



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS
CAMPUS JUVINO OLIVEIRA

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLOIDES (GOMA GUAR E GOMA
XANTANA) NAS PROPRIEDADES DE TEXTURA E SINERESE DE GÉIS DE
AMIDO DE ARARUTA

RAFAEL ALVES DA SILVA COSTA

ITAPETINGA – BA

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLOIDES (GOMA GUAR E GOMA
XANTANA) NAS PROPRIEDADES DE TEXTURA E SINERESE DE GÉIS DE
AMIDO DE ARARUTA

RAFAEL ALVES DA SILVA COSTA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:

Prof^ª. DSc. Cristiane Martins Veloso

Co-Orientadores:

Prof^ª. DSc. Renata Cristina Ferreira Bonomo

Prof. DSc. Luciano Brito Rodrigues

ITAPETINGA – BA

2015

664.22
C875e Costa, Rafael Alves da Silva
Efeito da adição de hidrocoloides (goma guar e goma xantana) nas propriedades de textura e sinerese de géis de amido de araruta. / Rafael Alves da Silva Costa. - Itapetinga: UESB, 2015.
76f.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”. Sob a orientação da Profª D.Sc. Cristiane Martins Veloso e co-orientação da Profª. D.Sc. Renata Cristina Ferreira Bonomo e Prof. D.Sc. Luciano Brito Rodrigues.

1. Gel de amido de araruta – Propriedades tecnológicas. 2. *Marantaarundinacea L.* – Alternativas. 3. Amido de araruta - Estabilidade. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. II. Veloso, Cristiane Martins. III. Bonomo, Renata Cristina Ferreira. IV. Rodrigues, Luciano Brito. V. Título.

CDD(21): 664.22

Catálogo na fonte:
Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Gel de amido de araruta – Propriedades tecnológicas
2. *Marantaarundinacea L.* – Alternativas
3. Amido de araruta - Estabilidade



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Programa de Pós-Graduação
Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos
Ciência de Alimentos

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLOIDES (GOMA GUAR E GOMA XANTANA) NAS PROPRIEDADES DE TEXTURA E SINERESE DE GÉIS DE AMIDO DE ARARUTA.

Autor (a): RAFAEL ALVES DA SILVA COSTA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Cristiane Martins Veloso

Co-orientador (a): Prof.^a Dr.^a Renata Cristina Ferreira Bonomo

Prof.^o Dr. Luciano Brito Rodrigues

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.

Prof.^a Dr.^a Cristiane Martins Veloso (UESB)

Prof.^o Dr. Leandro Soares Santos (UESB)

Prof.^a Dr.^a Geany Peruch Camilloto (UEFS)

Itapetinga-BA, 10 de fevereiro de 2015.

*A minha mãe Aparecida Alves, meu
padrinho Alexandre Castro, a minha noiva
Gabriela Viana e todos os amigos dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Criador de todas as coisas, por estar sempre presente em minha vida, pelas oportunidades que me concedeu, por me dar forças para enfrentar as dificuldades e sempre me guiar para o melhor caminho.

Em especial e com destaque à Prof. Dra. Cristiane Martins Veloso pela orientação constante no desenvolvimento desse trabalho, por toda sua paciência, dedicação, seriedade e conselhos. Por me tornar mais confiante transmitindo seus conhecimentos com segurança, pelo apoio no meu crescimento profissional. Por ser tão humana e compreensiva.

Aos Professores DSc. Renata Bonomo, e Luciano Rodrigues, pela Co-orientação, pelas sugestões no desenvolvimento do projeto e pelo uso dos Laboratório e equipamentos.

Aos Professores DSc. Rafael Fontan, Leandro Soares, Paulo Bonomo, e MSc. Evaldo Cardoso e Vanessa Sampaio por toda força, auxílio, apoio, sugestões, ensinamentos, contribuições e amizade.

Aos meus Professores da graduação que sempre me apoiaram e me deram forças Normane Mirele e Lucas Landim.

À Professora DSc. Geany Peruch Camilloto pela disposição e participação da banca de defesa.

À minha mãe por toda força, apoio, confiança e amor constante.

À minha noiva Gabriela Viana por toda força, apoio, amor, amizade e carinho constantes em todos os momentos desta trajetória.

À Ivonete e Marivaldo por toda confiança, apoio e orações.

Ao meu “irmão” Adejanildo Pereira pela força, amizade e por todo apoio em todos os momentos de minha vida acadêmica.

Aos meus grandes amigos Simone Neres, Taline Amorim, Mila Mascarenhas, Bem-Hur Gonçalves, Grazielle Silva, Tamires Prado, Aila Riany, Nadabe Reis, Laise Teles, Juliana Gomes, Milena Junqueira, Washington Andrade e Marcos Tavares pela amizade, incentivo, contribuições compartilhamento de conhecimentos e pelos momentos de descontrações.

Aos colegas e amigos do LEP Mateus Flores, Gabriel Ramos, Olga Gandolfi, Claudia Laís, Manuela Barreto, Bianca Cana Verde, Ane Nolasco, Daniel e Iêgo por toda auxílio, contribuições, amizade e momentos de descontrações.

Aos colegas Hudson Maia e Leonardo Maia por todo apoio e contribuições nos ensaios de textura.

Aos meus verdadeiros amigos que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e me trazendo alegria sempre.

A Capes pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pelo apoio e oportunidade de crescimento profissional, científico e humano.

A equipe do CETENE pela realização das análises FTIR e DRX.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para minha formação.

RESUMO

RAFAEL, A. S. C. **Efeito da adição de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) nas propriedades de textura e sinerese de géis de amido de araruta.** Itapetinga – BA: UESB, 2015. 76p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos).

As propriedades tecnológicas dos amidos têm significativa importância para as indústrias de alimentos, que buscam manter ou realçar as propriedades dos seus produtos. Atualmente buscam-se para esses fins amidos com propriedades diferenciadas, pois modificar formulações é economicamente mais viável que alterar processos de fabricação. A incorporação de hidrocolóides em soluções de amido modifica as propriedades tecnológicas como gelatinização, retrogradação, sinerese, textura entre outras, tendo como principais funções a busca de melhoria destas propriedades e promoção de maior estabilidade aos géis de amidos. Assim, objetivou-se neste trabalho caracterizar o amido e avaliar o efeito da adição de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) nas propriedades de textura e sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum. O trabalho consistiu na determinação de umidade, cinzas, pH, acidez, proteínas, lipídios, amido total, amilose, padrão de cristalinidade, estrutura química, poder de inchamento, índice de solubilidade, avaliação da sinérese do amido, bem como análise instrumental do perfil de textura (dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade) dos seus géis. O amido apresentou em sua composição 5% de umidade, 0,37% de cinzas, 0,40 % de proteínas, menos de 0,1 % de lipídeos, 27,35 % de amilose, aproximadamente 99 % de amido total, acidez de 1,24 % e pH 5,0. O amido de araruta apresentou cristalinidade do tipo C e dentro da faixa do índice cristalinidade (IC) para amidos nativos, e apresentou ainda estrutura de carboidrato confirmada por FTIR. O poder de inchamento e índice de solubilidade apresentaram pequenas variações em temperaturas inferiores a 60 °C e um grande aumento nestes entre temperaturas de 60 °C e 90°C. A adição da goma guar e goma xantana apresentou grande influência na estabilidade dos géis de amido estudados, demonstrando ser capaz de reduzir a sinerese na menor concentração utilizada (0,25 %) com maior efeito observado para goma xantana. Contudo, em concentrações a partir de 0,50 % ambas as gomas foram capazes de inibir a sinerese em todo o tempo de armazenamento refrigerado estudado. A adição desses hidrocolóides também mostrou grande influência nos parâmetros de textura, dureza, coesividade e gomosidade, no entanto não apresentou efeito na elasticidade dos géis. Assim conclui-se que o amido utilizado no presente estudo apresentou elevada pureza e que a adição dos hidrocolóides influenciou nas propriedades de textura (dureza, elasticidade e gomosidade) e na sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum, com a capacidade de aumentar sua estabilidade durante o armazenamento refrigerado por até cinco dias.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L.; propriedades tecnológicas; alternativas; estabilidade.

ABSTRACT

Rafael, A. S. C. Addition effect of hydrocolloids (guar gum and xanthan gum) in the properties of texture and syneresis Arrowroot starch gels. Itapetinga - BA: UESB, 2015. 76p. (Dissertation - Masters in Engineering and Food Science).

The technological properties of the starches have significant importance for the food industry, that seek to maintain or enhance the properties of its products. Currently looking to these purposes starches with different properties, for modifying formulations is more economically viable than change manufacturing processes. The incorporation of hydrocolloids starch in solutions modify the technological properties such as gelatinization, retrogradation, syneresis, texture, among others, having as the main functions the search for improvement in these properties and promoting greater stability of the starch gels. Thus, the objective of this study was to characterize the starch and evaluate the effect of adding hydrocolloids (guar gum and xanthan gum) in the textural properties and syneresis of arrowroot starch gels common variety. The work consisted in the determination of moisture, ash, pH, acidity, proteins, lipids, total starch, amylose, pattern of crystallinity, chemical structure, swelling power, solubility index, evaluation of starch syneresis as well as instrumental profile analysis of texture (hardness, elasticity, tackiness and cohesiveness) of their gels. The starch presented in its composition 5% moisture, 0.37% ash, 0.40% protein, less than 0.1% of lipids, 27.35% amylose, about 99% of total starch, acidity 1.24% Eph 5.0. The arrowroot starch had crystallinity of type C and within the range crystallinity index (CI) for native starches, and also submitted carbohydrate structure confirmed by FTIR. The swelling power and solubility index showed small variations in temperatures below 60 ° C and a large increase these temperatures between 60 ° C and 90 ° C. The addition of guar gum and xanthan gum showed a great influence on the stability of the starch gels studied, showing be able to reduce syneresis in the lowest concentration used (0.25%) with the greatest effect seen for xanthan gum. However, at concentrations from 0.50% both gums were capable of inhibiting syneresis throughout the study cold storage. The addition of these hydrocolloids also showed great influence on the texture parameters, hardness, cohesiveness and gumminess, however it had no effect on the elasticity of the gels. Thus, it is concluded that the starch used in the present study had high purity, and the addition of the hydrocolloids influenced in the texture properties (hardness, elasticity and tackiness) and the syneresis common variety of arrowroot starch gels, the ability to increase their stability during cold storage for up to five days.

