi titulado com HCl 0,02N até cor rosada. O cálculo do teor de proteínas na amostra foi feito utilizando fator de conversão 6,25.

3.5.3 Lipídios

Para a determinação do teor de lipídios, 2g de amostra foram colocados em cartuchos de papel Whatman com 80mm de comprimento e 33mm de diâmetro interno. A extração se procedeu em aparelho de soxhlet durante 5h utilizando éter de petróleo e a quantidade de lipídios foi determinada gravimetricamente (AOAC, 1995).

Para a determinação de lipídios foram utilizadas as seguintes amostras: a) SC-420, b) CC-420, c) CC e d) SC.

3.5.4 Cinzas

Foram colocados 2g de cada amostra em cadinhos de porcelana previamente tarados. Cada cadinho foi submetido a uma incineração preliminar e parcial em bico de Bunsen e em seguida colocado na mufla a 540°C durante 4h. Após o tratamento os cadinhos foram pesados e o teor de cinzas foi determinado gravimetricamente (AOAC, 1989).

3.5.5 Fibra Bruta

Para a dosagem de fibra bruta, 1g de amostra foi colocado em balão de fundo chato com a adição de 100ml de detergente ácido (20g de hexacetil-trimetil brometo de amônia em 1 litro de ácido sulfúrico 1N). Os balões foram colocados em placas aquecedoras até ebulição, permanecendo nestas condições durante 1h. Após a digestão as amostras foram filtradas a vácuo em filtro de Gooch previamente tarado, com lavagem com água quente (90°C) para retirada de todo detergente ácido (quando não é mais observada a formação de espuma). Finalmente as amostras foram lavadas com acetona até remover toda a cor. O filtro contendo fibras foi seco em estufa a 100°C durante 3h, e pesado para determinação de fibras (AOAC, 1989).

3.6 RAZÃO MANOSE:GALACTOSE DO GALACTOMANANO

Para a determinação da razão manose:galactose dos extratos aquosos, os mesmos foram submetidos à hidrólise com ácido sulfúrico (Seaman et al., 1945) e posteriormente foram analisados em HPLC.

Para a hidrólise, 5mg de galactomanano, obtido pela extração aquosa e liofilizado, foi acrescido de 0,1ml de ácido sulfúrico 72% e colocados durante 45min em banho-maria a 30°C até o pó estar totalmente disperso no ácido. A seguir 1,7 ml de água destilada foi adicionada, procedendo-se à hidrólise do material durante 1h em autoclave a 120 °C. Após a hidrólise, foi adicionada à solução 3,2 ml de água destilada. O material hidrolisado foi neutralizado com Carbonato de Bário P.A. (Sigma). Cada uma das amostras foi centrifugada durante 3 minutos a 705 x g para separar o excesso de sais. A seguir as amostras foram passadas em colunas de troca iônica (Dowex - Sigma), eluídas em 5 volumes de água deionizada e posteriormente concentradas **Figura 6**.

As amostras de galactomanano previamente hidrolisadas com ácido sulfúrico (Seaman et al., 1945) foram analisadas por HPLC utilizando coluna Bio-Rad HPX-87P a 84°C e detector IR. Foram hidrolizados os polissacarídeos liofilizados obtidos a partir do material triturado e retido nas diferentes peneiras após tratamento com NaOH 5%. Foi determinada a razão manose:galactose dos galactomananos obtidos a partir da extração aquosa proveniente dos seguintes tratamentos: a) SC-420, SC-300, SC-250, SC-177, SC-125 e SC-74, b) CC-420, c) CC, d) SC. Para obtermos um parâmetro comparativo também analisamos a razão manose:galactose da goma guar comercial.

A sequência de procedimentos a que é submetido o galactomanano extraído para determinação da razão manose:galactose é apresentada na **Figura 6**.

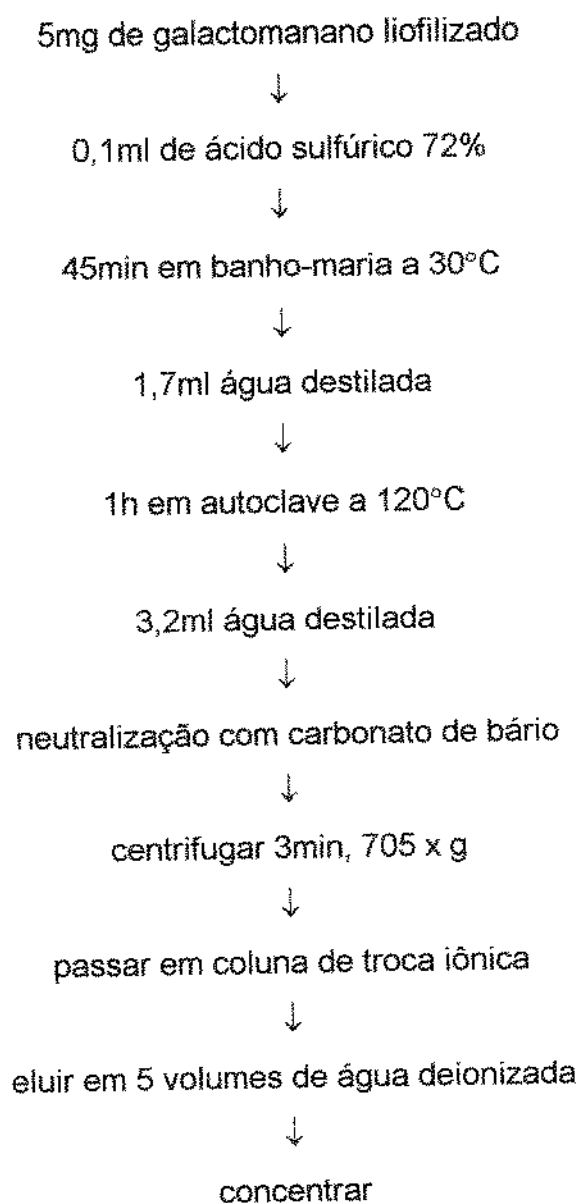


Figura 6- Procedimento de preparo do galactomanano, com hidrólise, para determinação da razão manose:galactose em cromatografia líquida.

3.7 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA

Para ensaios de toxicidade aguda foi selecionada a fração SC-420. Os ensaios por Via Oral foram realizados com 10 camundongos em jejum há 12h até atingir a dosagem de 5g por kg de animal (dosagem única), que foi administrada fornecendo 1g/kg em intervalos de 1 hora. O material foi administrado após ter sido disperso em água. Foram utilizados 3 animais para o grupo controle. Os testes foram realizados com a colaboração da área de Ensaios Biológicos do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA/UNICAMP).

3.8 ANÁLISE REOMÉTRICA

Para as análises do comportamento reológico da goma foi selecionada a amostra SC-420. O instrumento utilizado foi o reômetro rotativo HAAKE (modelo Rotovisco RV20). Foi utilizado o sistema de placas paralelas PQ 45 com 45mm de diâmetro e 1mm de distância entre as placas. As análises foram efetuadas com taxa de deformação variando entre $0-100s^{-1}$, sendo determinados 20 pontos nessa faixa. A temperatura é controlada de forma mais eficiente mesmo com altas tensões de cisalhamento (Bourne, 1982). O torque é medido numa das placas enquanto a outra gira. A **Figura 7** apresenta um esquema do sistema de placas paralelas. O instrumento está acoplado a um computador para aquisição e processamento dos resultados, e o controle de temperatura é feito por um banho termostatizado.

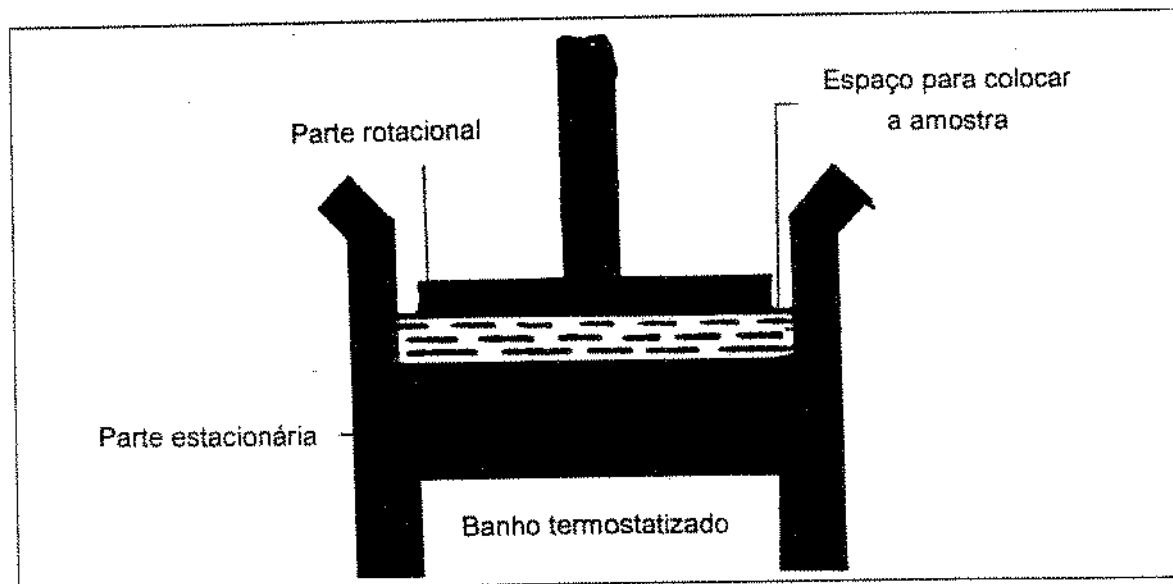


Figura 7- Esquema do sistema de placas paralelas.

Para efetuar as análises reométricas as amostras foram dispersas em água a 40°C e agitação constante durante cerca de 20min. A adição lenta da goma à água e a hidratação prévia à temperatura ambiente facilitou a dispersão e evitou a formação de grumos. Após o aquecimento, as amostras preparadas com goma nas concentrações superiores a 1,5%, permaneceram cerca de 1h em agitação constante à temperatura ambiente para a total dispersão. As análises foram iniciadas 2h após a preparação das dispersões. As análises foram efetuadas em triplicata, foi calculado o valor médio para cada ensaio e construídos os reogramas. A compreensão dos dados obtidos estão representados de forma a facilitar a comparação com os dados de literatura referentes aos estudos das gomas comerciais.

3.8.1 Efeito da Concentração do Polissacarídeo

O comportamento reológico da goma foi avaliado nas seguintes concentrações de polissacarídeo disperso em água: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% a uma temperatura constante de 25°C. Outros autores, trabalhando com galactomanano, utilizaram concentrações entre 1,0 e 3,0% do polissacarídeo em água (Wankhede et al., 1995; Carlson et al., 1962). Como parâmetro comparativo foi avaliado o comportamento reológico da goma guar comercial nas seguintes concentrações: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%.

Para os ensaios descritos a seguir foram utilizadas as mesmas condições de dispersão do galactomanano descritos anteriormente. As dispersões foram preparadas na concentração de 1% de polissacarídeo em água destilada.

3.8.2 Efeito da Sacarose na Dispersão

A fim de avaliar a influência da presença de sacarose nas dispersões do galactomanano foram preparadas as seguintes amostras:

- 1) em soluções de sacarose comercial previamente preparadas nas concentrações de: 0; 10; 20; 30; 40 e 50% (Carlson & Ziegenfuss, 1965) foi adicionada a amostra SC-420 na concentração de 1% (p/v).
- 2) dispersões da amostra SC-420 foram preparadas a 1% em água sob agitação constante durante 20min a 40°C, em seguida foi adicionada sacarose comercial nas mesmas concentrações descritas no item anterior, e seguiu-se nova agitação à temperatura ambiente (Carlson et al., 1962; Elfak, et al., 1977).

3.8.3 Efeito do Cloreto de Sódio na Dispersão

Às dispersões a 1% do material SC-420 em água com agitação durante 20min a 40°C, foi adicionado cloreto de sódio comercial nas concentrações de: 0; 5;

10; 15; 20 e 25 %. Em seguida a amostra foi novamente agitada durante 20min. (Carlson et al., 1962).

3.8.4 Efeito da Variação do pH no Comportamento Reológico do Galactomanano

Antes de iniciar os ensaios de viscosidade com variação de pH, foi preparado tampão citrato fosfato 0,05M com pH 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 e tampão Tris-Maleato 0,05M com pH 8,0 e 9,0. A seguir o galactomanano de *D. mollis* foi disperso a 1% nos diferentes tampões com agitação constante durante 20min a 40°C.

3.8.5 Efeito da Variação da Temperatura no Comportamento Reológico

Amostras do material SC-420 dispersas em água a 1% em agitação constante durante 20min a 40°C foram analisadas quanto ao comportamento reológico nas seguintes temperaturas: 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80°C, separadamente.

3.9 INTERAÇÃO GALACTOMANANO-XANTANA PARA FORMAÇÃO DE GEL

O material SC-420 contendo o galactomanano foi submetido à interação com xantana. Para este ensaio foram preparadas dispersões dos polissacarídeos (galactomanano:xantana) em água nas seguintes proporções: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100. As dispersões foram preparadas de modo a apresentar um teor de 1% em polissacarídeos totais. Após o seu preparo as misturas foram aquecidas a 90°C com agitação constante, durante 30min (Fernandes, 1994). As amostras obtidas foram colocadas em recipientes com 4cm de diâmetro e 2cm de altura e deixadas durante 24h a temperatura ambiente. Os parâmetros de textura dos géis como fracturabilidade, dureza e adesividade, foram determinados através do método de compressão, usando Analisador de Textura SMS Modelo TA-XT2 munido

de sonda com 25mm de diâmetro com penetração de 10mm a 5mm/s, força igual a 20g e sensibilidade 20g. Estas condições de determinação foram selecionadas através de testes como as mais adequadas. Os parâmetros determinados neste estudo foram dureza, fracturabilidade e adesividade correspondentes ao pico de força da primeira compressão (programa "return to start").