Keywords: *Maranta arundinacea* L.; technological properties; alternative; stability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volumes utilizados para preparação da curva analítica.	37
Tabela 2. Caracterização química do amido de araruta (<i>Maranta arundinacea</i> L.) variedade comum.	45
Tabela 3. Valores médios (%) e desvios-padrão para sinerese (S) dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX) em função da concentração e dias de armazenamento.	51
Tabela 4. Resultados da análise da ANOVA para regressão de sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX)...	52
Tabela 5. Valores médios e desvios-padrão para os parâmetros dureza (DR), elasticidade (EL), coesividade (CS) e gomosidade (GM) obtidas na análise instrumental do perfil de textura dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX) em função da concentração.	58
Tabela 6. Resultados da análise de regressão para dureza (DR), coesividade (CS) e gomosidade (GM) dos géis de amido de araruta com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX).....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Propriedades avaliadas na análise instrumental do perfil e textura (TPA)...	33
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática da composição química e estrutural de amilose.	19
Figura 2. Representação esquemática da composição química e estrutural de amilopectina.....	21
Figura 3. Estrutura da unidade de goma guar. Fonte: Kono, Otaka e Ozaki, 2014.	27
Figura 4. Estrutura da unidade de goma xantana. Fonte: Rosalam e Inglaterra, 2006.	28
Figura 5. Gráfico típico de análise instrumental do perfil de textura (TPA) (BOURNE, 2002).	32
Figura 6. Difratoograma de raios X descritivo do método de índice de cristalinidade adaptado à razão das intensidades difratadas.....	40
Figura 7. Difratoograma de Raios X do amido de araruta.....	48
Figura 8. Espectro de FTIR do amido de araruta.....	49
Figura 9. Poder de inchamento e índice de solubilidade do amido de araruta variedade comum em função da temperatura.....	50
Figura 10. Gráfico de Pareto apresentado para visualização da significância das variáveis dia (D) e concentração (C) para os parâmetros sinerese de géis adicionados de goma guar e sinerese de géis adicionados de goma xantana.	53
Figura 11. Gráfico de superfície de resposta para sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar em função dos dias e concentrações.....	54
Figura 12. Gráfico de superfície de resposta para sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma xantana em função dos dias e concentrações. .	54
Figura 13. Gráfico de Pareto apresentado para visualização da significância das variáveis goma guar (G) e goma xantana (X) para os parâmetros dureza, coesividade e gomosidade.	60
Figura 14. Gráfico para a resposta dureza dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.....	61
Figura 15. Gráfico para a resposta coesividade dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.....	62
Figura 16. Gráfico para a resposta gomosidade dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.....	64

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

µg	Microgramas
µL	Microlitros
ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
C	Concentração
ConcGG	Concentração de Goma Guar
ConcGX	Concentração de Goma Xantana
CS	Coesividade
D	Dia
D.I.C	Delineamento Inteiramente Casualizado
DR	Dureza
DRX	Análise por Difração de Raios-X
DxC	Interação Dia x Concentração
EL	Elasticidade
F	Teste de Fisher
FTIR	Espectrofotometria de Absorção no Infra Vermelho com Transformada de Fourier
g	Gramas
GG	Goma Guar
GL	Graus de Liberdade
GM	Gomosidade
GxC	Interação Goma x Concentração
IC	Índice de Cristalinidade
IS	Índice de Solubilidade
J	Joule
kg	Kilogramas
mL	Mililitros
mm	Milímetros
N	Newtons
nm	Nanômetros
P	Probabilidade
pH	Potencial Hidrogênionico
PI	Poder de Inchamento
QM	Quadrado Médio
R²	Coefficiente de Determinação Multipla
s	Segundos
S	Sinerese
SQ	Soma de Quadrados
TPA	Análise do Perfil de Textura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1	Amido.....	18
3.1.1	Amilose	19
3.1.2	Amilopectina.....	20
3.1.3	Gelatinização do Amido	21
3.1.4	Retrogradação do Amido	22
3.2	Fontes de Amido	23
3.2.1	Araruta	24
3.3	Modificações nas Propriedades Tecnológicas do Amido	25
3.4	Hidrocolóides	25
3.4.1	Goma Guar.....	27
3.4.2	Goma Xantana	28
3.5	Interações entre Hidrocolóides e Amido.....	29
3.6	Textura de Géis de Amido	31
4	MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1	Materiais.....	35
4.2	Caracterização Físico-química do Amido.....	35
4.2.1	Determinação do Teor de Água	35
4.2.2	Determinação do Teor de Cinzas.....	35
4.2.3	Determinação do Teor de Lipídeos Totais.....	35
4.2.4	Determinação do Teor de Proteínas.....	36
4.2.5	Determinação do Teor de Amilose	36
4.2.6	Determinação do Teor de Amido Total	38
4.2.7	Análise por Difração de Raios-X (DRX).....	40
4.2.8	Espectrofotometria de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	40
4.2.9	Poder de Inchamento e Solubilidade em Função da Temperatura.....	41
4.3	Preparo das Amostras de Géis de Amido.....	41
4.4	Sinerese dos Géis de Amido de Araruta com Adição de Hidrocolóides.....	42
4.5	Análise de Perfil de Textura (TPA)	42
4.5.1	Preparo das Amostras	42
4.5.2	Ensaio de Textura.....	42
4.6	Análise Estatística	43

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1	Caracterização Química do Amido	45
5.2	Análise por Difração de Raios X (DRX)	48
5.3	Espectrofotometria de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	49
5.4	Poder de Inchamento e Índice de Solubilidade	49
5.5	Sinerese dos Géis de Amido com Adição de Goma Guar e Goma Xantana....	51
5.6	Análise de Perfil de Textura dos Géis de Amido	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
7	REFERÊNCIAS.....	66
8	ANEXOS	74

1 INTRODUÇÃO

O amido é a principal fonte de carboidratos na dieta humana devido a sua abundância nos vegetais, sendo um dos componentes mais importantes pelo fato de ser de fácil obtenção, custo acessível e facilmente hidrolisado e digerido (SWEEDMAN et al, 2013; ROCHA, DEMIATE e FRANCO, 2008). É um componente abundante em uma diversidade de fontes como grãos, leguminosas, raízes, tubérculos e frutas.

É um polímero composto basicamente por duas macromoléculas, a amilose e a amilopectina, e as proporções destas exercem grande influência nas propriedades tecnológicas do amido como gelatinização: retrogradação, inchamento, sinerese, reológicas e texturais (ROCHA, DEMIATE e FRANCO, 2008). Essas propriedades apresentam importância significativa para as indústrias de alimentos, na medida em que são responsáveis por manter ou realçar as propriedades dos seus produtos. Atualmente, busca-se para esses fins amidos com características diferenciadas, pois modificar formulações é economicamente mais viável que alterar processos de fabricação (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

As fontes de amido mais usuais são: milho, trigo, mandioca e batata. Entretanto muitos têm sido os estudos que tem utilizado diferentes fontes amiláceas (fontes alternativas), com o objetivo de determinar suas propriedades tecnológicas e assim verificar a viabilidade de uso pelas indústrias de alimentos (TORRUCO-UCO e BETANCUR-ANCONA, 2007). Dentre essas fontes consideradas alternativas encontra-se a araruta, uma planta de grande aplicabilidade em diversos setores, que possui elevada produção por área plantada e rendimento de amido, que apresenta características e qualidades consideradas inigualáveis. Os fatores que explicam tais características ainda não estão esclarecidos, mas, alguns autores afirmam que esse amido confere leveza e alta digestibilidade aos confeitos preparados a partir dele (NEVES, COELHO e ALMEIDA, 2005).

O amido de araruta apresenta teor de amilose variável entre 16% a 27% (MOORTHY, 2002). O teor de amilose pode variar entre fontes botânicas, grau de maturação da planta e ainda dentro de cultivares de mesma espécie. Costa et al. (2014) estudando amido de araruta da variedade comum encontrou teor de amilose de 27,35%.

Amidos com maiores teores de amilose apresentam maior tendência a retrogradação, o que influencia diversas propriedades tecnológicas importantes em produtos alimentícios a base de amido como as reológicas, a sinerese e a rigidez dos produtos com o tempo de

armazenamento. Alterações dessas propriedades poderá comprometer a qualidade dos produtos e levar a rejeição dos mesmos.

Além da tendência a retrogradação, amidos nativos em geral não apresentam propriedades desejadas para o uso em alimentos processados, sendo frequente nesses casos necessidade de realizar modificação para melhoria de suas propriedades, como por exemplo diminuir a retrogradação de pastas e géis, diminuir o fenômeno de sinerese e conseqüentemente fornecer estabilidade durante o armazenamento a frio e/ou congelamento e descongelamento (BEMILLER, 2011).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com a utilização de hidrocolóides para superar as deficiências dos amidos nativos. Os hidrocolóides podem também proteger os grânulos contra o cisalhamento durante a gelatinização, diminuir a retrogradação, melhorar a textura/reologia do produto, manter a umidade e proteger contra a sinerese (KULICKE, et al., 1996; BEMILLER, 2011). Kim, Patel e BeMiller (2013) verificaram que alguns hidrocolóides em combinação com amido fornecem melhorias nas propriedades das pastas e géis de amido sem a necessidade de modificação química. As combinações amido/hidrocolóides podem, além desses benefícios, oferecer um "rótulo limpo", ou seja, evitar o uso dos termos alimentos de amido modificados ou amido modificado (BEMILLER, 2011).

Informações sobre o efeito da adição de hidrocolóides em géis de amido de araruta ainda são escassas na literatura, mostrando a necessidade de investigar mais profundamente esse tema, tendo em vista o potencial que essa fonte de amido apresenta. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito da adição de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) nas propriedades de textura e sinerese dos géis de amido de araruta da variedade comum.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar físico-quimicamente o amido de araruta da variedade comum e avaliar o efeito da adição de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) nas propriedades de textura e sinerese dos seus géis.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-quimicamente o amido de araruta variedade comum;
- Determinar o padrão de cristalinidade e estrutura química do amido;
- Avaliar o poder de inchamento e índice de solubilidade do amido de araruta;
- Avaliar efeito da adição de hidrocolóides goma guar e goma xantana na sinerese dos géis estudados;
- Analisar o efeito da adição dos hidrocolóides nas propriedades de textura dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade dos géis de amido de araruta.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Amido

O amido é a principal fonte de carboidratos na dieta humana devido a sua abundância nos vegetais. Formado por polímeros de glicose, o amido é depositado sob a forma de grânulos nas células vegetais (SWEEDMAN et al, 2013). É um componente abundante em grãos de cereais, leguminosas, raízes, tubérculos e frutas imaturas ou verdes (LAJOLO e MENEZES, 2006; MATSUGUMA, 2006;).

Pode ser utilizado na sua forma natural ou através de processamentos adicionais que originam produtos como amidos modificados, xaropes de glicose, maltose ou frutose, maltodextrinas, entre outros (FRANCO et al., 2001).

Suas características físicas e químicas são diferenciadas dos demais carboidratos, e devido a essas propriedades diferenciadas juntamente com as tecnológicas este carboidrato tem grande importância nos mais diversos setores industriais. São utilizados não somente como um ingrediente básico em alimentos como pães e macarrões instantâneos, podendo, entre outras funções, facilitar o processamento, melhorar a textura, servir como espessante, aumentar a concentração de sólidos em suspensão e substituir gordura em alimentos processados (FUNAMI et al., 2005).

É um polímero composto basicamente por duas macromoléculas, sendo elas a amilose e a amilopectina, que juntas representam aproximadamente 98% a 99% do seu peso seco (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010).

Essas macromoléculas estão associadas entre si por ligações de hidrogênio e a maioria dos amidos contém cerca de 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina. A proporção entre elas é variável de acordo com a fonte botânica, o que lhes confere propriedades diferenciadas de acordo com a fonte de extração, espécie ou até mesmo do grau de maturação da planta, que irá influenciar nas propriedades dos amidos, pastas, géis e seus derivados. As propriedades tecnológicas dos amidos estão diretamente relacionadas a essas duas macromoléculas e também a organização física das mesmas, dentro da estrutura granular (RIBEIRO e SARAVALLI, 2004; FRANCO et al., 2002; BILLIADERIS 1991; TESTER, KARKALAS e QI, 2004).

A razão entre essas duas macromoléculas, assim como sua estrutura molecular, influencia, por exemplo, as propriedades de solubilidade, temperatura de gelatinização, viscosidade, geleificação e retrogradação dos géis de amido e derivados e, portanto,

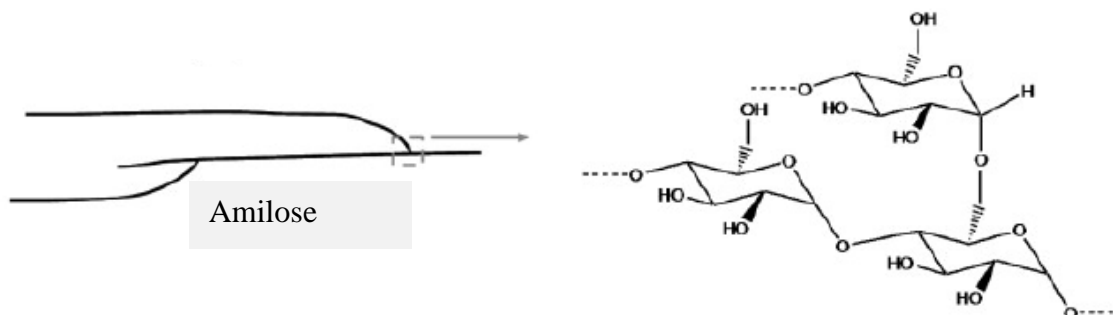
representam um importante parâmetro para definir limitações e quais as melhores aplicações de amido de diversas fontes em produtos alimentícios (BLAZEK e COPELAND, 2008).

3.1.1 Amilose

A amilose é um polímero de cadeia essencialmente linear composto quase que completamente de ligações α (1-4) de α - D - glicopiranosil (Figura 1). Possui massa molecular média de 10^6 g.mol⁻¹. Suas moléculas tendem a formar estruturas helicoidais, existindo evidências de que a amilose apresenta-se com uma dupla hélice em solução e que pode existir nesse estado nos grânulos de amido (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010).

O teor de amilose nos grânulos de amido varia de acordo com a fonte botânica de origem, sendo que a maioria dos amidos geralmente contém cerca de 25% de amilose. Algumas variedades de milho, cevada e arroz, são constituídas quase que totalmente por amilopectina, enquanto outros como de milho de alta amilose comercialmente disponíveis possuem conteúdo aparente de mais ou menos 52-75% (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010).

Figura 1. Representação esquemática da composição química e estrutural de amilose.
Fonte: Sweedman et al., 2013



Um atributo bem conhecido da amilose é sua habilidade de formar gel depois da gelatinização do grânulo de amido. Este comportamento é evidente em amidos que contém maiores teores de amilose: amido de milho, trigo, arroz e principalmente amido de milho com alto teor de amilose. A formação do gel decorre principalmente da reassociação das macromoléculas de amido podendo acontecer bem rapidamente com moléculas de amilose (MUNHOZ, WEBER e CHANG, 2004).

Segundo Rocha, Demiate e Franco (2008) o teor de amilose tem influência direta sobre as propriedades tecnológicas do amido, de forma que quanto maior o seu teor no amido, menor será o inchamento dos grânulos. Esse comportamento foi observado pelos autores em estudo das características estruturais e físico-químicas de amidos de

mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) onde a variedade ASA apresentou um menor teor de amilose em relação à variedade AC, porém um maior poder de inchamento em todas as temperaturas testadas. Essas informações são reforçadas por Lindebom, Chang e Tyler (2004) que relatam o poder de inchamento mais associado ao teor de amilose, que o tamanho dos grânulos.

Xie et al. (2009) em estudo das propriedades reológicas de amido de milho com diferentes proporções de amilose/amilopectina relatam que, quanto maior o teor de amilose maior é a viscosidade dos géis. Outras propriedades como a retrogradação também sofrem grande influência com a variação do teor de amilose, isso por que após a gelatinização, em baixas temperaturas, as moléculas de amilose se reassociam cristalizando-se e exudando água (COULTATE, 2004).

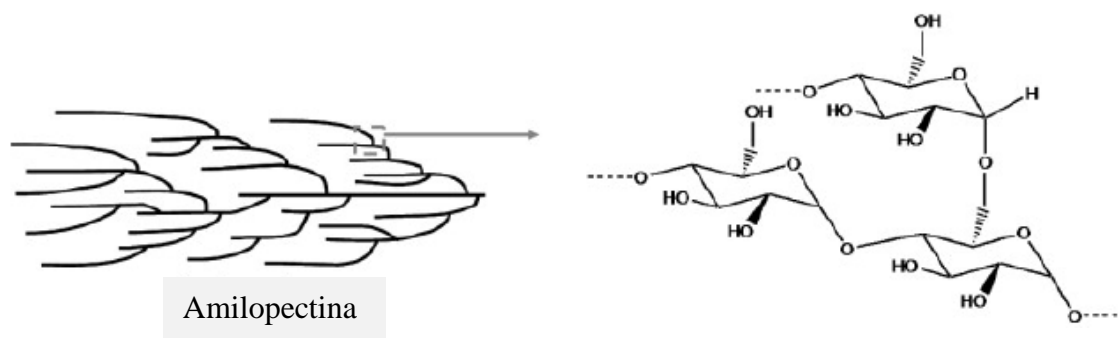
Com o desenvolvimento da retrogradação outras propriedades tecnológicas são fortemente afetadas, como a dureza dos géis e seus derivados, que podem sofrer alterações durante o período de armazenamento. Isso ocorre por que a reassociação dessas moléculas dão origem ao fenômeno conhecido como sinerese, uma propriedade negativa dos géis e produtos produzidos a partir do amido, que é vista como um indicador útil de deterioração, pois, torna os géis mais rígidos, o que pode levar a rejeição de produtos formulados à base desse ingrediente (TENG, CHIN e YUSOF, 2011; MUNHOZ; WEBER e CHANG, 2004).

Amidos com elevado teor de amilose, como o estudado por Weber, Colares-Queiroz e Chang (2009), apresentam mobilidade molecular pequena, necessitando de temperaturas mais elevadas no processo de gelatinização. No entanto, apresentam melhores características para serem utilizados na produção de filmes, pois suas estruturas apresentam maior capacidade de reorganização no período de secagem. (LACOURSE e ALTIERI, 1989).

3.1.2 Amilopectina

A amilopectina é uma molécula grande e altamente ramificada (Figura 2), formada por unidades de α - D - glicopiranosil unidas por ligações α -1,4 e α -1,6 sendo essa última responsável pela ramificação da molécula. Seus pontos de conexão das ramificações constituem entre 4 e 5% do total das ligações, sendo constituída de uma cadeia que contém apenas grupos redutores terminais, nos quais estão ligadas numerosas cadeias ramificadas. Apresenta massa molecular de 10^7 até 5×10^8 g.mol⁻¹ (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010).

Figura 2. Representação esquemática da composição química e estrutural de amilopectina
Fonte: Sweedman, et al., 2013



A amilopectina está presente em todos os amidos conhecidos, constituindo em torno de 75 % dos amidos mais comuns. Alguns amidos são constituídos inteiramente de amilopectina, sendo denominados como cerosos ou amidos de amilopectina (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010). Amidos com grande proporção de amilopectina, como o amido de milho ceroso, são indicados para produtos que necessitam de armazenamento sob refrigeração, pois apresentam estabilidade a baixas temperaturas. Os géis preparados com esse amido apresentam pouca firmeza, são altamente viscosos no cozimento, claros e coesivos (PARKER; RING, 2001).

Segundo Weber, Queiroz e Chang (2008) amidos com maiores teores de amilopectina apresentam maior estabilidade à retrogradação e sinerese, isso por que a reassociação das moléculas de amilopectina, que tem sua estrutura ramificada, é menor e mais lenta devido a dificuldade que elas possuem em se rearranjarem.

3.1.3 Gelatinização do Amido

A gelatinização é o processo mais importante que ocorre durante o aquecimento do amido em presença de água (GONERA; CORNILLON, 2002). Segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010) os grânulos de amido não danificados são insolúveis em água fria, mas podem absorver água de modo reversível, podendo inchar um pouco e retornar ao seu tamanho original ao secar.

Quando aquecidos em água os grânulos de amido passam pelo processo de gelatinização. Neste processo ocorre a ruptura da ordem molecular no interior dos grânulos. Evidências dessa perda da ordem incluem inchamento irreversível dos grânulos, perda da birrefringência e perda da cristalinidade (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010).

Este fenômeno ocorre quando suspensões de amido são aquecidas em excesso de água (maior que 60%) à temperatura característica para cada fonte de amido. Isso acontece quando as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para romper as ligações de hidrogênio entre as moléculas de amilose e amilopectina e, junto a isso ocorre a hidratação

que leva ao intumescimento dos grânulos. Nessas condições, estes incham irreversivelmente para um tamanho muitas vezes maior que seu tamanho original. Ao continuar a expansão ocorre o rompimento da estrutura granular liberando amilose para a fase aquosa (solubilização da amilose) (MILES et al., 1985; ZHOU et al., 2002).

Com o inchamento dos grânulos ocorre a perda da birrefringência ou da cristalinidade e o aumento da claridade da pasta. No resfriamento a opacidade e a firmeza da pasta tende a aumentar, variando estes fatores de acordo com o processamento, temperatura, teor de amilose e fonte botânica (SILVA et al., 2007).

A faixa de temperatura de gelatinização do amido é uma característica da fonte botânica da qual ele é obtido, e é afetada pelas condições do meio como pH, presença de sais, conteúdo de água no gel, conteúdo de amilose, grau de cristalinidade da fração de amilose e o comprimento das cadeias de amilopectina (ELLIS et al., 1998; ZHOU et al., 2002). Rickard Asoaka e Blanshard (1991) complementam que os grânulos da mesma fonte não têm exatamente a mesma temperatura de gelatinização, podendo em uma população de grânulos nativos a variação ocorrer num intervalo de 5°C à 15°C.

3.1.4 Retrogradação do Amido

Com o resfriamento da pasta de amido após a sua gelatinização, as cadeias de amido ficam com menos energia e as ligações de hidrogênio ficam mais fortes, fazendo com que as moléculas de amilose apresentem uma forte tendência a se associar, formando uma estrutura ordenada, sendo esse processo conhecido como retrogradação. Com o envelhecimento do gel ou se este for refrigerado, congelado e descongelado, as cadeias de amido têm uma tendência para interagir fortemente entre si e assim, expulsam água para fora do sistema. Essa expulsão de água é chamada de sinerese (BELLO-PÉREZ, MONTEALVO e ACEVEDO, 2006; HOSENEY, 1994).

A retrogradação é basicamente um processo de cristalização das moléculas de amido que ocorre pela forte tendência de formação de ligações de hidrogênio entre moléculas adjacentes. A associação das moléculas do amido propicia o desenvolvimento de uma rede tridimensional mantida coesa pelas áreas cristalinas. Esta rede é formada por grânulos de amido parcialmente inchados e componentes do amido em solução. A formação desta rede durante o resfriamento resulta no aparecimento de gel (HOOVER, 2001).

A formação do gel decorre principalmente da reassociação das macromoléculas do amido solubilizadas podendo acontecer bem rapidamente com as moléculas de amilose (MUNHOZ, WEBER e CHANG, 2004).

As características de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rapidamente, tendo forte tendência a associar-se por meio da formação de ligações de hidrogênio com outras moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices quando a solução esfria. Por outro lado, a amilopectina retrograda em uma taxa muito menor, sendo o processo lento e contínuo, durante um longo período de tempo que abrange vários dias ou semanas (WU e SARKO, 1978; PARKER e RING, 2001; THARANATHAN, 2002).