Para efeito de comparação foram preparadas dispersões de locusta-xantana e guar-xantana contendo 1% de polissacarídeos totais, proporções de 50:50. As interações foram submetidas à análise em Analisador de textura TA-XT2 como descrito acima.

Todas as amostras preparadas foram também submetidas à determinação da viscosidade a 25°C, nas mesmas condições descritas no item 8.

3.10 ENSAIO E ANÁLISE DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Para os ensaios enzimáticos foi utilizada α -galactosidase fornecida pelo Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas do Instituto de Botânica de São Paulo. A α -galactosidase é procedente de pesquisas em andamento da pós-graduanda Adriana Potomati, portanto, estes ensaios tiveram tanto a finalidade de avaliar a atividade da enzima isolada pelo Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, como avaliar seu efeito sobre o galactomanano.

A fim de avaliar a atividade da enzima sobre o galactomanano de *D. mollis*, foram seguidas as condições metodológicas desenvolvidas no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas (Alcântara, 1990). O material SC-420 foi disperso em água a 1% e diluída a 0,5% com tampão acetato de sódio 0,1M pH 4,5. À amostra foram adicionados 100 μ l da enzima. A amostra acrescida da enzima foi colocada em banho-maria a 45°C. Foram retirados 20 μ l da mistura incubada após zero, 10, 20, 40, 80 e 160min de incubação. À cada amostra retirada foi adicionado 60ml de etanol p.a. a fim de paralisar a reação e precipitar o polissacarídeo. A seguir as amostras foram centrifugadas durante 5min a 705g, o sobrenadante foi separado do precipitado e ambos foram secos em speed-vac.

O material precipitado foi hidrolisado com ácido sulfúrico a 72% (Seaman et al., 1945), neutralizado com NaOH, solubilizado em água deionizada e os monossacarídeos resultantes foram analisados em HPLC (High Performance Liquid Chromatography) AS 500 (Dionex-Sunnyvale, CA) munido de coluna CARBOPACK PA1 de troca iônica associada à detecção por pulso amperométrico (PAD). Foi avaliada a variação da razão manose:galactose em relação ao tratamento controle. A partir do material precipitado, porém não hidrolisado, foram feitas análises em HPLC para avaliar a presença de oligossacarídeos na amostra tratada enzimaticamente.

O sobrenadante contendo os açúcares solúveis foi solubilizado em água deionizada e analisado em HPLC nas mesmas condições que as descritas acima.

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Duncan (95% de confiabilidade). Para a elaboração dos gráficos foi utilizado o programa Microsoft Excel - versão 5.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES

Podemos observar na **Tabela 1** que as diferentes estruturas das sementes da caatinga nordestina e do cerrado paulista apresentam massas similares e seus endospermas possuem teor de galactomanano próximos entre si. A massa do endosperma das sementes de *D. mollis* representa cerca de 64,9% do peso seco da semente do cerrado, e 66,6% do peso das sementes da caatinga. Esses resultados indicam que a massa do endosperma de sementes *D. mollis* é bem maior que a massa do endosperma das sementes de onde se obtém guar (35-42%) e locusta (42-46%) (Whistler, 1982; Glicksman, 1962).

A casca das sementes de *D. mollis* oriundas do cerrado representam cerca de 13,8% do peso seco das sementes e as da caatinga 14,9%. As sementes de guar e locusta possuem 14-17% e 30-33% de casca, respectivamente (**Tabela 1**).

O peso do embrião na semente de *D. mollis* representa 21,2% do peso seco das sementes do cerrado, e 18,4% das da caatinga (**Tabela 1**) e é menor que o citado por Whistler & Hymowitz (1979) e Glicksman (1962) para as sementes de guar e locusta, 43-47% e 25-30%, respectivamente.

Tabela 1- Características das sementes de *Dimorphandra mollis* provenientes da caatinga de Parnaíba (Piauí) e cerrado paulista (Mogi-Guaçu)¹.

fonte de galactomanano	sementes inteiras ² (g)	endosperma (%)	casca (%)	embrião (%)	teor de galactomanano (%)
<i>D. mollis</i> (cerrado)	1,67 a	64,9 a	13,8 a	21,2 a	56,9 a
<i>D. mollis</i> (caatinga)	1,45 a	66,6 a	14,9 a	18,4 a	57,0 a
coeficiente de variação (%)	9,0	4,6	10,6	8,7	10,7
guar ³	—	35-42	14-17	43-47	—
locusta ⁴	—	42-46	30-33	25-30	—

Teste Duncan com 95% de confiabilidade: letras iguais na mesma coluna representam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de quatro repetições

² sementes inteiras; corresponde ao peso de dez sementes

³ Fonte: Whistler & Hymowitz (1979)

⁴ Fonte: Glicksman (1962)

Estes resultados podem indicar que o rendimento de galactomanano obtido a partir do processamento de sementes de *D. mollis* pode ser maior que o das gomas já conhecidas, uma vez que o galactomanano comercial é composto por

endosperma moído com resíduos das outras partes das sementes. Estes resíduos são decorrentes do próprio processamento utilizado durante a produção da goma.

4.2 ENSAIO DE REMOÇÃO DA CASCA

Os ensaios de remoção da casca das sementes foram realizados com sementes da caatinga nordestina devido à sua facilidade de obtenção.

Na **Tabela 2** podemos observar que o tratamento com solução de hidróxido de sódio 2% removeu cerca de 5,6% de casca. Verificamos que, entre os tratamentos testados, o uso de solução de hidróxido de sódio 5% durante 25min a 100°C, provocou a remoção de 16,2% de casca e foi mais eficiente. Além da casca o tratamento deve também remover alguns compostos solúveis do endosperma, que contribuem para a perda de peso das sementes e uma avaliação algo superestimada da remoção da casca.

Como testes preliminares foi realizada a imersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado e em água destilada, separadamente, obtendo como resultado apenas a destruição das sementes, no caso do uso do ácido. Ao ser utilizada unicamente água destilada, foi observada apenas a embebição das sementes e o tempo requerido para a retirada da casca era muito longo e ineficaz.

Wielinga (1982) cita o uso de um tratamento drástico com ácido para a remoção da casca de sementes de locusta durante o processamento da goma e, após a remoção da casca, as sementes são lavadas em água corrente, e posteriormente secas para dar continuidade ao processamento.

Tabela 2- Casca removida (g casca seca/100g sementes) de *Dimorphandra mollis* após diferentes tratamentos com 25 minutos de imersão a 100°C¹.

tratamento	casca removida (%)
NaOH 2%	5,6 b
NaOH 5%	16,2 a
coeficiente de variação (%)	6,4

Teste Duncan com 95% de confiabilidade: letras iguais na mesma coluna representam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de três repetições

A **Tabela 3** mostra que o tratamento com solução de hidróxido de sódio 5% durante 5 minutos provocou a remoção de 6,0% de casca. Este valor sofre um acréscimo quando o tratamento é feito durante 10min (8,5%). Quando a semente é tratada com o mesmo álcali durante 20min, a remoção da casca atingiu maior eficiência. Com este tratamento pudemos observar que em 20 minutos a semente perde cerca de 14,5% do peso seco, mas através de avaliação visual foi observado que apenas 53,5% das sementes perdem completamente a casca. Na avaliação visual foi observado que um halo da casca permanece ao redor da semente, mesmo após o prolongado tratamento da semente com álcali.

Quando o banho atingiu 30 minutos foi observado que as sementes deixam de perder casca e começam a intumescer e escurecer, indicando que o endosperma está absorvendo a solução usada no tratamento. A absorção do NaOH pela

semente poderia alterar as propriedades físico-químicas do produto final e torná-lo inadequado para a aplicação em alimentos. Juntamente com a embebição pode ocorrer a extração do galactomanano pelo álcali, prejudicando significativamente o seu rendimento.

Tabela 3- Casca removida (g casca seca/100g sementes) de *Dimorphandra mollis* com solução de hidróxido de sódio 5% a 100°C durante diferentes tempos de tratamento¹.

Tempo de tratamento (minutos)	peso (%)	sementes com remoção completa da casca ² (%)
5	6,0 c	22,2 c
10	8,5 b	31,1 b
20	14,5 a	53,3 a
30	15,0 a	52,0 a
coeficiente de variação (%)	5,2	6,0

Teste Duncan com 95% de confiabilidade: letras iguais na mesma coluna representam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de três repetições.

² nas sementes consideradas com remoção completa da casca, ainda permaneceu um halo elíptico da casca na parte central da semente.

4.3 FRACIONAMENTO DAS SEMENTES: MOAGEM, PENEIRAMENTO E TEOR DE GALACTOMANANO EM SEMENTES

4.3.1 Sementes sem Casca (remoção com NaOH)

Na **Figura 8** podemos observar que ao triturar 30g de sementes de *D. mollis* com casca removida em solução de hidróxido de sódio 5% a 100°C durante 20min, houve uma retenção de 76,4% do material na peneira com 420µm de abertura. O restante do material foi distribuído entre as demais peneiras, de forma homogênea, porém, em baixas quantidades, pois não atingiu 10% de peso seco de amostra em nenhuma das demais peneiras. Também foi observado que o material particulado era maior que 74µm, pois não foi observado material residual. A **Tabela A-1** no Anexo, apresenta os resultados obtidos.

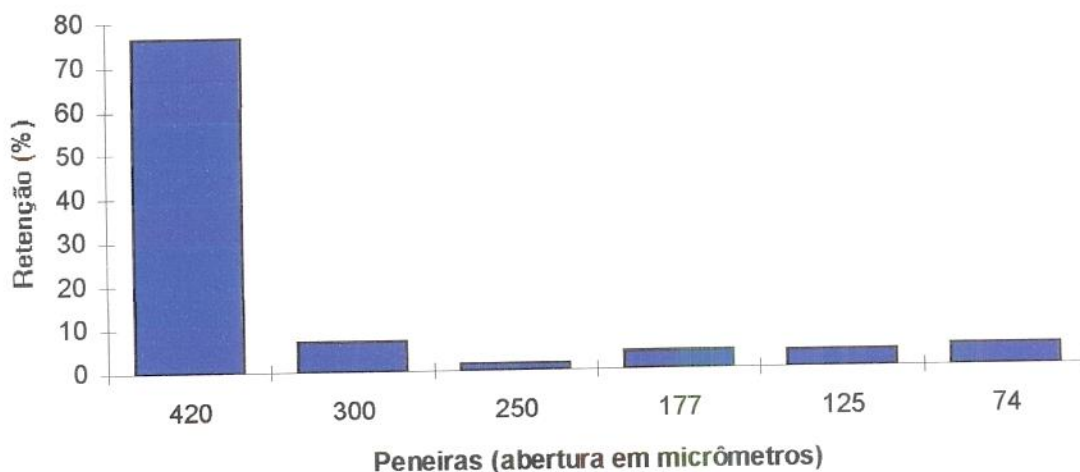


Figura 8- Retenção em peneiras, do material de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.

A fração 420 μ m de sementes trituradas mostraram um teor de 71,8% de galactomanano (**Figura 9**), indicando que nessa fração se concentra o material com maior quantidade de endosperma e mais rico no galactomanano. As demais frações apresentam teores de galactomanano inferiores a 10% do peso seco da amostra. Na mesma Figura podemos observar que o material retido na peneira com 74 μ m de abertura não foi detectada a presença de galactomanano através do método utilizado neste trabalho. A **Tabela A-2** no Anexo, apresenta os resultados obtidos.

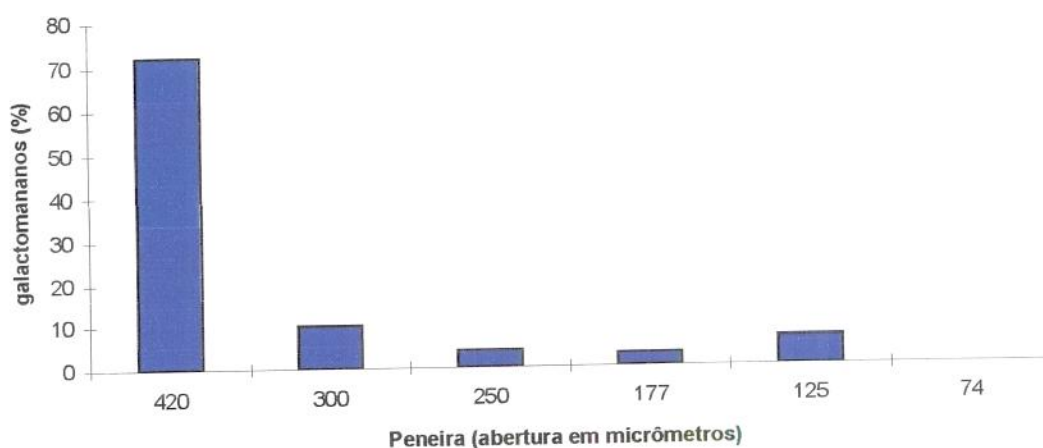


Figura 9- Teor de galactomanano em frações de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.

Estes resultados indicam que o endosperma das sementes de *D. mollis* é mais duro que as outras partes das sementes, pois a fração mais resistente ao impacto da bola do moinho foi a retida na peneira com maior abertura, onde o teor de galactomanano é maior. Nas demais frações também aparece o galactomanano, porém em quantidades bem inferiores à da fração 420 μ m, indicando a presença de pequena quantidade de endosperma e maior quantidade de embrião e casca das sementes.