A retrogradação é um fenômeno complexo e varia de acordo com diversos fatores, como: temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte de amido, presença de outros componentes (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento. Sabe-se, por exemplo, que a repetição de ciclos de congelamento-descongelamento acelera drasticamente a retrogradação e a sinerese. Os cristais de gelo formados durante o processo de congelamento danificam a estrutura do produto o que provoca alterações na textura do mesmo (endurecimento do produto final), e conseqüentemente na aceitabilidade e digestibilidade (ELIASSON, 1996; THARANATHAN, 2002; ELIASSON, 2004).

O fenômeno de retrogradação está diretamente relacionado com a dureza dos géis, isto é, quanto maior a retrogradação maior a dureza. Essa relação foi observada por Weber, Colares-Queiroz e Chang (2009) ao avaliar a dureza dos géis de amido de milho com alto teor de amilose e amido de milho ceroso. Nesse estudo os autores encontraram uma dureza de gel igual a $1623 \pm 49,13$ g para gel com alto teor de amilose, devido à maior retrogradação, e dureza de $12,64 \pm 0,36$ g para gel de amido ceroso, que apresenta menor retrogradação.

Este fenômeno é observado em alguns alimentos à base de amido, podendo ser visualizado na perda de água de algumas sobremesas que o utilizam como espessante. Essa propriedade é indesejável para produtos que são refrigerados, congelados e descongelados durante o período de comercialização, pois resulta em alterações na textura, acelerando a perda de qualidade sensorial (SWEEDMAN et al., 2014; MUNHOZ, WEBER e CHANG, 2004; MATSUGUMA, 2006; AROCAS, SANZ e FIZMAN, 2009).

3.2 Fontes de Amido

Em países tropicais como o Brasil, geralmente são utilizadas cinco fontes comerciais principais de amido sendo elas milho, mandioca, batata, trigo e arroz, e esses nem sempre apresentam as características desejadas para utilização industrial. Assim recentemente tem-se despertando o interesse em novas fontes deste polissacarídeo, cujas características

poderiam atender a determinados produtos alimentícios (TORRUCO-UCO e BETANCUR-ANCONA, 2007).

Desta forma os amidos não convencionais (amidos provenientes de matérias primas que não são comercialmente utilizadas para extração) vêm cada vez mais ganhando importância nos últimos anos devido ao seu potencial de aplicação no desenvolvimento de novos produtos e/ou melhoria nos usos tradicionais (SWEEDMAN et al., 2013).

Os amidos não convencionais apresentam diferentes relações de amilose/amilopectina, atributos estruturais e a presença de outros componentes. Neste contexto, amidos de diferentes fontes amiláceas têm sido estudados para determinar suas propriedades tecnológicas (SWEEDMAN et al., 2013), como biri, açafraão, mandiocinha-salsa, ahipa, araruta, banana, castanha chestnut, entre muitas outras consideradas fontes alternativas que apresentam propriedades tecnológicas distintas (LEONEL e CEREDA, 2002; OLIVEIRA e LEONEL, 2005; CRUZ et al., 2013; NAVAS et al., 2014).

3.2.1 Araruta

A araruta (*Maranta arundinacea L.*) é uma planta herbácea perene, rizomatosa, que apresenta casca brilhante e escamosa. Os rizomas são fusiformes e muito fibrosos que formam as reservas para o desenvolvimento de uma nova planta (MONTEIRO e PERESSIN, 2002; CEREDA et al., 2002).

No Brasil as cultivares mais importantes são a Comum, Creoula e a Banana (LEONEL e CEREDA, 2002). Porém as duas variedades mais cultivadas são a Comum e a Creoula. A Comum produz rizomas claros e cobertos por uma escama muito fina que solta com muita facilidade, tornando vantajoso seu processamento. A variedade Creoula produz rizomas na superfície do solo e apresentam uma camada superficial de coloração escura, tornando necessário várias lavagens dos rizomas, resultando em uma etapa delicada, pois caso haja falha nesta, produz amido escuro e de baixa qualidade (NEVES, COELHO e ALMEIDA, 2005).

O amido da araruta apresenta características e qualidades consideradas inigualáveis. Os fatores que explicam tais características ainda não estão esclarecidos, mas, alguns autores afirmam que esse amido confere leveza e alta digestibilidade aos confeitos preparados a partir dele (NEVES, COELHO e ALMEIDA, 2005).

Devido à grande digestibilidade de seu amido, este rizoma é valorizado como alimento especialmente para lactentes e convalescentes, podendo também ser usado como ingrediente para preparações de alimentos livres de glúten para pessoas celíacas (NEVES,

COELHO e ALMEIDA, 2005). O amido também pode ser usado em vários produtos de panificação, géis e pastas especiais, estabilizantes de sorvetes, entre outros (JYOTHI; SAJEEV; SREEKUMAR, 2010).

O amido de araruta apresenta temperatura de pasta acima de 70°C e teor de amilose podendo variar entre 16% a 27% (MOORTHY, 2002). Esse teor é variável entre fontes botânicas, grau de maturação da planta e ainda dentro de cultivares de mesma espécie. Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005) em estudo das características dos rizomas e do amido de araruta (*Maranta arundinacea L.*) em diferentes estágios de desenvolvimento obtiveram como resultados valores de amilose de 17,88%, para amidos obtidos de plantas com 12 meses de cultivo, e 19,99% para os amidos obtidos de plantas com 14 meses de cultivo. Costa et al. (2014) em estudo da composição centesimal do amido de araruta da variedade comum obtiveram como resultados o teor de amilose de 27,35%, reforçando a possibilidade de ocorrência de variação dentro de mesma espécie.

A araruta é uma cultura que atualmente encontra-se na lista de espécies em risco de extinção, devido à indústria alimentícia optar pelo o amido de mandioca e milho que são mais abundantes, prejudicando assim o cultivo desta planta. Assim torna-se de grande importância a utilização de seu amido e divulgação para fortalecer o resgate do cultivo da mesma.

3.3 Modificações nas Propriedades Tecnológicas do Amido

Amidos nativos em geral não tem as propriedades desejadas para o uso em alimentos processados, por esse motivo são quimicamente modificados para melhorar suas propriedades como a textura de pastas e géis, fornecer estabilidade durante o armazenamento a frio, entre outras (BEMILLER, 2011).

No entanto o setor de amido da indústria alimentícia vem atentando para as dificuldades de comercialização de amidos modificados para uso em alimentos, o que iniciou a busca por amidos naturais com propriedades que atendam às exigências do mercado (BEMILLER, 1997). Muitas investigações chegaram à conclusão que os amidos em combinação com certos hidrocolóides fornecem melhorias em algumas propriedades sem a necessidade de modificação química (KIM, PATEL e BEMILLER., 2013).

3.4 Hidrocolóides

Hidrocolóides alimentícios são biopolímeros hidrofílicos de cadeia longa, alto peso molecular e usados como ingredientes tecnológicos na indústria de alimentos para o controle da microestrutura, textura, sabor e vida de prateleira. Esses polissacarídeos alimentares são

provenientes de várias fontes naturais; o ágar e a carragena são obtidos de algas, goma guar e goma alfarroba de sementes de plantas, pectina de citros ou cascas de maçãs, goma xantana e goma gelana a partir de microrganismos, e, quitina e quitosana de animais (DICKINSON, 2003; FUNAMI, 2011). Apresentam múltiplas funcionalidades em alimentos, incluindo espessamento, gelificação, retenção de água, dispersão, estabilização, formação de filme e formação de espuma e têm sido usados como um modificador de textura em quase todos os tipos de produtos alimentares processados como bebidas, confeitaria, produtos lácteos entre outros (FUNAMI, 2011; VIEBKE et al., 2014).

Combinações de amido-hidrocolóide têm sido usados em alimentos processados (incluindo produtos de confeitaria) desde, pelo menos, 1950. As razões para a utilização dessas combinações variam de acordo com o produto, mas pode ser generalizado da seguinte maneira: os amidos nativos geralmente não têm propriedades ideais para a preparação de alimentos processados. Na maioria das vezes amidos nativos são quimicamente modificados para melhorar a sua tolerância às condições de processamento, melhorar a textura das pastas e géis, fornecer estabilidade em armazenamento a frio e congelamento-descongelamento, controle da mobilidade de água, e outros atributos desejados no processamento de alimentos (BEMILLER, 2011).

Além do hidrocolóide adequado superar as deficiências dos amidos nativos, pode também proteger os grânulos de amido contra o cisalhamento durante a gelatinização, melhorar a textura/reologia do produto, manter a umidade e proteger contra a sinerese (KULICKE, et al., 1996; BEMILLER, 2011). As combinações amido/hidrocolóides podem trazer esses benefícios e, ao mesmo tempo, oferecer um "rótulo limpo", ou seja, evitar o uso dos termos alimentos de amidos modificados ou amidos modificados.

Nos últimos anos os hidrocolóides têm sido utilizados em estudos para avaliação de mudanças em propriedades de géis de amido como a reologia, textura e sinerese. Estudos desses sistemas (amido/hidrocolóides) sugerem a ocorrência de um efeito sinérgico entre esses ingredientes. Kim, Patel e BeMiller (2013) verificaram que alguns hidrocolóides em combinação com certos amidos fornecem melhoria de algumas propriedades como a retrogradação, sinerese, textura e reologia sem a necessidade de modificação química. Há evidências de que certos hidrocolóides promovem maior estabilidade de determinados géis de amidos (HEYMAN et al., 2014).

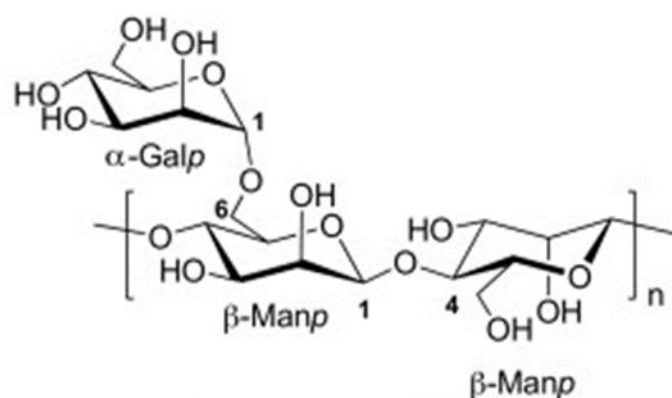
Tradicionalmente, entre os hidrocolóides mais empregados em alimentos que contenham amido estão as gomas guar e xantana. Estas gomas se destacam por apresentam muitas funções para o controle das propriedades reológicas e de textura dos alimentos, para

melhorar a retenção de água e manter a qualidade dos produtos (FUNAMI et al., 2005; CHAISAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

3.4.1 Goma Guar

A goma guar é um polissacarídeo não-iônico solúvel em água obtido a partir da moagem do endosperma da semente de guar (*Cyamopsis tetragonolobus*). A sua unidade base (Figura 3) consiste numa estrutura formada por uma cadeia principal de unidades de D-manopiranosil ligadas entre si por ligações β -1, 4 e unidades de D-galactopiranosil, ligadas lateralmente entre si por ligações α -1,6. Possui seu peso molecular em média de $6,2 \times 10^6$ g.mol⁻¹ (WHISTLER e BEMILLER, 1997; IMESON, 2010; ACHAYUTHAKAN e SUPHANTHARIKA, 2008).

Figura 3. Estrutura da unidade de goma guar. Fonte: Kono, Otaka e Ozaki, 2014.



Depois do amido, a goma guar é o polissacarídeo mais utilizado na indústria de alimentos, principalmente devido ao seu menor custo. Dentre as galactomananas é a que possui o maior grau de substituição (CHAISAWANG e SUPHANTHARIKA, 2006; SANDERSON, 1996).

Segundo Funami et al. (2005) a goma guar apresenta características interessantes para melhorar as propriedades reológicas e de textura dos alimentos e da capacidade de retenção de umidade. Esta goma também é muito utilizada em aplicações onde é necessário espessamento, estabilização, controle de viscosidade, suspensão e modificação de consistência. Em laticínios, como queijos processados, fornece uma textura macia e reduz a sinerese. Também contribui para a alta capacidade de retenção de água em produtos de carne moída, ração animal e glacês (WEBER, 2005).

Em relação as propriedades térmicas de produtos amiláceos, a goma guar possui a capacidade de retardar a gelatinização do amido (MOREIRA, CHENLO e TORRES, 2011). Isso pode ser interpretado como resultado das taxas de aquecimento e difusividade da água

tornasse um dos ingredientes mais utilizados em produtos alimentares (ROSALAM e INGLATERRA, 2006).

Entre os hidrocolóides a goma xantana tem sido amplamente estudada em sistemas contendo amido, pois exerce grande influência nas propriedades das pastas e géis de amido como as reológicas, térmicas, de textura, sinerese, etc. (HEYMAN et al., 2014; WEBER, QUEIROZ e CHANG 2008; CHAISAWANG e SUPHANTHARIKA, 2006; FERRERO, MARTINO e ZARITSKY, 1994).

Uma proposta para explicar o comportamento das características de gel de amido com a adição de goma xantana (aniônica) foi apresentada por Chaisawang e Suphantharika (2006). Os autores propõem que a goma xantana, por envolver os grânulos do amido nativo, dificulta o inchamento dos mesmos e conseqüentemente influencia na gelatinização. Quando trabalharam com o sistema de amido de mandioca aniônico e goma xantana, observaram comportamento oposto, a goma não envolveu os grânulos e facilitou seu inchamento em função da repulsão exercida pelas cargas idênticas.

Ferrero, Martino e Zaritsky (1994) relatam que a adição de goma xantana a pasta de amido de milho minimiza a retrogradação da amilose, sinerese e modificações reológicas após congelamento. Os autores sugerem que as moléculas de amilose que são lixiviadas dos grânulos durante a gelatinização ficam expostas e estabelecem ligações moleculares com a goma xantana. Desta forma, reduz a possibilidade de associações amilose-amilose, que são as principais ligações envolvidas no processo de retrogradação do amido.

3.5 Interações entre Hidrocolóides e Amido

As interações entre amido e hidrocolóides têm sido investigadas em uma ampla gama de trabalhos científicos para avaliar a sua influência na gelatinização, retrogradação, propriedades reológicas, de textura, entre outras propriedades do amido (CHAISAWANG e SUPHANTHARIKA, 2006; ACHAYUTHAKAN e SUPHANTHARIKA 2008; MUADKLAY e CHAROENREIN, 2008; AROCAS, SANZ e FIZMAN, 2009; HEYMAN et al., 2014).

Segundo BeMiller (2011) nas interações ocorridas em sistemas de amido e hidrocolóides podem ocorrer um efeito sinérgico entre esses ingredientes. No entanto, ainda não é totalmente compreendido o que acontece quando amido e hidrocolóide são aquecidos em conjunto a ponto de ser modelado ou previstos, e isto, não é resultado de dados insuficientes. Existe muitos dados na literatura, no entanto não foi possível para os pesquisadores chegarem a um consenso sobre um processo ou mecanismo.

Segundo Lee et al. (2002) dois tipos de associações podem ser propostos para determinar o comportamento de sistemas amido/hidrocolóides: associação com grânulos de amido inchados ou com as cadeias de amilose lixiviadas durante a gelatinização; e a competição com o amido pela água. Essas associações são dependentes da fonte do amido e da estrutura do hidrocolóide. Segundo Billiaderis, Arvanitoyannis e Izydorczyk (1997) a origem do efeito sinérgico das pastas/géis com baixas concentrações de amido (menor que 10 – 15% de amido p/p) pode ser explicada baseando-se nas interações entre o hidrocolóide e as moléculas dos grânulos de amido lixiviadas durante o aquecimento, bem como a influência do hidrocolóide na integridade estrutural dos grânulos inchados que é refletida pela quantidade e natureza do material solubilizado e liberado a partir da estrutura granular.

Cada goma afeta de maneira diferente as propriedades das pastas e géis de amido. Os fatores principais que levam as alterações nas propriedades são a estrutura molecular das gomas, e/ou as cargas iônicas existentes entre ambos (amido e goma) (CHAIWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

Chaisawang e Suphantharika (2006) estudando a interação entre os amidos de mandioca nativo e aniônico com as gomas xantana e guar, concluíram que as características de gelatinização dos amidos na presença ou ausência de gomas foram influenciadas por três fatores: a estrutura morfológica da goma existente na matriz do gel (fase contínua) na qual os grânulos de amido foram englobados; o poder de intumescimento entre os grânulos; e as interações eletrostáticas entre os grânulos de amido e as moléculas da goma. Os autores observaram que durante a gelatinização a goma xantana envolve por completo os grânulos de amido nativo dificultando o intumescimento dos mesmos e, deixa livre os grânulos de amido aniônico devido as cargas idênticas existente entre eles, permitindo seu livre inchamento, enquanto a goma guar, durante a gelatinização de amidos nativo e iônico, não envolve seus grânulos, permitindo que os mesmos gelatinizassem livremente. Esse comportamento também foi observado por Achayuthakan e Suphantharika (2008) que encontraram mesmo comportamento em estudo de mistura desses hidrocolóides e amido nativo.

Chaisawang e Suphantharika (2006) também observaram que as pastas/géis das misturas amido/hidrocolóides apresentam-se mais sólidas que aquelas somente com amido (controle), indicando desta forma, que as gomas podem reforçar a estrutura tridimensional da rede das pastas/géis.

Segundo Kim e Yoo (2006), as galactomananas (gomas guar e locusta) afetam a gelatinização e a retrogradação do amido através de fortes associações entre a amilose e a goma, resultando numa diminuição de sua retrogradação.

3.6 Textura de Géis de Amido

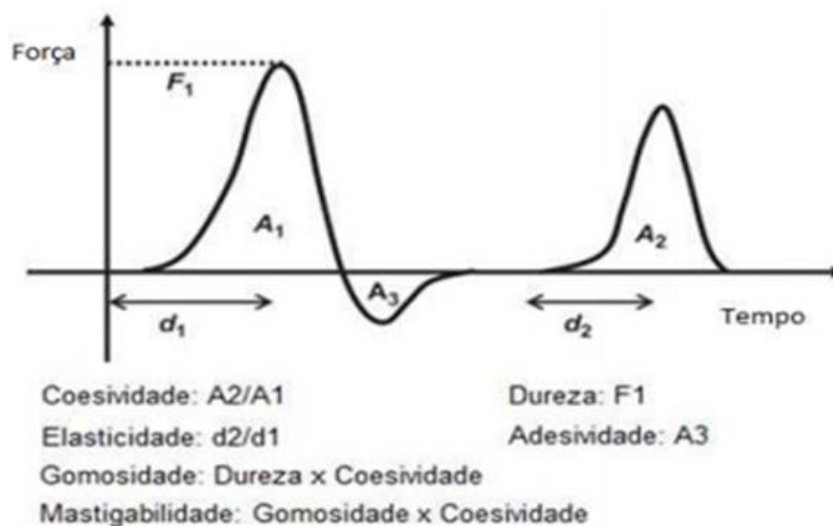
O termo textura é de difícil definição, no entanto pode ser definido como sendo “o conjunto dos atributos mecânicos, geométricos e superficiais de um material, perceptíveis por meio de receptores mecânicos, tácteis, e onde apropriado, até visuais e auditivos.” (ISO 5492, 1992) (BOURNE, 2002). As propriedades de textura estão intimamente relacionadas à deformação, desintegração e ao escoamento do alimento sob a aplicação de um dado sistema de forças. São objetivamente medidas pelas funções: tempo, força, massa e distância (GEISE, 1995).

A avaliação de textura é um importante parâmetro para o desenvolvimento de novos produtos ou na otimização de processos industriais, sendo um dos primeiros parâmetros de qualidade avaliado pelos consumidores. É composta por um conjunto de atributos sensoriais de grande relevância uma vez que essas influenciam ou determinam a aceitação/rejeição do alimento. Tanto técnicas de avaliação sensorial, quanto medidas instrumentais são usadas na determinação de parâmetros de textura nos alimentos (MEULLENET; CARPENTER; LYON, 1997).

A textura é uma propriedade sensorial, mas também pode ser estudada por métodos objetivos instrumentais, onde a forma mais comum de se avaliar a textura por esse método é submeter a amostra a uma força e, através dos dados de resposta avaliar a extensão da deformação ou resistência da amostra a essa força. Existem várias metodologias de avaliação instrumental da textura, no entanto a força exercida sobre a amostra pode ser aplicada basicamente de quatro formas distintas, sendo elas: a tração, compressão, penetração e cisalhamento (BOURNE, 2002).

Entre os métodos para a avaliação da textura instrumental em alimentos destaca-se a análise instrumental do perfil de textura (TPA), que é aplicado com eficiência em muitas análises de alimentos (PONZ e FISZMAN, 1996). O teste consiste em comprimir uniaxialmente um pedaço de alimento (amostra em estudo) duas vezes em um movimento recíproco, imitando a mastigação do alimento, e a partir disso é possível gerar um gráfico de força x tempo (Figura 5), do qual são extraídos os parâmetros de textura. Esses parâmetros apresentam boa correlação com a análise sensorial (BOURNE, 2002).

Figura 5. Gráfico típico de análise instrumental do perfil de textura (TPA) (BOURNE, 2002).



No Quadro 1 são apresentados os parâmetros obtidos para avaliação de textura a partir dos dados obtidos na análise instrumental do perfil de textura (TPA).

É importante destacar que para realização correta do TPA de um produto alguns cuidados precisam ser observados pois, não se pode exibir mastigabilidade e gomosidade simultaneamente, pois estes são parâmetros utilizados para produtos distintos, sendo mastigabilidade para alimentos sólidos e a gomosidade para alimentos semi-sólidos, assim mastigabilidade e gomosidade são mutuamente excludentes (BOURNE, 2002).

Entre os componentes normalmente encontrados em sistemas alimentares, que são submetidos às análises de textura, encontra-se os amidos, que são muito utilizados como espessantes ou para a formação de géis em produtos como pudins, mingaus, flans, etc., e a textura é muito importante nesses tipos de alimentos (TARREGA e COSTELL, 2006).

As propriedades de textura de géis de amido são parâmetros importantes para avaliar o desempenho de um amido em um sistema alimentar, favorecendo assim a otimização de processos industriais e o desenvolvimento de novos produtos (SANDHU; SINGH, 2007; OLIVEIRA, 2007).

As propriedades mecânicas de textura dos géis dependem de fatores como: constituintes do amido, volume e deformação dos grânulos, da interação entre as fases

contínuas e dispersas e retrogradação do gel em associação com a sinerese (YAMIN et al., 1999; CHOI e KERR, 2003). Entendendo que a textura é um parâmetro bastante importante para géis de amido é interessante verificar seu comportamento em relação a diferentes fontes e com adição de diferentes componentes no mesmo.