Como teste preliminar também foi testado um micro moinho tipo "Willye" Modelo MR/M, mas os resultados obtidos mostraram que o material foi triturado de forma mais homogênea quando foi utilizado o moinho de bola, além de não ter ocorrido um fracionamento que favorecesse a separação entre o endosperma e as demais partes das sementes. Esta observação também pode indicar que, para que haja melhor fracionamento das partes das sementes, é necessário que elas sejam trituradas por impacto, como é o caso do moinho de bola utilizado.

Segundo a literatura, após o processamento das gomas comerciais, são obtidos galactomananos com diferentes graus de pureza devido à presença de distintas quantidades de casca e embrião (Chudzikowski, 1971). Segundo o mesmo autor as amostras obtidas são avaliadas de acordo com a cor, tamanho das partículas, viscosidade e grau de hidratação.

Desta forma, a quantificação de galactomanano em cada uma das frações é importante para avaliarmos a quantidade de endosperma encontrado em cada uma das frações. Esta análise nos dá idéia do grau de pureza de cada amostra. Segundo a literatura a goma guar apresenta, em peso seco, cerca de 78-82% de galactomanano (Herald, 1986b), e a goma locusta e tara, possuem 88 e 82,24% do mesmo polissacarídeo, respectivamente (Herald, 1986a; Glicksman, 1986). Segundo o mesmo autor o restante do material é geralmente composto por proteínas, fibras, cinzas, açúcares solúveis em etanol e lipídios, além de apresentarem pequenas quantidades de metais pesados como o chumbo em níveis toleráveis.

4.3.2. Sementes com Casca

Na **Figura 10** podemos observar os resultados obtidos a partir do ensaio de peneiramento de sementes com casca e uma amostra controle com total remoção manual da casca. Nesta mesma figura, pode-se observar que a ausência total de casca provocou uma maior dispersão do material retido nas diferentes peneiras, havendo maior retenção do material na peneira com 177 μ m de abertura (35% de retenção). Na peneira com 300 μ m de abertura houve 21,5% de retenção de material triturado e, nas demais peneiras a retenção variou entre 18 e 4%.

Ainda na **Figura 10** podemos observar que a presença da casca nas sementes provocou a separação de uma fração com 70,0% em peso na peneira de 420 μ m de abertura. Nas demais peneiras com aberturas variando entre 300 e 74 μ m, não houve uma retenção de grande quantidade de amostra em qualquer fração, em termos percentuais, com valores inferiores a 10% do peso seco nas diversas peneiras. Também foi observado que pequena quantidade de amostra (1%) passou por todas as peneiras usadas no ensaio; o material que passou por todas as peneiras foi denominada resíduo. A **Tabela A-3** no Anexo, apresenta os resultados obtidos.

O resultado obtido para separação das frações moidas, nas sementes com remoção manual completa da casca, bastante diverso das sementes com casca e das tratadas com solução de hidróxido de sódio 5% (**Figura 8**), é atribuído à embebição com água que causa intumescência das sementes com alteração de suas características físicas.

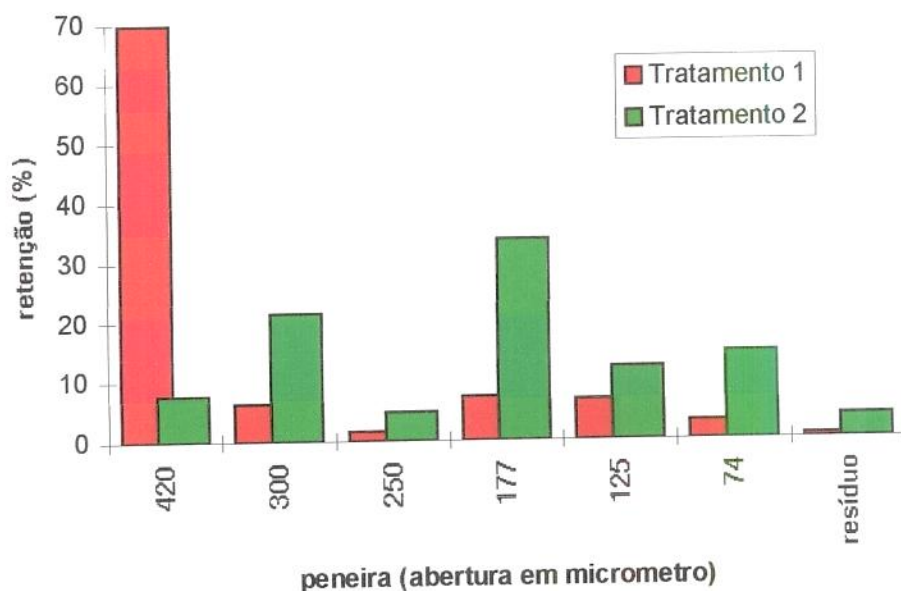


Figura 10- Retenção em peneira do material de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min. **Tratamento 1-** sementes com casca, **Tratamento 2** - sementes com a casca totalmente extraída manualmente após 2h de embebição em água.

Nesse mesmo ensaio, na análise do teor de galactomanano das frações com ausência total de casca, foi observado um rendimento de polissacarídeo de 58,5% na peneira com 420µm de abertura. Esse valor manteve-se relativamente estável na amostra retida na peneira com 300µm de abertura (53,7%), e foi descendente até atingir 18% na peneira com 74µm de abertura. No material denominado resíduo não foi detectada a presença de galactomanano (**Figura 11**). A **Tabela A-4** no Anexo, apresenta os resultados obtidos.

Nas sementes com casca o material retido na peneira com 420µm de abertura mostrou um teor médio de 71,8% em galactomanano; as demais frações apresentaram valores decrescentes, de 17,7 a 0% (**Figura 11**). Desta forma podemos verificar que, nas sementes com casca, o endosperma das sementes

trituradas concentrou-se na peneira com 420µm de abertura, e nas demais frações o endosperma deve estar em pequena concentração, mas nas sementes trituradas com total ausência de casca, o endosperma parece ter sido distribuído de forma mais homogênea entre as diferentes peneiras.

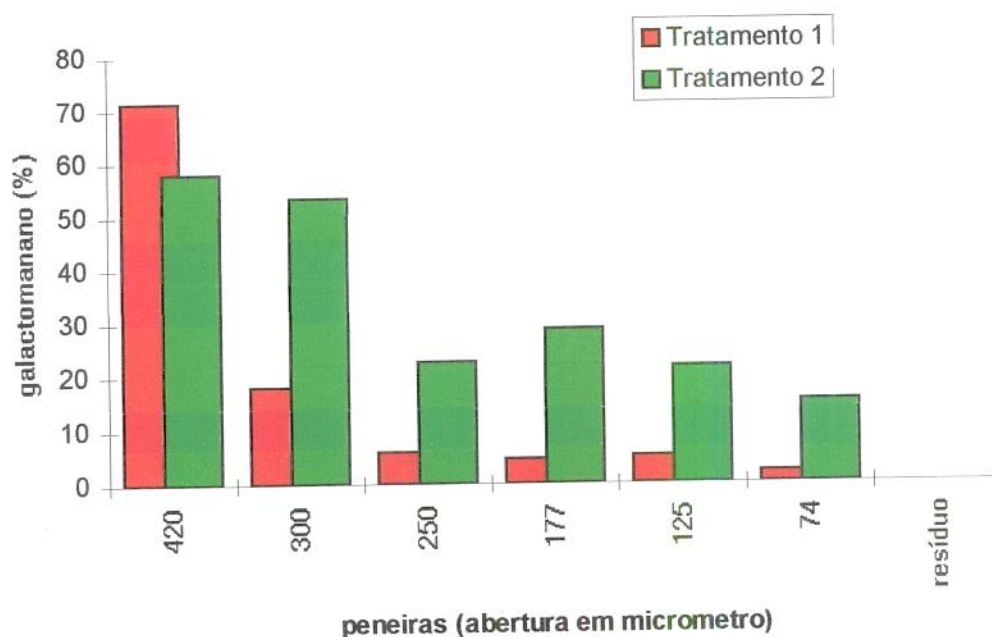


Figura 11- Teor de galactomanano em frações de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min. **Tratamento 1-** com casca, **Tratamento 2** - sementes com a casca totalmente removida manualmente após 2h de embebição em água.

4.4 OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO AQUOSA DO GALACTOMANANO

Para avaliar o teor de galactomanano em cada fração, o polissacarídeo foi submetido a uma extração aquosa (**Figura 5**) e a otimização desse procedimento contemplou dois fatores: a concentração do galactomanano na solução aquosa e a quantidade de etanol para sua precipitação. Em soluções com 1% de sementes trituradas foi observada a retenção de polissacarídeo no filtro, devido à viscosidade

do material disperso em água; assim o uso de soluções com 0,5% de sementes trituradas permitiu uma melhor filtrabilidade e obtenção de rendimentos mais confiáveis.

A **Figura 12** mostra os resultados obtidos e vê-se que com soluções da amostra triturada a 0,5% em água e o uso de maior quantidade de etanol (5:1) durante a precipitação, houve maior recuperação do galactomanano. A porcentagem de galactomanano foi de 72, 75 e 83,2% para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. A **Tabela A-5** no Anexo, apresenta os resultados obtidos.

Quando foi utilizado menor volume de etanol na precipitação (3:1) (v:v), após a filtragem da amostra, foi observado que o etanol ainda permanecia muito turvo. Com a utilização de 5 volumes de etanol durante a precipitação do polissacarídeo foi observado que o etanol remanescente permaneceu menos turvo quando comparado com o seu uso em menor quantidade. Desta forma podemos sugerir que a quantificação do galactomanano feito a partir da amostra solubilizada em água a 0,5% com posterior recuperação em etanol (5:1) (v:v) talvez seja mais confiável para a quantificação do polissacarídeos nas diferentes frações.

O processo utilizado neste trabalho para obtenção de galactomanano de *D. mollis* mostrou ser eficaz para quantidades pequenas de material. A produção em grande escala precisaria ser testada com equipamentos adequados e com efeitos similares aos usados em laboratório. No caso do moinho o efeito esperado para que os resultados sejam similares é o impacto contra as partes das sementes para provocar o rompimento posterior fracionamento em peneiras.

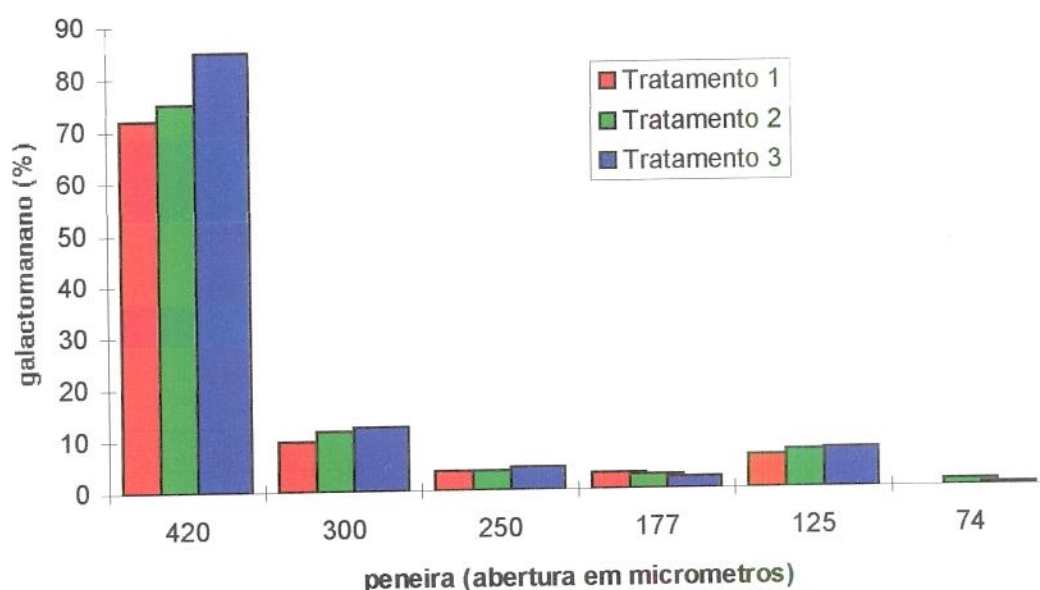


Figura 12- Processamento de frações de sementes de *Dimorphandra mollis*, trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%. **Tratamento 1** - extração aquosa a 1% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). **Tratamento 2** - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). **Tratamento 3** - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (5:1) (v:v).

4.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SEMENTE E SUAS FRAÇÕES

4.5.1 Galactomanano

Podemos observar na **Tabela 4** que o teor de galactomanano na semente inteira com casca triturada é de cerca de 57,0%, e na amostra com retirada da casca com solução de hidróxido de sódio 5% é de cerca de 58,8%. Não foi

observada diferença significativa entre esses teores de galactomanano obtidos a partir das sementes inteiras, com casca ou sem casca.

Ainda na **Tabela 4** podemos observar que o teor de galactomanano é maior na amostra SC-420 (83,2%). A mesma fração (420 μ m) com casca chega a apresentar cerca de 71,6% de galactomanano. Portanto, o peneiramento da semente triturada permite a separação de uma fração rica no endosperma da semente de *D. mollis*, uma vez que os teores de galactomanano nas amostras SC-420 e CC420 é bem maior do que os observados nas amostras SC e CC. No caso da amostra CC-420 a presença da casca pode ter influenciado a trituração e tamanho das partículas produzidas, proporcionando uma separação diferencial que mostra aquela fração com menor teor de galactomanano para a semente com casca.

Whistler & Hymowitz (1979) citam que o teor de galactomanano na goma guar processada é de 78-82%. Isso indica que os resultados obtidos na fração SC-420 estão próximos do observado para outras gomas comerciais.

4.5.2 Proteínas

Através da análise dos dados apresentados na **Tabela 4** podemos observar que a amostra SC-420 apresenta cerca de 8,3% de proteínas. Este valor representa cerca de 50% da quantidade de proteínas presentes nas amostras SC (15,8) e CC (16,8%), indicando que houve purificação parcial da amostra durante o tratamento utilizado.

O teor de proteínas observado na amostra SC-420 encontra-se dentro do limite máximo de 10% de proteínas definido para a goma guar segundo o Food Chemicals Codex (1981). Whistler & Hymowitz (1979) citam que o teor de proteínas na goma guar é de 5 a 6% do peso seco da goma processada e para a goma locusta um teor de 3-4% de proteínas (Glicksman, 1969).

4.5.3 Cinzas

Os resultados mostram que os teores de cinzas das amostras foram estatisticamente iguais (**Tabela 4**), variando entre 1,9 e 2,6%.

Segundo dados de literatura, o teor de cinzas da goma guar e locusta varia entre 0,5 e 0,8%, e entre 1 e 4%, respectivamente (Whistler & Hymowitz, 1979; Glicksman, 1969).

4.5.4 Fibra Bruta

A análise do teor de fibra bruta apresentou diferença estatisticamente significativa entre os materiais provenientes de diferentes tratamentos. A amostra SC-420 foi a que apresentou menor quantidade de fibras solúveis (9,0%). Nas amostras com casca, CC-420 e CC, encontramos 12,2 e 13,2%, respectivamente. Estes valores foram maiores em relação aos das amostras sem casca (**Tabela 4**). A presença de casca mostrou pouca influência no teor de fibras, quando se compara os resultados das amostras SC e CC.

Segundo Whistler & Hymowitz (1979), a goma guar possui cerca de 2,5% de fibras, sendo este valor próximo do que é citado para a goma locusta (1,5-2,0%) por Glicksman (1969). De acordo com estes dados podemos verificar que as sementes de *D. mollis*, mesmo após os tratamentos utilizados neste trabalho, apresentam grande quantidade de fibra bruta.

4.5.5 Lipídios

De acordo com os resultados da **Tabela 4**, nas amostras SC-420 e CC-420 não foram detectados lipídios. Nas amostras SC e CC, o teor de lipídios observado é 6,5 e 7,0, respectivamente. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre esses valores. Os resultados indicam que os lipídios das sementes de *D. mollis* devem se encontrar no embrião da mesma, sendo que no endosperma a quantidade deve ser mínima ou nula. Estes resultados reforçam a hipótese de que o processamento utilizado viabiliza a purificação parcial do endosperma das sementes estudadas, indicando que é possível a produção de galactomanano a partir desta espécie, uma vez que o polissacarídeo encontra-se naquela parte da semente.

Tabela 4- Composição centesimal das amostras de sementes de *Dimorphandra mollis* com diferentes tratamentos¹.

Tratamentos	Galactomanano (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Fibra Bruta (%)	Lipídios (%)
SC-420 ²	83,2 a	8,3 d	1,9 a	9,0 b	nd
SC ³	58,8 b	15,8 b	2,4 a	11,4 a	6,5 a
CC-420 ⁴	71,5 c	10,4 c	2,2 a	12,2 a	nd
CC ⁵	57,0 b	16,8 a	2,6 a	13,2 a	7,0 a
coeficiente de variação	10,7	2,4		4,0	10,2

Teste Duncan com 95% de confiabilidade: letras iguais na mesma coluna indicam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de três repetições

⁽²⁾ sementes trituradas, sem casca (remoção com solução de hidróxido de sódio 5%); fração retida na peneira com 420 μ m de abertura; ⁽³⁾ sementes inteiras sem casca (remoção com solução de hidróxido de sódio 5%); ⁽⁴⁾ semente com casca; fração retida na peneira com 420 μ m de abertura; ⁽⁵⁾ semente inteira com casca.

nd= não detectado.

4.6 RAZÃO MANOSE:GALACTOSE DO GALACTOMANANO

Na **Tabela 5** podemos observar que a amostra SC-420 possui razão manose:galactose igual a 2,7, e as demais amostras apresentam razão M/G entre 2,2 e 2,4. A variação no resultado observado na amostra SC-420 talvez possa ser atribuído ao grau de pureza do galactomanano obtido nas diferentes frações. A amostra de semente inteira sem casca apresentou uma razão M/G de 2,4. As análises da razão manose:galactose da amostra de sementes com casca e CC-420, resultaram em proporções daqueles monossacarídeos 2,2 e 2,4, respectivamente. Estes valores diferem do valor encontrado para a amostra SC-420.

Observamos que a análise da razão manose:galactose da goma guar (Sigma), realizada através da mesma metodologia, resultou no valor de 1,8. Este resultado é similar aos observados na literatura: 2 segundo Neukom (1989) e próximo de 1,55 segundo Goycoolea et al. (1995). Hansen et al. (1992) afirmam que a razão manose:galactose da goma guar varia de acordo com a origem, tipo de solo usado para o plantio, período de colheita e tipo de metodologia utilizada na extração do galactomanano. A goma tara apresenta razão M/G próxima de 3, segundo Neukom (1989). Diante deste contexto, verificamos que o valor da razão manose:galactose do galactomanano de *D. mollis* apresenta valor intermediário entre os valores observados para a goma guar e tara, que apresentam valores relativamente baixos quanto à razão M/G quando comparados ao observado na goma locusta, que é próximo de 4 (Neukom, 1989).

Tabela 5- Razão manose:galactose (M/G) de componentes monossacarídicos do extrato aquoso de galactomanano de sementes de *Dimorphandra mollis*, sem casca com frações separadas ou não em peneiras de 420 a 74 μ m, sementes com casca retida na peneira de 420 μ m e em sementes inteiras trituradas.

Tratamentos	Razão M:G
SC-420	2,7
SC-300	2,2
SC-250	2,4
SC-177	2,4
SC-125	2,4
SC-74	2,3
SC	2,4
CC-420	2,4
CC	2,2
goma guar	1,8

4.7 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA

Durante o ensaio de toxicidade aguda, 10 camundongos foram tratados por Via Oral com dosagem única (5g/kg) do material SC-420. Os animais foram acompanhados durante um período de 15 dias e nenhum deles apresentou alterações fisiológicas ou de comportamento. Estes dados indicam que o material administrado pode ser classificado como Praticamente Atóxico (Loomis, 1981), pois a quantidade de material administrado encontra-se entre 5 e 15g/kg.

Os resultados dos ensaios de toxicidade aqui apresentados dão informações a respeito da viabilidade do desenvolvimento do material testado, indicando que, mesmo com a presença de certa quantidade de embrião e casca da semente, não foi observada toxicidade aguda da amostra testada. De acordo com Loomis (1981) é possível dar continuidade aos estudos referentes ao processamento, toxicidade e aplicabilidade de amostras classificadas como Praticamente Atóxicas.

4.8 ANÁLISE REOMÉTRICA DO GALACTOMANANO

Os dados obtidos referem-se à amostra de galactomanano de *D. mollis* e guar (Sigma). A amostra de *D. mollis* refere-se à da fração retida em peneira com 420µm de abertura e proveniente de sementes sem casca (remoção com solução de hidróxido de sódio 5%).

4.8.1 Caracterização Reológica

As determinações de viscosidade aparente foram realizadas a 25°C, na amostra de galactomanano de *D. mollis* e goma guar, utilizada como referência.

Os resultados são apresentados na **Figura 13** em função da variação da concentração de galactomanano. Ainda na **Figura 13** podemos observar que a viscosidade aparente dos galactomananos, de *D. mollis* e de guar, apresentam uma redução com o aumento da taxa de deformação. As **Tabelas A6** e **A7** no

Anexo, apresentam os valores obtidos para o galactomanano de *D. mollis* e guar, respectivamente.

Pelos resultados verifica-se que o polissacarídeo testado apresenta um comportamento não-newtoniano pseudoplástico. O mesmo tipo de comportamento reológico foi apresentado pela goma guar a 25°C (**Figura 13 B**). Outros autores confirmam que o comportamento reológico da goma guar é não-newtoniana (Whistler & Hymowitz, 1979).

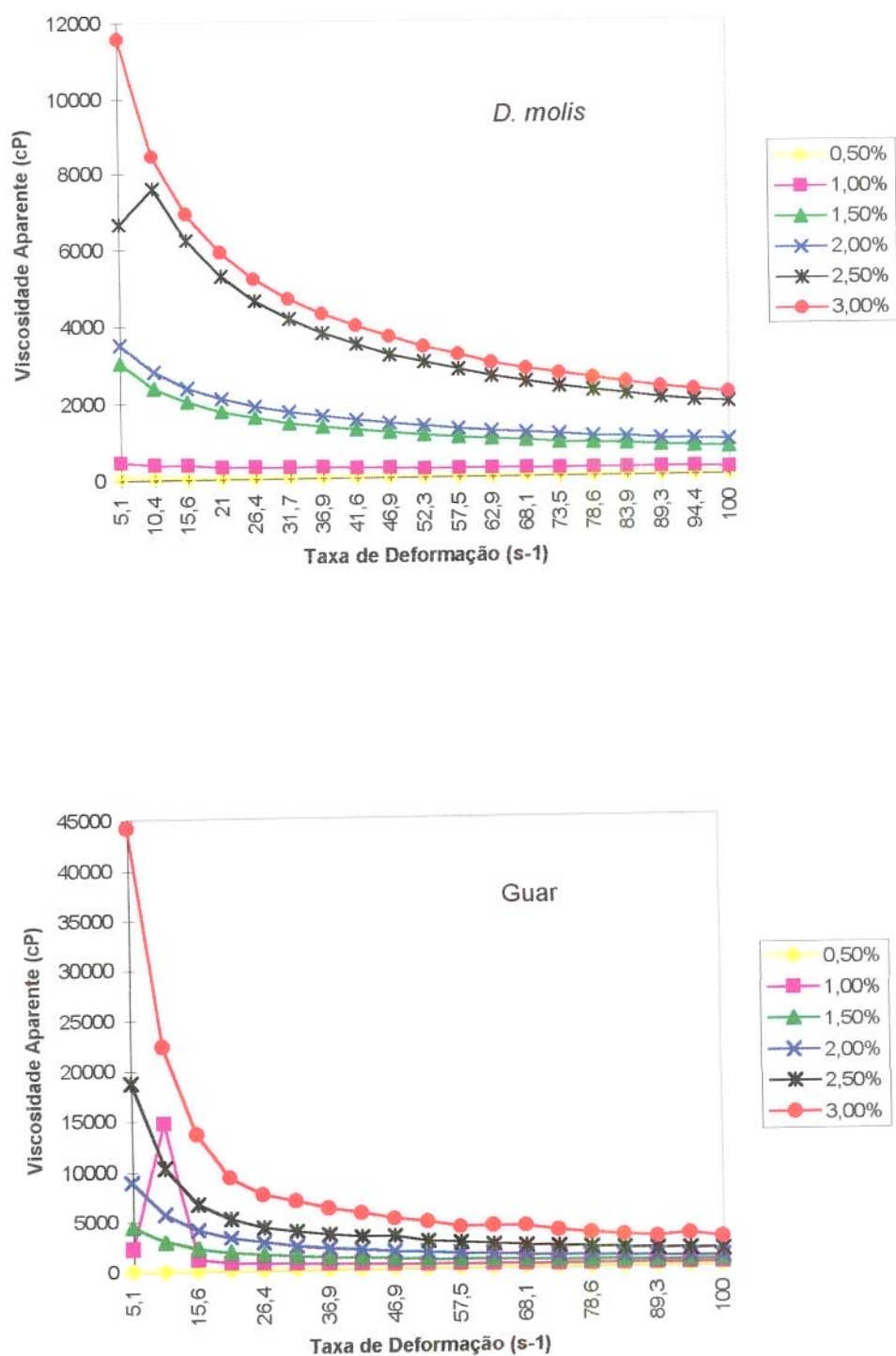


Figura 13- Viscosidade aparente (cP), a 25°C, dispersão em água a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%, em função da variação da taxa de deformação.

Na **Figura 14** são apresentadas as curvas de viscosidade aparente em função da concentração dos galactomananos de *D. mollis* e guar, respectivamente, a uma taxa de deformação de 100 s^{-1} .

A uma concentração de 1% e taxa de deformação igual a 100 s^{-1} , o galactomanano de *D. mollis* apresentou viscosidade aparente de 199cP e a goma guar 334 cP. Em concentrações até 2,5% a viscosidade aparente dos dois galactomananos são próximas; acima desta concentração a goma guar tende a apresentar viscosidade muito mais elevada.