Quadro 1. Propriedades avaliadas na análise instrumental do perfil e textura (TPA)

Propriedade	Unidade	Definição	Definição instrumental	Relação com a análise sensorial
Dureza	N, kg ou g	Força necessária para deformar o produto em uma determinada distância.	É a força máxima da primeira compressão.	Força necessária para comprimir um alimento entre os molares (primeira mordida)
Elasticidade	Mm	Forma com que o produto retorna à sua condição inicial depois de ter sido deformado durante a primeira compressão.	Relação entre a altura da segunda e a primeira compressão.	Grau como o alimento retorna a sua forma após uma compressão parcial.
Adesividade	J	Trabalho necessário para puxar o êmbolo de compressão fora da amostra.	Área negativa do gráfico entre a primeira e a segunda compressão.	Trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície de um alimento e a superfície da língua, dentes e mucosas.
Coesividade	Adimensional	A taxa na qual o material se desintegra em ação mecânica.	Área de força da segunda compressão dividida pela área de força da primeira.	Grau de deformação da amostra durante a ruptura pelos dentes.
Fraturabilidade	kg, g, N	Força com que o material se fratura.	Ponto onde o gráfico de TPA mostra o primeiro pico significativo	Nem todos os produtos apresentam Fraturabilidade.
Mastigabilidade	N	Força necessária para desintegrar o material.	Gomosidade x elasticidade.	Número de mastigações necessárias para tornar o alimento com consistência adequada para ser engolido.
Gomosidade	N, mm	Força necessária para desintegrar o material.	Dureza x Coesividade	Energia requerida para desintegrar um alimento semisólido para ser engolido, sem mastigar.

Fonte: Bourne (2002); Rosenthal, (2001).

Zavareze et al. (2010) estudando o teor de amido resistente e perfil de textura de géis de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose e modificado hidrotermicamente avaliaram os parâmetros dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade dos géis obtidos a

partir deste amido. Os autores observaram que os géis de amido de arroz nativo apresentaram maior dureza, elasticidade e gomosidade, e menor coesividade em comparação com amidos nativos de médio e baixo teor de amilose.

Mandala, Palogou e Kostaropoulos (2002) estudando o efeito da goma xantana em géis de amido de batata com relação à firmeza (g) durante o armazenamento a 5 °C concluíram que esta goma contribuiu significativamente para a melhoria da textura dos géis, pois promove uma diminuição da firmeza desses géis devido a menor retrogradação, que é a propriedade responsável pela rigidez desses produtos armazenados em baixas temperaturas.

Munhoz, Weber e Chang (2004) em estudos da influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho, verificaram que, ao serem incorporadas ao amido de milho com 71% de amilose as gomas guar e xantana promoveram a diminuição da dureza do gel após 120 h de armazenamento, com um efeito mais pronunciado para a goma xantana. Isso ocorreu por que os hidrocolóides apresentaram a capacidade de reduzir a retrogradação dos géis, o que com o tempo promove uma diminuição da rigidez em relação as amostras controle.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Engenharia de Processos (LEP) e Laboratório de Ensaio de Materiais (LabEM) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga.

4.1 Materiais

O amido de araruta da variedade comum foi adquirido de produtores da região de Conceição do Almeida–Ba. Os hidrocolóides (gomar guar e goma xantana) foram adquiridos da empresa Gastronomy Lab Modernist Solutions. Nos experimentos foram empregados água destilada e todos os reagentes usados foram de grau analítico.

4.2 Caracterização Físico-química do Amido

A caracterização físico-químicas do amido de araruta variedade comum foi realizada de acordo com as metodologias descritas a seguir e todas as análises foram realizadas em triplicata com repetições. Para obtenção dos resultados os cálculos foram realizados em base seca.

4.2.1 Determinação do Teor de Água

O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico n° 92510 sugerido pela AOAC (1997), que consistiu na secagem de 3g de amido em uma estufa (TECNAL TE-393/1) a 105°C, até peso constante, sendo posteriormente pesado em balança analítica e obtido a porcentagem de água.

4.2.2 Determinação do Teor de Cinzas

A determinação do teor de cinzas foi realizada segundo a técnica n° 92303 sugerida pela AOAC (1997), que consistiu na pesagem do amido seco na análise de umidade e acondicionamento em mufla a 550°C por cerca de 6 h. Após o acondicionamento as amostra foram colocados em dessecador contendo sílica, onde ficaram até alcançar à temperatura ambiente sendo em seguida pesadas novamente. Este procedimento foi realizado até peso constante da amostra.

4.2.3 Determinação do Teor de Lipídeos Totais

O teor de lipídios totais do amido foi determinado segundo método descrito por Bligh e Dyer (1959), onde uma amostra de amido de aproximadamente 5 g foi dissolvida em uma mistura de clorofórmio, metanol e água em uma proporção de 1:2:0,8, respectivamente; proporção esta em que os três solventes coexistiam em uma solução homogênea.

Depois de agitada (por 10 minutos), esta solução foi adicionada de clorofórmio (10 mL) e de um mesmo volume de solução de sulfato de sódio (1,5% m/v), causando a separação total do clorofórmio (na camada inferior). Esta solução de clorofórmio foi submetida a filtração em funil de separação. Realizou-se a medida do volume do filtrado e, posteriormente, transferiu-se 5 mL do mesmo a uma estufa (TECNAL TE-393/1) a 100 °C (em uma placa de Petri previamente pesada) por cerca de 15 minutos. Obtendo assim a massa de lipídios em 5 mL de filtrado. O teor de lipídios da amostra foi então calculado pela Equação 01.

$$\% \text{ Lipídios totais} = \frac{P \times 4 \times 100}{G} \quad (01)$$

Sendo:

P = massa de lipídios (em gramas) contidos em 5mL de solução

G = massa da amostra (em gramas).

4.2.4 Determinação do Teor de Proteínas

Para análise de proteínas foi realizada a determinação do nitrogênio total, sendo as amostras submetidas às etapas de digestão, destilação e titulação de acordo com os procedimentos sugeridos pelo método de Kjeldhal (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para esta análise foram previamente pesados 0,5 g de amostra, diretamente em tubos micro-Kjeldhal, adicionados de 2,0 g de mistura catalítica e 10 mL de ácido sulfúrico PA. Em seguida, foram digeridas à 350 °C e, posteriormente destilada por arraste. Por fim realizou-se titulação com ácido clorídrico 0,1 mol.L⁻¹ obtendo assim o teor de nitrogênio. O teor de proteína foi calculado multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator de conversão (6,25) e seus resultados foram expressos em gramas de proteína bruta/100 gramas da amostra.

4.2.5 Determinação do Teor de Amilose

Na determinação do teor de amilose foi utilizado o método colorimétrico do iodo simplificado, que baseia-se na transmissão de luz através de um complexo colorido que a amilose forma ao reagir com o iodo, de acordo com a metodologia de Martinez e Cuevas (1989). Uma descrição detalhada de tal método segue abaixo:

- Preparo da Solução de Iodo

Em um béquer, pesou-se 0,2 g de iodo metálico (macerado com algumas gotas de água) e 2 g de iodeto de potássio (KI), adicionou-se então 90 mL de água destilada, cobrindo com papel alumínio e deixando em repouso durante 3 h, em ambiente protegido da luz. Em

seguida, transferiu-se para um balão volumétrico e completou-se o volume até 100 mL com água destilada, seguindo-se agitação até completa homogeneização.

- Preparo da Curva Analítica

Pesou-se 40 mg de amilose pura de batata, que foram colocadas em um balão volumétrico de 100 mL. Logo, adicionou-se 1 mL de etanol (95%) e 9 mL de hidróxido de sódio 1 mol.L^{-1} e aqueceu-se em banho termostatizado (TECNAL TE-184) a 100°C por 10 minutos, para gelatinizar o amido, e deixou esfriar por 30 minutos. Em seguida, completou-se o volume com água destilada, com suave agitação. Para a preparação da curva analítica foram utilizadas 10 soluções preparadas em balões volumétricos de 100 mL de acordo com a Tabela 1. O volume dos balões foi completado com água destilada, homogeneizados e ficaram em repouso por 30 minutos antes de medir a absorvância da solução em espectrofotômetro.

Tabela 1. Volumes utilizados para preparação da curva analítica.

Balão	Solução de Amilose de Batata 0,04% (mL)	Ácido acético 1 mol.L^{-1} (mL)	Solução de Iodo $0,0001 \text{ mol.L}^{-1}$ (mL)
1	1	0,2	0,4
2	2	0,4	0,8
3	3	0,6	1,2
4	4	0,8	1,6
5	5	1,0	2,0
6	6	1,2	2,4
7	7	1,4	2,8
8	8	1,6	3,2
9	9	1,8	3,6
10	10	2,0	4,0

- Preparo do branco

Em um balão de 100 mL adicionou-se 1 mL de etanol (95 %), 9 mL de hidróxido de sódio (NaOH) (1 mol.L^{-1}) e 2 mL da solução de iodo. Completou-se o volume com água destilada deixando em repouso por 30 minutos.

- Preparo da Amostra

A amostra de amido foi envolvida em papel de filtro e mergulhada em solução de hexano PA por 3 dias na geladeira, para a retirada da gordura. Da amostra de amido

desengordurada pesou-se 0,1 g, em triplicata, as quais foram colocadas em balões volumétricos de 100 mL.

Adicionou-se lentamente (para evitar a formação de grumos) 1 mL de etanol (95 %), homogeneizando-o para que o mesmo entrasse em contato com todos os grânulos das amostras e em seguida adicionou-se 9 mL de hidróxido de sódio (1 mol.L^{-1}). A amostra foi aquecida em banho termostatizado (TECNAL TE-184) a 100°C durante 9 minutos, para gelatinizar o amido. Após esta etapa resfriou-se as amostras por 30 minutos, transferiu-se quantitativamente para balão volumétrico de 1 L e completou-se o volume com água destilada.

Em seguida, pipetou-se 5 mL da solução obtida e transferiu para um outro balão volumétrico de 100 mL, adicionando 1 mL de ácido acético, sob agitação. Juntou-se com 2 mL de solução de iodo e completou-se o volume com água destilada, homogeneizando e deixando em repouso por 30 minutos.

- Leitura no espectrofotômetro

A leitura das absorbâncias das soluções contidas nos balões (curva analítica) padrão, branco e amostra foram realizados em um espectrofotômetro digital (Biochrom 577 Libra), no comprimento de onda de 590 nm Os valores obtidos foram o resultado da média de 5 leituras. O teor de amilose foi obtido a partir da curva analítica construída com amilose de batata.

4.2.6 Determinação do Teor de Amido Total

O método para a determinação do amido total foi realizado conforme determinado pela Instrução Normativa nº 20 (BRASIL, 1999) com algumas modificações.

O princípio deste método baseia-se na determinação espectrofotométrica a 620 nm do composto colorido formado pela reação entre a antrona e a glicose proveniente da hidrólise do amido.

- Preparo da Solução de Antrona

Dissolveu-se 0,20 g de antrona em 100 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Esta solução foi preparada em banho de gelo e mantida na geladeira durante todo período de realização das análises.

- Preparo da curva analítica

Foram pipetadas alíquotas de 100 μL , 200 μL , 300 μL , 400 μL , 500 μL , 600 μL e 700 μL da solução de D-glicose (100 $\mu\text{g/ml}$) para tubo de ensaio, adicionou-se água, de

modo que todos eles passaram a ter um volume final de 1000 µL. Adicionou-se 2000 µL de solução de antrona e, em seguida, foram colocados por exatamente 3 minutos em banho termostaticado (TECNAL TE-184) à 100°C. Retirou-se e esperou esfriar. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro digital (QUIMIS - 0898 UV2) a 620 nm contra um branco preparado de modo similar ao descrito, usando água em substituição ao padrão. Construiu-se uma curva analítica, lançando no eixo das ordenadas os valores de absorbância e no eixo das abcissas as concentrações finais de glicose (10 µg de glicose/ mL, 20 µg de glicose/ mL, 30 µg de glicose/ mL, 40 µg de glicose/ mL, 50 µg de glicose/ mL e 70 µg de glicose/ mL).