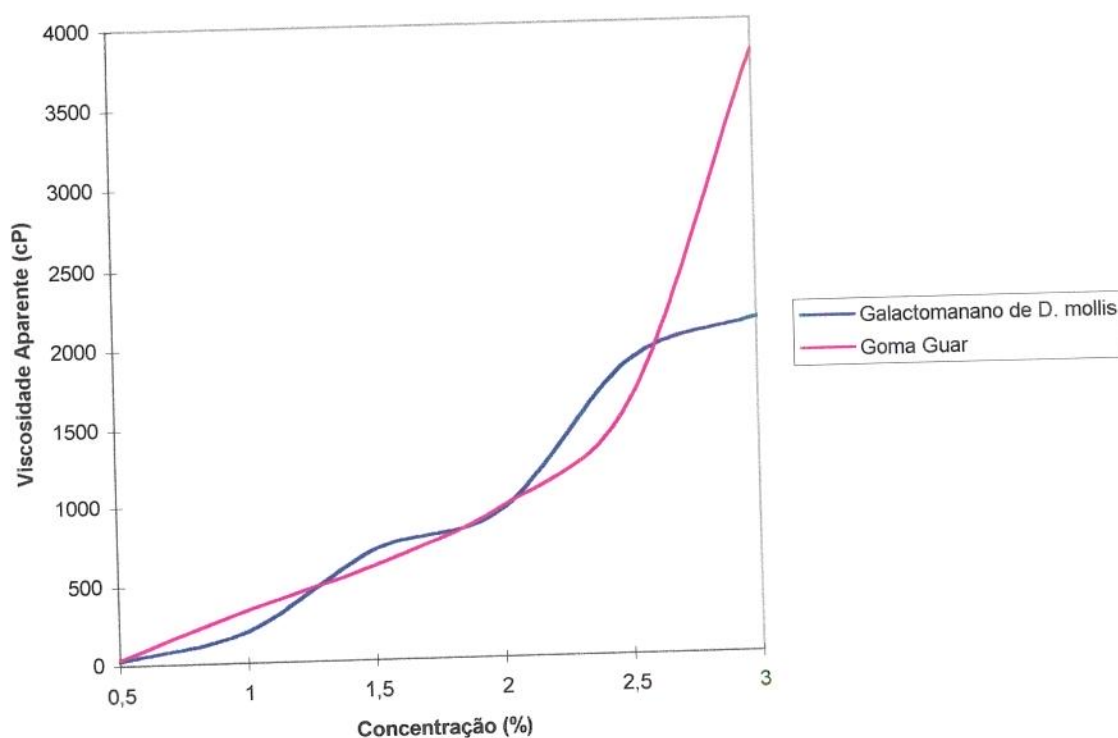


Figura 14- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* e da goma guar, em função da concentração do galactomanano, medida à temperatura de 25°C , à taxa de deformação de 100s^{-1} .

4.8.2. Efeito da Adição de Sacarose

Os experimentos foram realizados com galactomanano de *D. mollis* a 1% e sacarose 0, 10, 20, 30, 40 e 50%. As determinações se referem a 25°C e taxa de deformação de 100s⁻¹.

Os experimentos para avaliar o efeito da adição de sacarose sobre a viscosidade aparente mostraram que não há alteração de viscosidade quando a dispersão do galactomanano é realizada em soluções de sacarose (**Figura 15A**). Ao contrário, quando a sacarose é adicionada a uma dispersão de galactomanano, verifica-se o aumento da viscosidade aparente com a elevação da concentração de sacarose (**Figura 15B**). A **Tabela A8** no Anexo, apresentam os valores obtidos.

Estes resultados sugerem que a presença da sacarose pode não interferir na viscosidade aparente final da dispersão, dependendo da forma como as misturas são preparadas. Estes dados são importantes do ponto de vista tecnológico, pois, ao preparar as misturas pode-se averiguar se o aumento na viscosidade é de interesse para o produto.

Elfak et al. (1977), pesquisando as possíveis alterações de viscosidade das dispersões de goma guar e locusta com adição de glicose, sacarose ou xarope de glicose, em diferentes concentrações, observaram o aumento da viscosidade aparente das dispersões acrescidas de açúcar.

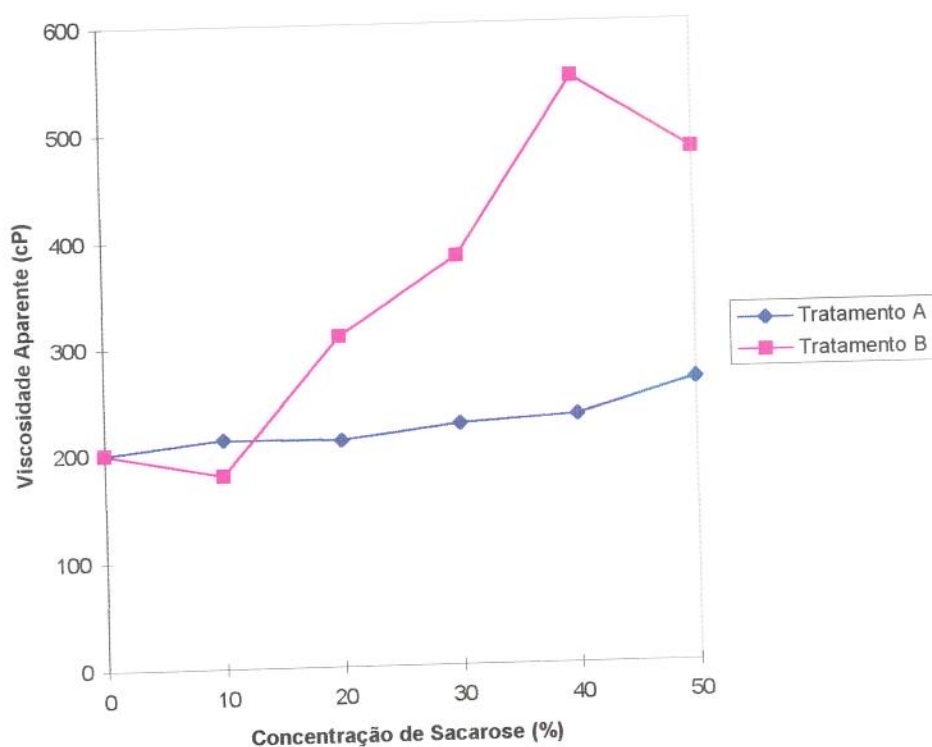


Figura 15- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano de *Dimorphandra mollis* a 25°C, à taxa de deformação de 100s^{-1} em função da concentração de sacarose (%).

Tratamento A- Polissacarídeo disperso a 1% em soluções com diferentes concentrações de sacarose. **Tratamento B-** Sacarose adicionada em diferentes concentrações à dispersão do polissacarídeo a 1% em água.

4.8.3. Efeito da Adição de Cloreto de Sódio

Até 5% de cloreto de sódio não há variação na viscosidade; com a adição de 5-15% de cloreto de sódio a viscosidade se reduz e começa a aumentar novamente com a adição de 15-25% (**Figura 16**). Carlson (1962) também observou pequeno aumento de viscosidade da goma guar ao adicionar cloreto de sódio à dispersão. A **Tabela A9** no Anexo, apresenta os valores obtidos.

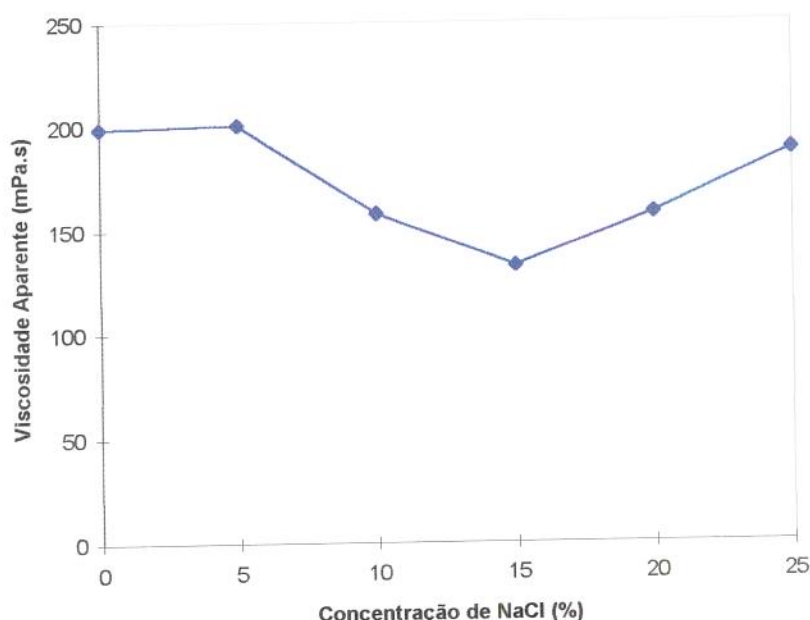


Figura 16- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano de *Dimorphandra mollis* dispersa em água a 1% em função da variação de concentração de cloreto de sódio (%) na dispersão a 25°C à taxa de deformação de 100s⁻¹.

4.8.4. Efeito da Variação de pH

A viscosidade aparente mostrou um patamar mais elevado (cerca de 180cP) entre pH 4,0 e 7,0; em pH baixo, entre 4,0 e 2,5 a viscosidade é decrescente; entre pH 7,0 e 9,0 oscila entre 160-170cP (**Figura 17**). A **Tabela A10** no Anexo, apresenta os valores obtidos.

Wankhede et al. (1995), analisando a variação de viscosidade em pHs entre 2,0 e 9,0, observaram que o galactomanano de *Sesbania aculeata* apresenta valores de viscosidade mais altos em pH entre 3,0 e 8,0 quando analisado à taxa de deformação de 97,41s⁻¹. Os mesmos autores observaram que os menores valores de viscosidade foram encontrados em pH 2,0 e 9,0.

A variação de viscosidade em diferentes valores de pH pode ser atribuído à dificuldade da goma dispersar em diferentes pHs. Carlson (1962), trabalhando com guar, verificou que a viscosidade da goma é maior quando o polímero é hidratado pelo menos 2h antes de acertar o pH. Os dados foram comparados com 1h e com 15min de hidratação prévia da goma e os resultados indicaram que quanto maior o tempo de hidratação, maior a viscosidade da dispersão. Estas observações confirmam a estabilidade do galactomanano em pH variável, pois o polissacarídeo foi hidratado em pHs previamente ajustados em soluções tampões com o objetivo de realizar os ensaios nas faixas de pH descritos.

A estabilidade da viscosidade do galactomanano com a variação de pH é esperada, uma vez que este polissacarídeo é neutro. As análises realizadas com a variação de pH pode fornecer informações importantes para a manipulação de alimentos.

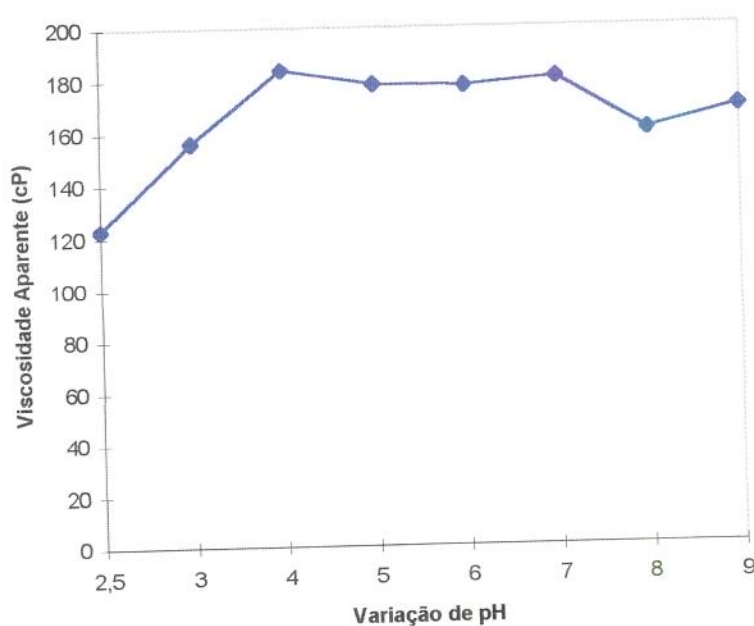


Figura 17- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* dispersa em água a 1% em função da variação do pH da dispersão a 25°C à taxa de deformação de 100s^{-1} .

4.8.5. Efeito da Variação da Temperatura

Os resultados representados na **Figura 18** revelam que a viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* decresce consideravelmente quando a temperatura aumenta de 20 para 80°C. No entanto, podemos observar que a viscosidade diminui lentamente entre 20 e 50°C, mas decresce com maior intensidade quando a temperatura chega a 70 e 80°C. A 20°C a viscosidade observada é de 208cP, e atinge 160, 89 e 61cP a 50, 70 e 80°C, respectivamente. A redução da viscosidade da dispersão de galactomanano pode ser atribuída à hidrólise da molécula de polissacarídeo durante o aquecimento. A **Tabela A11** no Anexo, apresenta os valores obtidos.

De acordo com Carlson (1962) e Carlson & Ziegenfuss (1965), a viscosidade da dispersão da goma guar cai consideravelmente com o aumento da temperatura, mas em relação ao efeito da temperatura sobre a viscosidade de outras gomas ela é estável.

Analizando a variação da viscosidade a diferentes temperaturas, Wankhede et al. (1995) observaram que, quando a goma é dispersa a 1%, à taxa de deformação de $97,41\text{s}^{-1}$, a viscosidade do galactomanano de *Sesbania aculeata* diminui pouco entre as temperaturas de 40 e 60°C. No entanto, ao atingir 70 e 80°C o decréscimo é acentuado.

Não podemos, no entanto, prever exatamente o comportamento reológico de um alimento processado pois são substâncias complexas. Mas estas informações podem fornecer subsídios para o desenvolvimento tecnológico na indústria alimentícia.