- Preparo das Amostras

As amostras de amido de araruta foram envolvidas em papel de filtro e mergulhadas em solução de hexano PA permanecendo por 3 dias na geladeira para desengordurar. Após este período foi pesado 0,5 g das amostras desengorduradas diretamente em tubo de ensaio e adicionada 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,5 mol.L⁻¹. A mistura foi aquecida em banho termostaticado (TECNAL TE-184) a 100 °C por 1 hora, agitando o tubo ocasionalmente.

Decorrido o tempo estabelecido foi transferido quantitativamente o conteúdo do tubo para balão volumétrico de 500 mL completando o volume com água destilada e homogeneizando a solução.

Foi pipetada 50 µL da solução contida no balão para tubo de ensaio previamente lavado com álcool etílico, adicionando-se 950 µL de água destilada e 2000 µL de solução antrona, agitando-se levemente em agitador tipo vortex (PHOENIX - AP 56). Em seguida os tubos foram levados ao banho termostaticado a 100 °C por 3 minutos. Decorrido o tempo retirou-se do banho e deixou esfriar.

- Obtenção dos Resultados

A leitura da cor desenvolvida foi realizada em espectrofotômetro digital (QUIMIS - 0898 UV2) a 620 nm contra um branco preparado com 1000 µL de água destilada e 2000 µL de solução de antrona. Os valores obtidos foram o resultado da média de 3 leituras (Equação 02).

$$\% \text{ amido} = \frac{A \times F \times 100 \times 0,9}{P} \quad (02)$$

Onde:

A = absorbância da amostra;

F = fator de correção da curva;

P = massa da amostra na alíquota em microgramas;

0,9 = fator de conversão de glicose para amido.

4.2.7 Análise por Difração de Raios-X (DRX)

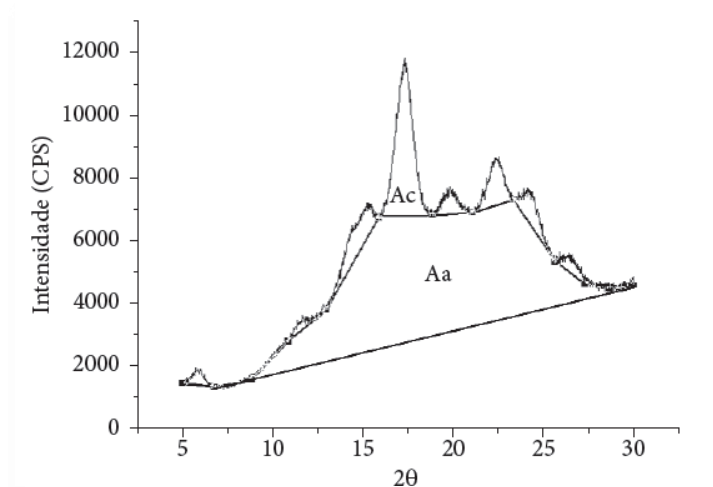
A análise de difração de raios X (DRX) foi utilizada com o objetivo de estimar as frações cristalinas e amorfas do amido de araruta. A mesma foi realizada em um difratômetro (Bruker, Modelo D8 Advance) utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ (40 kW e 40 mA) na faixa de $10^\circ \leq 2\theta \leq 50^\circ$. Utilizou-se potência de 1600 V e o método de escaneamento contínuo. A análise foi realizada no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE).

O índice de cristalinidade (IC) da amostra foi quantitativamente estimado como proposto por Hayakawa et al. (1997). O IC foi definido como a razão entre a área da região cristalina (A_c) e a área total coberta pela curva, composta pela área da região cristalina e a área da região amorfa (A_a) (Figura 6), conforme a Equação (03). As áreas dos picos do difratograma (A_c), assim como a área compreendida entre a curva sólida e a linha base (A_a) foram integradas utilizando o software Origin 9.1.

$$IC = \frac{A_c}{A_c + A_a} \times 100\% \quad (03)$$

Figura 6. Difratograma de raios X descritivo do método de índice de cristalinidade adaptado à razão das intensidades difratadas.

Fonte: Rocha, Demiate e Franco, 2008



4.2.8 Espectrofotometria de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Com o objetivo de determinar a estrutura química do amido de araruta, espectros de FTIR foram tomados em um espectrômetro Bruker-Vertex 70. O espectro foi registrado no modo de transmitância de 4000 a 600 cm^{-1} (região do infravermelho médio) com resolução de 4 cm^{-1} , seguindo o método do ATR-reflectância total atenuada. A análise foi realizada no CETENE.

4.2.9 Poder de Inchamento e Índice de Solubilidade em Função da Temperatura

O poder de inchamento e índice de solubilidade em função da temperatura foram determinados de acordo com a metodologia de Torre-Gutiérrez, Chel-Guerrero e Bentacur-Ancona (2008). Pesou-se em triplicata 0,1 g do amido, diretamente em tubo de centrífuga previamente pesado, adicionou-se 10 mL de água destilada e homogeneizou-se as suspensões por 5 minutos em agitador vortex (PHOENIX - AP 56). Após esse tempo, os tubos foram colocados em banho termostático (TECNAL TE-184) por 30 minutos nas temperaturas de 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C e 90 °C, sendo que para cada temperatura foi utilizada uma amostra diferente. Depois de gelatinizadas, as suspensões foram resfriadas e centrifugadas por 15 minutos a 2120 g. Para a determinação do índice de solubilidade (%) das amostras os sobrenadantes foram cuidadosamente colocados em cadinhos de porcelana, previamente pesados, e o volume foi seco em estufa de secagem e esterilização (TECNAL TE-393/1) à 105 °C até atingir massa constante.

O poder de inchamento (g água/g amostra seca) foi determinado através do precipitado (gel) que permaneceu no fundo dos tubos de centrífuga. Os mesmos foram pesados, obtendo-se a massa do precipitado. Os cálculos para as determinações de solubilidade e poder de inchamento foram obtidos a partir das equações (04) e (05), respectivamente.

$$IS = \frac{M_{Sob}}{M_{amido}} \times 100 \quad (04) \quad \quad \quad PI = \frac{M_{precipitado}}{M_{amido}(100-IS)} \quad (05)$$

Onde:

IS = índice de solubilidade (%); PI = poder de inchamento (g/g); M_{Sob} = massa do sobrenadante seco (g); $M_{precipitado}$ = massa do precipitado (g); M_{amido} = massa do amido (g).

4.3 Preparo das Amostras de Géis de Amido

Para o preparo dos géis, suspensões de amido, água e hidrocolóides (goma guar e goma xantana) foram obtidas por relação m/m com um total de 100g. assim foram preparados géis com 10% de amido com adição de hidrocolóides nas concentrações de 0,0%, 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1,0%. As suspensões foram gelatinizadas a 85 °C em banho termostático (TECNAL Modelo TE-184) por 5 minutos com agitação manual suave, de modo a evitar a formação de grumos na amostra durante a gelatinização, seguido de resfriamento até temperatura ambiente.

4.4 Sinerese dos Géis de Amido de Araruta com Adição de Hidrocolóides

Para medida da sinerese das amostras de amido de araruta seguiu-se a metodologia descrita por Singh, Sandhu e Kuar (2004) com adaptações.

As amostras já gelatinizadas (item 3.3) foram resfriadas até temperatura ambiente. Depois de resfriadas as amostras foram armazenadas em estufa B.O.D (TECNAL Modelo TE-391) a 4 °C por 1, 2, 3, 4 e 5 dias.

Após o termino de cada tempo de armazenamento as amostras foram retiradas da B.O.D e centrifugadas a 1590 g por 15 minutos a 4 °C em centrífuga refrigerada (SP LABOR Modelo SP-701) com controle de temperatura. A sinerese foi determinada como o percentual (%) de água liberada após a centrifugação das amostras. Todos os tratamentos foram realizados em triplicata com três repetições.

4.5 Análise de Perfil de Textura (TPA)

4.5.1 Preparo das Amostras

As amostras já gelatinizadas (item 3.3) foram transferidas para recipientes de vidro de 30 mL (forma cilíndrica de 38,5 mm de diâmetro interno e 46,90 mm de altura), ajustando a altura do gel para aproximadamente 33,3 mm, sendo resfriadas durante uma hora à temperatura ambiente e armazenadas em estufa B.O.D (TECNAL Modelo TE-391) a 4°C por 24 h. Após o período de armazenamento as amostras foram retiradas da estufa B.O. D e submetidos à análise de perfil de textura.

4.5.2 Ensaio de Textura

Os ensaios de TPA (análise do perfil de textura) dos géis foram realizadas utilizando um texturômetro Stable Micro systems, UK. Texture Analyser, modelo (TA – HD Plus), equipado com uma célula de carga de 50 kg e uma probe de 12,7 mm de diâmetro (Delrin P/0,5R). As seguintes condições experimentais foram selecionadas para todos os ensaios de TPA: velocidade de pré-teste: 2,0 mm/s, velocidade de teste: 2,0 mm/s e velocidade de pós teste: 2,0 mm/s; compressão de 50% e um período de repouso de 5s entre os dois ciclos; força de disparo (trigger) 4,793g, e taxa de aquisição de dados de 100 pontos por segundo. Essas condições de ensaio foram determinadas através de testes preliminares. Para se obter uma estimativa da textura dos géis de amido foram realizadas medições em triplicata para cada uma das três repetições. A programação do experimento e a coleta de dados foram realizadas por meio do programa Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems, UK).

Sete parâmetros de TPA foram automaticamente calculados pelo programa Texture Expert a partir da interpretação dos resultados obtidos no diagrama força x deformação, de acordo com as definições de BOURNE (2002): dureza, adesividade, coesividade, elasticidade, mastigabilidade, gomosidade e fraturabilidade.

É importante destacar que alguns parâmetros obtidos na análise instrumental do perfil de textura não foram avaliados. O parâmetro adesividade foi descartado pelo fato de apresentar uma alta variabilidade nos resultados impossibilitando mensurar este parâmetro com precisão. Não houve discussão para a fraturabilidade pelo fato de não se obter respostas para este parâmetro, devido aos ensaios de TPA terem sido realizados com 50% de deformação e, segundo Rosenthal (2001) para obtenção de respostas para este parâmetro deve haver deformações maiores que 70%. Assim como a adesividade e a fraturabilidade, o parâmetro mastigabilidade obtido no ensaio de TPA também não foi discutido, pois pela natureza semissólida da amostra para correta aplicação do TPA, o parâmetro gomosidade torna-se muito mais adequado que a mastigabilidade (BOURNE, 2002).

4.6 Análise Estatística

Para analisar a influência da adição dos hidrocolóides na textura dos géis, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (D.I.C) em esquema fatorial 2 x 5, com triplicatas em três repetições, com dois tipos de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) em cinco concentrações (0,0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % e 1,0%) e uma concentração fixa de amido de 10%.

Os resultados da análise do perfil de textura (TPA) foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e testado o efeito dos tratamentos e do efeito destes para as variáveis em estudo (dureza, coesividade e gomosidade). As média dos dados quantitativos (efeito da % de hidrocolóides) foi realizada com o emprego de análise de regressão.