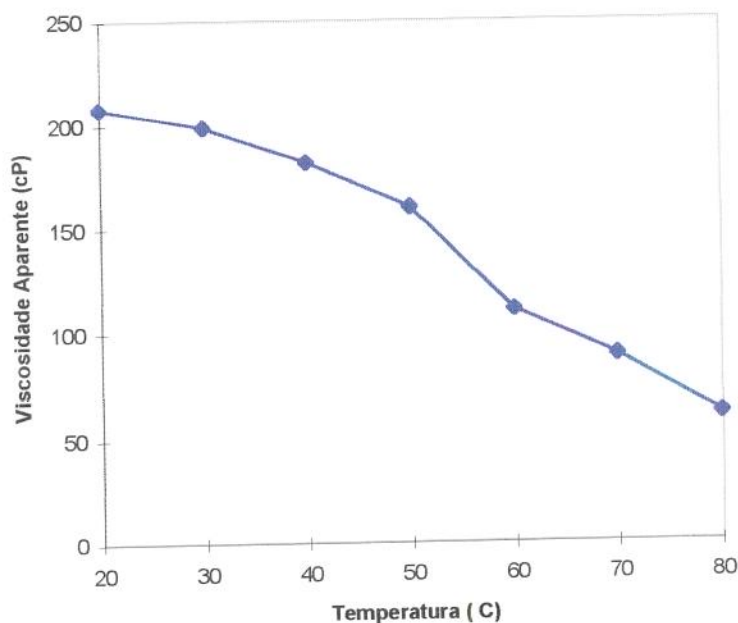


Figura 18- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* dispersa em água a 1% em função da variação da temperatura durante a análise reométrica à taxa de deformação de 100s^{-1} .

4.9 INTERAÇÃO GALACTOMANANO-XANTANA PARA FORMAÇÃO DE GEL

A fraturabilidade resultante da interação da galactomanano - xantana foi plotada em função da proporção dos hidrocolóides na mistura (**Tabela 6**). Quando a proporção entre galactomanano de *D. mollis* e xantana foi igual a 100:0, não foi observada resistência à penetração da sonda. Ao adicionar xantana ao galactomanano, quando a proporção entre as gomas é 75:25, a fraturabilidade observada foi de 89,2g. Na mesma Figura observamos que o máximo de fraturabilidade (118g) é obtido quando a proporção entre galactomanano de *D. mollis*:xantana é de 50:50, como já havia sido observado por Kovacs (1973), Sprenger (1990), Williams (1991) e Fernandes (1994), para a associação galactomanano:xantana. Quando a proporção entre as gomas passou a ser 25:75, o

valor apresentou novo decréscimo (69,2g). Também foi obtida a fracturabilidade da xantana isolada, que apresentou ser de 24,7g.

Tabela 6- Parâmetros de textura obtidos a partir de produtos da interação de galactomanano de *Dimorphandra mollis*-xantana em diferentes proporções em água a 1% analisados em Analisador de Textura TA-XT2 à temperatura ambiente, munido de sonda com 25mm de diâmetro, penetração de 10mm à velocidade de 5mm/s, força igual a 20g e sensibilidade 20g¹.

Proporção			
SC-420:xantana	Fraturabilidade	Dureza	Adesividade
100:0	19,5 d	18,9 e	nd
75:25	89,2 b	79,7 b	-27,7
50:50	118 a	98,5 a	-10,1
25:75	69,2 c	58,9 c	nd
0:100	27,4 d	26 d	nd
coeficiente de variação.(%)	7,3	5,9	

Teste Duncan com 95% de confiabilidade : letras iguais entre linhas indicam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de três repetições

nd= não detectado

Na **Tabela 7** podemos observar a fraturabilidade obtida a partir do galactomanano de *D. mollis*, goma guar e goma locusta em interação com goma xantana. Ainda na **Tabela 7** os resultados de fraturabilidade a partir da interação entre galactomanano de *D. mollis* e xantana apresentou ser maior que o resultado apresentado pela interação guar-xantana. Neste caso não foi observada a formação de gel. Este resultado era esperado, uma vez que a interação entre galactomanano-xantana é maior quanto maior for a razão manose:galactose do polissacarídeo. Segundo Igoe (1982) a diferença entre a goma guar e locusta para a interação com xantana é a estrutura química, onde a razão manose:galactose da guar é 1,8:1, e da locusta é 4:1 e, no caso do galactomanano de *D. mollis* foi observada razão manose:galactose de 2,7:1.

Segundo Sprenger (1990) a associação entre guar e xantana proporciona um incremento na viscosidade da dispersão e propicia maior estabilidade da dispersão ao ácido. Neste contexto, consideramos o resultado da medida de fraturabilidade da dispersão entre guar-xantana apenas como parâmetro comparativo. Em relação ao gel formado pela interação locusta-xantana, a fraturabilidade é maior que a do gel obtido pela associação galactomanano de *D. mollis*-xantana. Fernandes (1994), também observou uma relação entre o máximo de sinergismo a 1% de polissacarídeos totais e a razão manose galactose dos galactomananos ensaiados (tara e locusta).

Na **Tabela 7** temos os parâmetros de textura dos géis obtidos a partir do galactomanano de *D. mollis*, goma guar e goma locusta em interação com goma xantana. Podemos observar que a Fraturabilidade do gel formado pela interação locusta-xantana é maior que o formado pela interação SC-420-xantana e guar-xantana. O mesmo ocorre com a Dureza apresentada pelas interações, que foi maior quando ocorreu a interação locusta-xantana (175,2). O valor de Dureza da interação SC-420 apresenta-se intermediária entre a observada na interação locusta-xantana e guar-xantana. Com relação à adesividade, os valores obtidos pela interação entre SC-420-xantana e guar-xantana não apresentaram diferença estatística (-10,1 e -7,3, respectivamente), mas o valor observado na interação locusta-xantana é maior quando comparado à aquelas interações (-68,9).

Em análise visual, observou-se que nas associações entre galactomanano de *D. mollis* e goma xantana, formou-se um gel sem consistência ao ser retirado do recipiente, porém com certa elasticidade. O gel formado entre locusta-xantana apresentou consistência ao ser retirado do recipiente, porém, quebradiço.

Tabela 7- Parâmetros de textura obtidos a partir de produtos da interação de galactomanano de *Dimorphandra mollis*-xantana, guar-xantana e locusta xantana em água a 1% na proporção 50:50 analisados em Analisador de Textura TA-XT2 à temperatura ambiente, munido de sonda com 25mm de diâmetro, penetração de 10mm à velocidade de 5mm/s, força igual a 20g e sensibilidade 20g¹.

Amostra	Fraturabilidade	Dureza	Adesividade
galactomanano/xantana	118 b	98,5b	-10,1b
locusta/xantana	197,5 a	175,2a	-68,9a
guar/xantana	44,06 c	38,3c	-7,3b
coeficiente de variação (%)	5,6	3,2	5,8

Teste Duncan com 95% de confiabilidade: letras iguais na mesma coluna representam valores estatisticamente idênticos.

¹ média de três repetições

Na **Figura 19** podemos observar a medida de viscosidade aparente (cP) à taxa de deformação de 100s⁻¹ das amostras resultantes da interação entre o galactomanano e xantana. Nesta figura é observado um acréscimo na viscosidade da dispersão, quando ambos polissacarídeos estão presentes. O galactomanano de *D. mollis* disperso em água a 1% apresentou viscosidade aparente de 199cP.

Quando foi adicionada xantana, as amostras preparadas tiveram sua viscosidade acrescidas, sendo que o maior valor (391cP à taxa de deformação de 100 s^{-1}) foi observado quando a proporção galactomanano:xantana foi igual a 25:75 (434cP). Igoe (1982) afirma que a interação entre as gomas depende da proporção entre elas. Nos ensaios realizados neste trabalho foi observada a relação entre o aumento de viscosidade e a proporção entre as gomas.

A dispersão de xantana, sem a presença do galactomanano, apresentou viscosidade aparente igual a 187cP, e atingiu 383cp quando a proporção entre o galactomanano:xantana foi de 75:25.. Estes dados podem ter importância do ponto de vista tecnológico uma vez que a associação entre gomas podem formar produtos com características difíceis de serem atingidas quando os polissacarídeos encontram-se isolados.

Na associação entre as gomas guar e xantana, foi observado um pequeno acréscimo na viscosidade aparente. Quando a goma guar é dispersa a 1% isoladamente, sua viscosidade aparente é 334cP a 25°C à taxa de deformação e de 100 s^{-1} , e atinge 377cP quando ocorre a associação guar:xantana na proporção 1:1. Segundo (Igoe, 1982) a interação guar-xantana proporciona o aumento da viscosidade aparente da dispersão e é utilizada em casos em que a estabilidade da dispersão é requerida mesmo com variação de pH, concentração de sal e variação de temperatura.

Morris (1984) observou aumento na viscosidade aparente na interação xantana-guar, cujos resultados apresentaram-se maiores que quando foi medida a viscosidade da xantana ou guar isoladas. O máxima de viscosidade foi observado com 80% de guar e 20% de xantana com 0,5% de polissacarídeos totais. Os resultados da análise reométrica mostrou que os maiores valores de viscosidade (**Figura 19**) coincidem com os maiores valores de Fraturabilidade e Dureza do gel formado (**Tabela 6**). No caso da interação locusta-xantana, foi observada maior Fraturabilidade que para as amostras de galactomanano de *D. mollis* -xantana (**Tabela 7**), mas não foi possível obtermos medidas de viscosidade da interação locusta-xantana pois a amostra foi destruída no reômetro durante a análise.

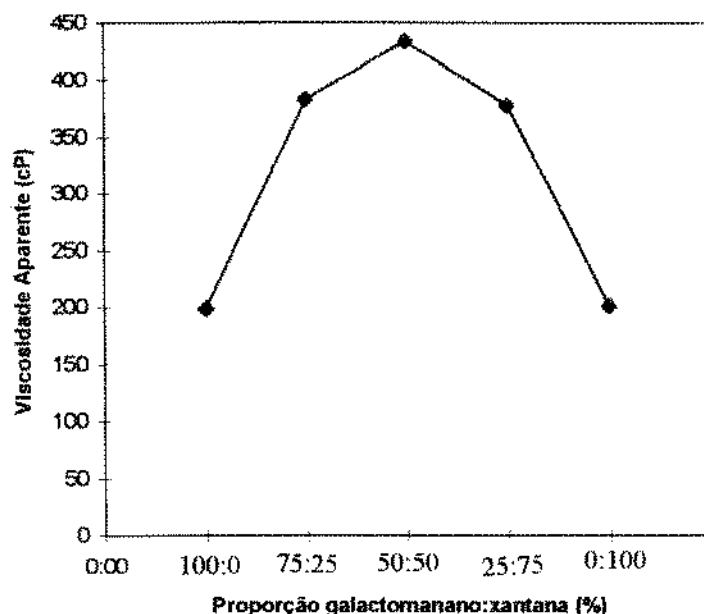


Figura 19- Viscosidade aparente (cP) em função da proporção galactomanano:xantana em solução aquosa a 1% de polissacarídeos totais à taxa de deformação de 100 s^{-1} .

4.10 ENSAIO E ANÁLISE DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Na **Tabela 8** podemos observar que a razão manose:galactose do galactomanano proveniente da fração SC-420 é igual a 2,6. Quando a mesma amostra é tratada com a enzima α -galactosidase obtida a partir de endospermas de sementes de *Sesbania marginata*, o valor da razão M/G se mantém constante nos primeiros 10min de incubação e após 20min de tratamento a razão M/G sofre um acréscimo (3,1), chegando ao valor máximo de 3,2 quando a incubação atinge 40min. Com 80min de incubação, a razão manose:galactose começa a decrescer e chega a 2,6 aos 160min. Desta forma podemos sugerir que houve atividade da α -galactosidase a partir dos primeiros 20min de incubação.

Tabela 8- Razão manose:galactose (M/G) obtida a partir da análise em HPLC dos componentes monossacarídicos do galactomanano de *Dimorphandra mollis* durante diferentes períodos de ensaio enzimático com α -galactosidase à temperatura de 45°.

Tempo de incubação (min)	Razão M/G
0	2,6
10	2,6
20	3,1
40	3,2
80	3,0
160	2,6

O decréscimo na razão M/G observado a partir de 80min de incubação pode ser atribuído a uma contaminação enzimática com endo- β -mananase. Através da análise por HPLC do galactomanano, foi detectada a presença de oligossacarídeos nas amostras tratadas enzimaticamente durante 80 e 160min. Estes resultados confirmam a presença de uma contaminação por endo- β -mananase na amostra. Podemos sugerir que esta última enzima inicie sua atividade após 80min de incubação.

Amostras do etanol utilizado para precipitar o galactomanano após o ensaio enzimático foram analisadas em HPLC com o objetivo de detectar a presença de galactose que eventualmente tenha sido liberada durante a atividade da enzima α -galactosidase. Os resultados desta análise encontram-se na **Figura 20**, e mostram que ocorreu uma liberação gradual de resíduos de galactose durante os diferentes períodos de incubação. Nesse caso, um contaminante (glicose) serviu como padrão interno em relação ao qual observa-se aumento do conteúdo de galactose.

De acordo com os resultados apresentados podemos sugerir que o galactomanano de *D. mollis* pode ser modificado enzimaticamente, e que a razão M/G pode ser manipulada, desde que seja feito um controle rígido quanto ao tempo de incubação.

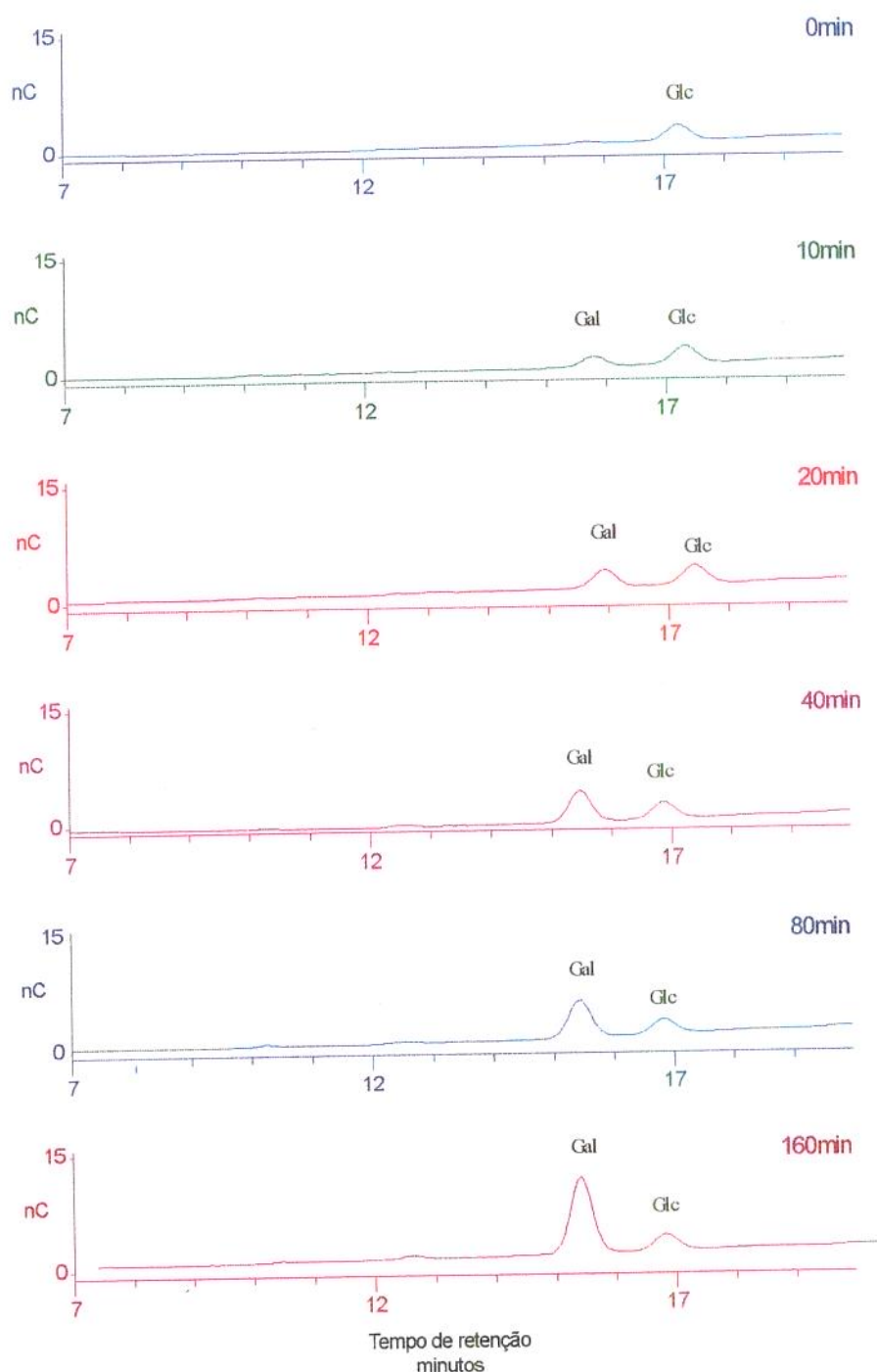


Figura 20- Análise por HPLC dos açúcares livres presentes no etanol utilizado para precipitação do galactomanano de sementes de *Dimorphandra mollis* incubado à temperatura de 45°C com α -galactosidase parcialmente purificada de endospermas de sementes de *Sesbania marginata*. Glicose (Glc), nesse caso um contaminante, serve como um padrão interno em relação ao qual observa-se aumento no conteúdo de galactose (Gal) por ação enzimática NC = nano Columns, resposta do Detector de Pulso Amperométrico (PAD).

5. CONCLUSÕES

Em vista dos resultados dos vários ensaios, é possível a moagem e separação por peneiramento de uma fração com partículas maiores que 420 μ m, onde se concentra o material mais rico em endosperma, ocorrendo uma purificação parcial da goma proveniente de sementes de *D. mollis*. É interessante observar que o teor de galactomanano no material sem casca (NaOH), triturado e retido na peneira com 420 μ m de abertura (83,2%) é tão alto quanto o teor obtido para guar comercial (78-82%).

Sementes tratadas com NaOH 5% para remoção da casca, que apresenta coloração avermelhada, permitem a separação por peneiramento de uma fração praticamente despigmentada que representa 76,4% do material, com um teor de 83,2% de galactomanano. Sementes inteiras com casca e trituradas fornecem um material com 57% de galactomanano. Sementes inteiras sem casca (remoção com NaOH) apresentam 58,8% de galactomanano.

A razão manose:galactose de amostras de sementes de *D. mollis* submetidas a diversos tratamentos varia entre 2,2 e 2,7: 2,4 para semente inteira sem casca (remoção com solução de hidróxido de sódio 5%); 2,7 para semente sem casca (remoção com solução de hidróxido de sódio 5%), fração retida na peneira com 420 μ m de abertura; 2,2 para semente inteira com casca; 2,4 para semente com casca, fração retida na peneira com 420 μ m de abertura. A fração de semente sem casca e retida em peneira com 420 μ m apresenta uma razão M/G intermediária entre as observadas para goma guar e locusta.

A fração SC-420 foi considerada Praticamente Atóxica através do ensaio biológico realizado, indicando a viabilidade de dar continuidade aos estudos referentes à extração e aplicação industrial do galactomanano de *D. mollis*.

A viscosidade aparente do galactomanano de sementes de *D. mollis* tem um aumento considerável com o acréscimo da concentração do polissacarídeo na dispersão em água. A partir dos resultados das análises reológicas realizadas

concluimos que o galactomanano de *D. mollis* apresenta comportamento não-newtoniano com características pseudoplásticas e retorna às suas propriedades iniciais após ter sofrido uma taxa de deformação que vai até 100s^{-1} , indicando ausência de efeito do tempo.

A viscosidade do galactomanano de *D. mollis* obtida a partir da fração de sementes sem casca (retiradas com hidróxido de sódio 5%) e separadas em peneira com $420\mu\text{m}$ de abertura, determinada em dispersão a 1% de galactomanano, com taxa de deformação de 100s^{-1} , é de cerca de 200cP. Nas mesmas condições de ensaio a goma guar apresentou uma viscosidade média de 300cP.

A viscosidade do galactomanano de *D. mollis* disperso em água é estável na presença de 5% de cloreto de sódio, mas a presença de 10 e 15% do mesmo sal faz com que a dispersão apresente um decréscimo na viscosidade.

A presença de 20% ou mais de sacarose na dispersão provocou um acréscimo na viscosidade aparente, no caso do açúcar ser adicionado após o preparo da dispersão da goma.

A viscosidade da dispersão diminui com o aumento da temperatura, sendo que o decréscimo foi acentuado de 50 para 60°C .

A dispersão do galactomanano é facilitada quando o solvente se encontra em pH variando entre 4,0 e 7,0, onde foi observada maior estabilidade da viscosidade deste polissacarídeo.

O galactomanano de *D. mollis* tem a capacidade de interagir com xantana, resultando na formação de gel e no aumento da viscosidade das dispersões preparadas a partir da associação do galactomanano de *D. mollis*-xantana em determinadas proporções (50:50). Esse gel formado apresentou menor fraturabilidade e dureza em relação ao gel de locusta-xantana.

Este trabalho mostra que as sementes de *D. mollis* representam um potencial para produção de goma, indicando a importância de estudos complementares para aplicações comerciais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, J. P.; NACCO, R. & FERRO, A. Avaliação global de geléias de uva através do método de dados difusos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.3, p. 250-254, 1996.
2. ALCÂNTARA, P. H.; BUCKERIDGE, M.S. & DIETRICH, S. M. C. Extração e caracterização de uma alfa-galactosidase de sementes de *Sesbania marginata*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, XLII, Porto Alegre, 1990.
3. ANDERSON, E. Endosperm mucilages of legumes: occurrence and composition. **Industry and Engineer Chemistis**, v. 41, p. 2887-2890, 1949.
4. AOAC. Association of Official Agricultural Chemistry. **Official Methods of Analysis**, W. Washington. 1989.
5. AOAC. Association of Official Agricultural Chemistry. **Official Methods of Analysis**, W. Washington. 1995.
6. ANTUNES, A. J. & CANHOS, V. P. **Aditivos de alimentos**. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 1981.
7. BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; IBARZ, A. & PELEG, M. Propriedades Reológicas de Alimentos Fluidos. Revision. **Alimentaria**, v. 30, n. 4, p. 39-59, 1993.
8. BEWLEY, J. D. & BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer-Verlag. 1978. vol. 1. 306p.
9. BOBBIO, F. O. & BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda, 1992. cap. 1, p. 11-70.
10. BOURNE, M. C. Texture Profile Analysis. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 62-66, 1978.

11. BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. London: Academic Press, 1982. cap. 5, 199-246: Viscosity and Consistency.
12. BRITO, M. C. W. **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. Série PROBIO/SP**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997. 113p.
13. BUCKERIDGE, M. S. & DIETRICH, S. M. C. Galactomannan from Brazilian native legume seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 13, n. 2, p. 109-112, 1990.
14. BUCKERIDGE, M. S., PANEGASSI, V. R. & DIETRICH, S. M. C. Storage carbohydrate mobilisation in seeds of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) following germination. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 171-175, 1995a.
15. BUCKERIDGE, M. S., PANEGASSI, V. R., ROCHA, D. C. & DIETRICH, S. M. Seed galactomannan in the classification and evolution of the Leguminosae. **Phytochemistry**, v. 38, n. 4, p. 871-875, 1995b.
16. CARLSON, W. A.; ZIEGENFUSS, E. M. & OVERTON, J. D. Compatibility and manipulation of guar gum. **Food Technology**, v. 16, n. 10, p. 50-54, 1962.
17. CARLSON, W. A. & ZIEGENFUSS, E. M. The effect of sugar on guar gum as a thickening agent. **Food Technology**, v. 19, n. 6, p. 64-68, 1965.
18. CRAWSHAW, L. A. & REID, J. S. G. Changes in cell wall polysaccharides in relation to seedling development and the mobilization of reserves in the cotyledons of *Lupinus angustifolius* cv, Unicrop. **Planta**, v. 160, p. 449-454, 1984.
19. CHUDZIKOWSKI, R. J. Guar gum and its applications. **Journal of the Society of Cosmetic Chemists**, v. 22, p. 43-60, 1971.
20. COLLYER, S. G. The use of hydrocolloids in canned products. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J. e WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the**

- Food Industry - Application of Hydrocolloids.** Pergamon Press, 1982. vol. 2, 349-355.
21. CONNING, D. M.; MALLET, A. K. & NICKLIN, S. 1982. Novel toxicological aspects of gums and stabilisers. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J. e WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry - Application of Hydrocolloids.** Pergamon Press, 1982. vol. 2, p. 384-404.
22. DAVIDSON, R. L. **Handbook of water-soluble gums and resins.** The Kingsport Press, 1980. 596 p.
23. DEA, I. C. M. & MORRISON, A. Chemistry and interections of seed galactomannans. **Journal of Advanced Chemistry and Biochemistry**, v. 31, p. 247-312, 1975.
24. DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; ROBERTS, P. A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analitical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.
25. ELFAK, A. M.; PASS, G.; PHILLIPS, G. O. & MORLEY, R. G. The Viscosity of Dilute Solutions of Guar gum and Locust Bean Guma with and without Added Sugars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, n. 10, p. 895-899, 1977.
26. ELFAK, A. M.; PASS, G. & PHILLIPS, O. The effect of shear rate on the viscosity of solutions of guar gum and locust bean gum. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, n. 4, p. 439-444, 1979.
27. FAO/WHO Food Standards Programme - Codex Alimentarius Commission. First supplement to the list of additives evaluated for their safety-in-use in food, First Series, p. 3-4, 1973.
28. FAO Food and Nutrition Paper. Specifications for identity and purity of certain food additives. n. 37, p. 25-27, 1986.

29. FERNANDES, P. B. Determination of the physical functionality of galactomannans in xanthan gum/galactomannan mixed systems by periodate oxidation. **Food Control**, v. 5, n. 4, p. 244-248, 1994.
30. FERNANDES, P. B.; GONÇALVES, M. P. & DOUBLIER, J. L. Effect of galactomannan addition on the thermal behavior of κ -carrageenan gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 19, p. 261-269, 1992.
31. Food Chemicals Codex. Washington D. C.: National Academic Press, 3^a. ed., p. 141, 1881.
32. GLICKSMAN, M. Utilization of natural polysaccharide gums in the food industry. **Advances in Food Research**, v. 11, p. 109-200, 1962.
33. GLICKSMAN, M. **Gum Technology in the Food Industry**. London: Academic Press, Inc., 1969. 395p.
34. GLICKSMAN, M. **Food Hydrocolloids**. Florida: CRC Press, 1986. vol. 3, cap. 7, p.186-198. Tara Gum.
35. GOYCOOLEA, F. M.; MORRIS, E. R. & GIDLEY, M. J. Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of "hyperentanglement" in solution. **Carbohydrate Polymers**, v. 27, p. 69-71, 1995..
36. GUARINO, A. M. Princípios básicos de toxicologia moderna In: Craig, C. R. & Stitzel, R. E., ed. **Farmacologia Moderna**, São Paulo: Ed. Roca, 1986. p. 80-91.
37. HANSEN, R. W.; BYRNES, S. M. & JOHNSON, A. D. Determination of galactomannan (gum) in guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) by High Performance Liquid Chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 59, n. 3, p. 419-421, 1992.
38. HERALD, C. T. Locust/Carob Bean Gum. In: GLICKSMAN, M. **Food Hydrocolloids**. Florida: CRC Press, 1986a. vol. 3, cap. 5, p.161-170.

39. HERALD, C. T. Guar Gum. In: GLICKSMAN, M. **Food Hydrocolloids**. Florida: CRC Press, 1986b. vol. 3, cap. 6, p.171-184.
40. IGOE, R. S. Hydrocolloid Interection Useful in Food Systems. **Food Technology**, v. 36, n. 4, p. 72-74, 1982.
41. KALAT, E. A. & MAYER, M. M. **Experimental Immunochemistry**. In: Thomas, C. C. 1967. 905p.
42. KOVACS, P. Useful incompatibility of xantan gum with galactomannans. **Food Technology** , v. 27, n. 3, p. 26-28, 1973.
43. LOOMIS, T. A. **Fundamentos de Toxicologia**. Espanã, Zaragoza: Ed. Acribia, 1981, 274pp.
44. LORENZI, H. **Árvores Brasileiras - Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Nova Odessa - SP: Ed. Plantarum Ltda, 1992. 352p.
45. McCLEARY, B. V.; DEA, I. C. & CLARK, A. H. 1982. The fine structure of carob and guar galactomannans. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J. e WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry - Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press, 1982. vol. 2, p. 33-53.
46. McCLEARY, B. V. Enzymic interection in the hydrolysis of galactomannan in germinating guar: the role of exo-beta-mannanase. **Phytochemistry**, v. 22, p.649-658, 1983.
47. MEER, G.; MEER, W. A. & TINKER, J. Water-Soluble Gums: Their past, present, and future. **Food Technology**, p. 22-28, nov. 1975.
48. MORLEY, R. G. 1982. Utilization of hydrocolloids in formulated foods. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J. e WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry - Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press, 1982. vol. 2, p. 211-239.

49. MORRIS, E. R. 1984. Rheology of Hydrocolloids. In: Phillips, G. O.; Wedlock, D. J. & Williams, P. A. ed. **Gums and Stabilizers for the Food Industry - Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press, 1984. v. 3, p. 57-58.
50. MULLER, H. G. Non-Newtonian Liquids: Examples. **An Introduction to Food Rheology**, cap. 7, p. 66-74.
51. NEUKOM, H. Galactomannans: Properties and Applications. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 22, n. 2, p. 41-45, 1989.
52. OLIVEIRA, L. M. Q. Estudo comparativo do crescimento em *Dimorphandra mollis* Benth e *Enterolobium contortiliquum* (Vell.) Morong. Campinas, 1992. 221p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade de Campinas.
53. OVEREEM, A. Legislation and toxicology and food hydrocolloids. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J.; WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry: Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press., 1982. v. 2, p.
54. RAO, M. A. **Propriedades Reológicas dos Alimentos**. Curso de Atualização do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Universidade de São Paulo, out. 1996.
55. REID, J. S. G. Galactomannans. In: **Biochemistry of Storage Carbohydrate in Green Plants**. London: Academic Press., 1985. cap. 7, p. 265-288.
56. RIZZINI, C. T. & MORS, W. B. **Botânica Econômica Brasileira**. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1976. p. 67-70.
57. SANTOS, H. L.; FERREIRA, M. B.; D'ASSUMPÇÃO, W. R. C.; GAVILANES, M. L.; COUTO, E. S. E SANTOS, F. C. **Espécies arbóreas responsáveis por intoxicação em bovinos - I: *Dimorphandra mollis* Benth e *Dimorphandra wilsonii* Rizz.** In: Reunião da Sociedade Botânica de São Paulo, VI, São Paulo, 1975. p. 573-585.
58. SEAMAN, J. F.; BUHL, J. L. & HARRIS, E.E. Quantitative saccharification of wood and cellulose. **Industrial Engineer of Chemistry**. v. 17, p. 35-37, 1945.

-
59. SEAMAN, J. K. 1980. Guar Gum In: DAVIDSON, R. L. ed. **Handbook of water-soluble gums and resins**. EUA: McGraw-Hill, Inc., 1980. cap. 6.
60. SHCHERBUKHIN, V. D. Galactomannans from seeds of leguminous plants found in the Soviet Union. **Food Hydrocolloids**, v. 6, n. 1, p. 3-7. 1992.
61. SPRENGER, M. New Stabilising systems using galactomannans. **Dairy Industries International**, v. 55, n. 1, p. 19-21. 1990.
62. SZCZESNIAK, A. S. 1973. Instrumental methods of texture measurements. In: Kramer, A. & Szczesniak, A. S. ed. **Texture Measurements of Foods**. Reidel Publishing Company, Cap. 6.
63. SZCZESNIAK, A. S. Rheological basis for selecting hydrocolloids for specific applications. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J.; WILLIAMS, P. A., ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry: Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press., 1986. v. 3, p. 311-323.
64. GLICKSMAN, M. ed. **Gums and stabilisers for the food industry.**, vol. 3. 1986.
65. TOMASSINI, E. & MORS, W. B. *Dimorphandra mollis* Benth. e *D. gardneriana* Tul., novas e excepcionais fontes de rutina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p. 321-323, 1966.
66. WANKHEDE, D. B.; SAWATE, A. R.; PATIL, H. B.; ISMAIL, S.; DESHPANDE, H. W. & HASHMI, S. H. Studies on isolation, carbohydrate make-up and rheological properties of galactomannan of *Sesbania* (*Sesbania aculeata* Poir.) seeds. **Starch/Stärke**, v. 47, n. 11, p. 415-420, 1995.
67. WHISTLER, R. L. & HYMOWITZ, T. **Guar: Agronomy, Production, Industrial Use and Nutrition**. Indiana: Purdue University Press, 1979. 124 pp.
68. WHISTLER, R. L. Industrial Gums from Plants: Guar and Chia. **Economic Botany**, v. 36, n. 2, p. 195-202, 1982.

-
69. WIELINGA, W. C. Application of gum-based stabilization systems in ice-cream and fruit ices. In: PHILLIPS, G. O.; WEDLOCK, D. J. & WILLIAMS, P. A. ed. **Gums and Stabilisers for the Food Industry - Application of Hydrocolloids**. Pergamon Press, 1982. vol. 2, p. 251-276.
70. WILLIAMS, P. A.; DAY, D. H.; LANGDON, M.J.; PHILLIPS, G. O. & NISHINARI, K. Synergistic interaction of xanthan gum with glucomannans and galactomannans. **Food Hydrocolloids**, v. 4, n. 6, p. 489-493, 1991.
71. WILSON, E. O. 1992. **A estratégia de conservação da biodiversidade**. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1992. p. 19-36.
72. ZPEVÁK, F. A. Efeitos do ácido abscísico, potencial hídrico, temperatura e tratamentos para quebra de dormência na germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth. São Carlos, 1994. Tese (Mestrado) -Instituto de Biologia, Universidade Federal de São Carlos.

ANEXO

Tabela A1- Retenção em peneiras, do material de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.

Peneira (abertura em micrômetros)	Retenção (%)
420	76,40
300	6,75
250	1,45
177	3,90
125	3,65
74	4,60

Tabela A2- Teor de galactomanano em frações de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%.

Peneira (abertura em micrômetros)	Teor de Galactomanano (%)
420	72,40
300	9,80
250	3,80
177	3,00
125	6,40
74	1,22

Tabela A3- Retenção em peneira do material de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min. **Tratamento 1-** sementes com casca, **Tratamento 2** - sementes com a casca totalmente extraída manualmente após 2h de embebição em água.

Peneira (abertura em micrômetros)	Retenção (%)	
	Tratamento 1	Tratamento 2
420	69,83	7,60
300	6,30	21,40
250	1,60	4,73
177	7,30	33,80
125	6,76	12,06
74	3,00	14,53
resíduo	0,19	3,80

Tabela A4- Teor de galactomanano em frações de sementes de *Dimorphandra mollis* trituradas durante 3min. **Tratamento 1-** com casca, **Tratamento 2** - sementes com a casca totalmente removida manualmente após 2h de embebição em água.

Peneira (abertura em micrômetros)	Teor de Galactomanano (%)	
	Tratamento 1	Tratamento 2
420	71,00	58,04
300	6,30	55,00
250	1,60	23,56
177	7,30	29,70
125	6,76	20,09
74	3,00	14,39
resíduo	0,00	0,00

Tabela A5- Processamento de frações de sementes de *Dimorphandra mollis*, trituradas durante 3min, após tratamento de remoção da casca com solução de hidróxido de sódio 5%. **Tratamento 1** - extração aquosa a 1% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). **Tratamento 2** - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (3:1) (v:v). **Tratamento 3** - extração aquosa a 0,5% e precipitação em etanol (5:1) (v:v).

Peneira (abertura em micrômetros)	Teor de Galactomanano (%)		
	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
420	72,40	75,10	83,40
300	9,80	11,70	12,44
250	3,80	3,80	4,40
177	3,00	2,71	2,10
125	6,40	7,30	7,64
74	1,22	1,10	0,40

Tabela A6- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano de *D. mollis*, a 25°C, disperso em água a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%, em diferentes taxas de deformação.

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
5,1	63,67	468,33	3027,00	3518,33	6670,00	11563,00
10,4	41,00	404,67	2396,67	2814,67	7606,00	8468,33
15,6	38,67	361,67	2033,67	2395,67	6231,00	6932,33
21,0	35,33	334,67	1777,33	2114,33	5299,33	5931,33
26,4	33,00	313,67	1596,00	1914,33	4643,00	5227,33
31,7	30,00	297,00	1452,33	1750,67	4153,67	4681,00
36,9	29,00	283,33	1339,67	1629,67	3769,67	4274,67
41,6	29,33	278,33	1257,67	1523,00	3491,67	3965,67
46,9	28,00	264,00	1175,67	1421,33	3200,00	3656,33
52,3	27,67	253,00	1104,00	1332,33	2988,33	3402,33
57,5	27,67	245,33	1040,67	1266,33	2799,67	3179,00
62,9	27,00	237,67	989,33	1202,33	2633,67	2983,00
68,1	27,00	230,67	941,33	1147,00	2486,33	2817,00
73,5	27,00	224,00	893,33	1096,00	2348,33	2665,33
78,6	26,00	219,00	856,97	1051,33	2240,67	2541,00
83,9	25,33	214,00	819,67	1011,33	2140,67	2425,67
89,3	25,67	208,33	786,67	973,00	2047,00	2313,33
94,4	25,00	204,33	758,67	940,00	1959,67	2223,67
100	25,00	199,33	700,33	940,33	1860,00	2131,00

Tabela A7- Viscosidade aparente (cP) do galactomanano da goma guar, a 25°C, disperso em água a 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%, em diferentes taxas de deformação.

	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
5,1	101,67	2235,67	4481,00	9002,00	18780,00	44226,67
10,4	71,00	14763,33	2940,67	5758,67	10337,33	22410,00
15,6	58,67	1134,00	2268,33	4143,00	6744,67	13670,00
21,0	53,00	800,67	1867,00	3298,33	5203,00	9324,00
26,4	49,33	767,67	1598,33	2791,67	4342,67	7634,33
31,7	45,67	701,33	1404,67	2411,33	3920,33	6959,33
36,9	44,00	626,00	1260,33	4161,00	3521,67	6251,67
41,6	42,33	559,00	1157,00	1966,33	3252,00	5650,33
46,9	41,33	523,33	1054,33	1756,00	3290,00	5057,33
52,3	40,33	468,67	976,67	1637,00	2752,67	4744,00
57,5	37,67	432,00	907,00	1492,67	2541,00	4159,67
62,9	36,67	423,00	847,33	1388,33	2366,67	4246,00
68,1	36,00	401,33	795,67	1300,67	2224,67	4194,67
73,5	35,33	365,00	753,33	1224,67	2089,00	3705,67
78,6	34,33	350,67	715,67	1157,00	1971,00	3439,33
83,9	33,33	338,00	680,33	1091,33	1865,33	3152,33
89,3	33,00	327,00	651,33	1033,67	1768,33	2958,33
94,4	32,67	310,00	624,00	998,00	1688,00	3211,33
100	32,00	300,67	600,33	955,33	1611,67	3803,67

Tabela A8- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* a 25°C, à taxa de deformação de 100s⁻¹ em diferentes concentrações de sacarose. **Tratamento A-** Polissacarídeo disperso a 1% em soluções com diferentes concentrações de sacarose. **Tratamento B-** Sacarose adicionada em diferentes concentrações à dispersão do polissacarídeo a 1% em água.

Concentração de Sacarose (%)	Tratamento A	Tratamento B
0	199,33	199,33
10	212,67	179,00
20	210,67	309,00
30	223,67	382,67
40	231,00	548,67
50	264,33	480,67

Tabela A9- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* a 25°C, à taxa de deformação de 100s⁻¹ em diferentes concentrações de NaCl.

Concentração de NaCl (%)	Viscosidade Aparente (cP)
0	199,33
5	200,67
10	157,67
15	132,67
20	157,67
25	188,00

Tabela A10- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* , a 25°C, com variação de pH, à taxa de deformação de 100s⁻¹ .

pH	Viscosidade Aparente (cP)
2,5	123,00
3,0	156,00
4,0	183,67
5,0	178,00
6,0	177,33
7,0	180,33
8,0	160,00
9,0	168,67

Tabela A11- Viscosidade aparente do galactomanano de *D. mollis* a diferentes temperaturas, à taxa de deformação de 100s^{-1} .

Temperatura (°C)	Viscosidade Aparente (cP)
20	208,00
30	199,33
40	182,00
50	160,67
60	111,00
70	89,33
80	61,00