Para avaliar a influência da adição dos hidrocolóides goma guar e goma xantana na sinerese dos géis, foram conduzidos experimentos em delineamento inteiramente casualizado (D.I.C), em esquema fatorial 5 x 5, com triplicatas em três repetições, com cinco dias de armazenamento (1, 2, 3, 4 e 5) e cinco concentrações dos hidrocolóides (guar ou xantana) (0,0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % e 1,0%) e uma concentração fixa de amido de 10 %. Os resultados da sinerese foram submetidos a análise de regressão e testado o efeito dos tratamentos sobre a sinerese dos géis de amido de araruta.

Os resultados obtidos foram analisados no software Estatística versão 8.0, onde foram realizadas análises de variância (ANOVA) para analisar o efeito dos tratamentos e dos

efeitos das variáveis e sua interação sobre as respostas analisadas, considerando o nível de significância de 5%. Os coeficientes de regressão foram estimados a partir dos dados experimentais através de regressão linear múltipla com um modelo polinomial de segunda ordem (Equação 6).

$$\mathbf{R} = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \sum \beta_{ij} X_i X_j + e \quad (06)$$

Onde R representa as respostas estudadas, β_0 , β_i , β_{ii} e β_{ij} são os coeficientes de regressão para o intercepto, para o efeito linear, quadrático e de interação, respectivamente, X_i e X_j são as variáveis independentes estudadas e e representa o erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Química do Amido

O amido é constituído praticamente de carboidratos, porém, constituintes em menores quantidades como lipídeos, proteínas, cinzas e sais minerais estão presentes em sua composição. A quantidade destas substâncias no amido é dependente da fonte botânica e também do processo de extração do amido. Os resultados obtidos na caracterização química do amido de araruta foram calculados em base seca e encontram-se expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do amido de araruta (*Maranta arundinacea* L.) variedade comum.

Parâmetros	Resultados
Umidade (%)	5,00±0,20
Cinzas (%)	0,37±0,03
Proteínas (%)	0,40±0,02
Lipídios (%)	<0,1
Amido total (%)	99,03±0,43
Amilose (%)	27,35±0,28
pH	5,00±0,02
Acidez (% m/v)	1,24±0,13

Valores médios (base seca) obtidos em três repetições com triplicata seguidos de desvio padrão.

Os valores encontrados para umidade foram baixos, o que demonstra que o processo de secagem do amido foi realizado de forma satisfatória, pois para este tipo de produto a umidade não deve ser maior que 14 % (BRASIL, 1978). Quanto menor o teor de umidade maior será os teores de sólidos, pois a remoção de água concentra os demais constituintes presentes no mesmo. A concentração dos constituintes presentes neste produto podem alterar suas propriedades, pois o conteúdo de amilose assim como lipídeos e proteínas será maior, o que pode afetar as características de gelatinização, retrogradação, sinerese, propriedades reológicas e de textura.

O amido apresentou em sua composição valor de cinzas dentro da faixa de valores relatados para amidos de tuberosas na literatura, 0,12% em mandioquinha salsa (ROCHA, DEMIATE e FRANCO, 2008), 0,21% em amido de araruta (FERRARI, LEONEL e SARMENTO, 2005), 0,33 % em amido de batata normal, 0,28% para amido ceroso de batata (SCHIRMER et al., 2013), 0,35% amido de taro (ALMEIDA, 2012) e 0,62% em amido de gengibre (LEONEL, SARMENTO e FERRARI, 2005). De um modo geral, os valores de cinzas obtidos neste trabalho são consideravelmente baixos, o que indica uma boa eficiência no processo de extração do amido.

Observa-se que o valor do pH foi inferior a 7,0, o que não é comum para amidos nativos, pois a maioria dos mesmos apresenta seu pH próximo à neutralidade (MARCON; AVANCINI e AMANTE, 2007). Isso indica que o amido pode ter sido exposto por um longo período de tempo em decantação, ou seja, em contato com a água, o que pode ter desencadeado um início de fermentação, reduzindo o pH. A acidez do amido no presente estudo apresentou-se baixa, distante da acidez encontrada por Leonel e Cereda (2002) em amido de araruta que obteve 9,19.

Mesmo em pequenas quantidades a maioria dos amidos apresenta em sua composição constituintes de natureza proteica. Como o esperado para amido de raízes e tubérculos o amido de araruta apresentou teores relativamente baixo de proteínas, comparado com o encontrado por Jensen, Grossmann e Mali (2009) de 0,5% para amido de mandioca. Porém encontram-se distantes dos valores obtidos no estudo de Schirmer et al., (2013), que obteve 0,08% para amido de batata normal e ceroso, e Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005) 0,21% em amido de araruta. Segundo Hoover (2001) e Peroni (2003) as proteínas em amido de tubérculos apresentam-se em pequenas quantidades e não chegam a alterar suas propriedades tecnológicas, como a gelatinização. Os resultados obtidos mostram coerência com relação aos dados de literatura, pois encontram-se dentro dos valores reportados por vários autores (ROCHA, DEMIATE e FRANCO 2008; GOUVEIA, 2008; ALMEIDA, 2013).

O conteúdo de lipídios no presente estudo pode ser considerado baixo comparado aos resultados obtidos por vários autores como Schirmer et al., (2013), 0,19% para amido de batata normal e 0,13% para amido ceroso de batata; Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005), 0,10% em amido de araruta; Jensen, Grossmann e Mali (2009), 0,24% para amido de mandioca; Rocha, Demiate e Franco (2008), 0,13% para amido de mandioquinha salsa e Leonel, Sarmiento e Ferrari (2005), 0,86% em amido de gengibre. Esses resultados confirmam o relato de Peroni (2003) que afirma que esse componente está presente em menores quantidades nos amidos de tuberosas, tornando-os mais neutros e menos sujeitos a complexações. Dos constituintes considerados como contaminantes os lipídios são aqueles que mais influenciam nas propriedades tecnológicas do amido. Presente principalmente em amidos de cereais, os lipídios podem afetar a gelatinização, o comportamento reológico dos géis, e inibem a cristalização das moléculas (WANG e WHITE, 1994). São responsáveis também pela fixação da cor, desenvolvimento de aromas e complexações, que são modificações negativas (PERONI, 2003).

Os processos de extração do amido em sua maioria permitem o carreamento de substâncias que são consideradas como contaminantes no produto, como proteínas, lipídios e sais minerais. Embora em grande parte esses contaminantes encontrem-se em pequenas quantidades podem interferir nas propriedades físico-químicas e tecnológicas dos mesmos (LEONEL e CEREDA, 2002). Partindo disso, o grau de pureza do amido pode ser avaliado pela quantidade desses componentes, pois segundo Peroni (2003) quanto menor for o teor destas substâncias melhor é a qualidade e pureza do amido. Segundo Rocha, Demiate e Franco (2008) quando a soma destes constituintes for menor que 1% do total, indica que o amido apresenta alto grau de pureza, e que o processo de extração foi eficiente. Observa-se que no presente trabalho, o somatório dos resultados apresentados para cinzas, lipídeos e proteínas, foi inferior a 1%, indicando um elevado grau de pureza do amido, comprovando a eficiência do processo de extração e da qualidade do produto.

O teor de amido total encontrado foi de aproximadamente 99,0%, valor elevado comparado com os valores encontrados por Schirmer et al., (2013) para amido de batata e amido de milho normal (93,4% e 96,3% respectivamente) e Almeida (2012) em amido de taro 74,65%. Esses resultados mostram e confirmam o alto grau de pureza do amido em estudo.

O amido de araruta utilizado no presente estudo apresentou em sua composição teor de amilose de 27,35%, próximo ao encontrado por Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009) em amido de milho normal (27,8%), Peroni (2003) em estudo de amido de gengibre (28,2%) e em amido de batata (25,6%). No entanto distante dos valores encontrados por Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005) para amido de araruta que obteve 17,88% para rizomas com 12 meses de desenvolvimento e 19,99% para rizomas com 14 meses de desenvolvimento. Assim, o teor de amilose apresentado pelo amido de araruta no presente estudo encontra-se distante daqueles de sua própria fonte estudado por Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005) o que normalmente ocorre pelo fato do teor de amilose variar em variedades de uma mesma espécie.

A amilose é um dos componentes responsáveis pela estrutura do grânulo de amido e sua quantificação é de grande importância para compreensão do comportamento das pastas e géis de amido.

Amidos com teores de amilose elevados necessitam de modificações para melhoria de suas propriedades como textura, retrogradação e conseqüentemente sinerese, podendo essas modificações ser químicas ou por adição de outros componentes. Desta forma justifica

se a utilização dos hidrocolóides no presente trabalho com o intuito de investigar a influência destes nas propriedades dos géis, bem como a busca de melhoria em propriedades negativas como a sinerese destes produtos.

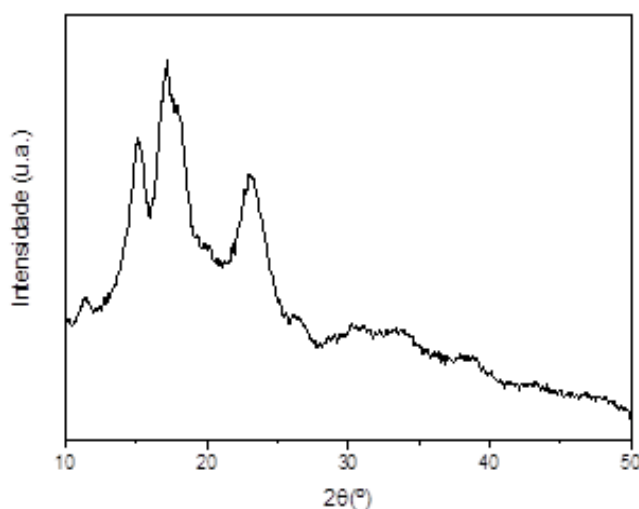
5.2 Análise por Difração de Raios X (DRX)

Pode-se observar que o amido de araruta apresentou picos de maior intensidade nos ângulos de difração 2θ em aproximadamente $11,5^\circ$, $15,1^\circ$, $17,2^\circ$ e $23,1^\circ$ (Figura 7), apresentando portanto cristalinidade do tipo C, encontrada na maioria das raízes, leguminosas e sementes cristalinas (VAN SOEST, 1997), onde a araruta se inclui.

O IC do amido de araruta foi estimado em aproximadamente 29,6 % e está de acordo com a literatura que diz que o IC para amidos nativos deve estar compreendido entre 20% e 45% (VAN SOEST, 1997). Esse índice é proporcional à composição química do amido, que para o amido de araruta foi de 27,35% de amilose.

A análise pela técnica de difração de raios X permite distinguir os três tipos de cristalinidade para os grânulos que, dependendo de sua forma e estrutura cristalina, denominam-se A, B e C (CEREDA, M. P., 2001; ZOBEL, H. F., 1964). Estes padrões de cristalinidade dependem, em parte, do comprimento das cadeias de amilopectina, da densidade de empacotamento dentro dos grânulos, bem como da presença de água (SAJILATA et al., 2006). Amidos com cristalinidade do tipo A apresentam picos de intensidade nos ângulos de difração 2θ em aproximadamente $15,3^\circ$, $17,1^\circ$, $18,2^\circ$ e $23,5^\circ$; tipo B em aproximadamente $5,6^\circ$, $14,4^\circ$; $17,2^\circ$; $22,2^\circ$ e 24° ; tipo C em aproximadamente $5,6^\circ$, $15,3^\circ$; $17,3^\circ$ e $23,5^\circ$ (SAJILATA et al., 2006).

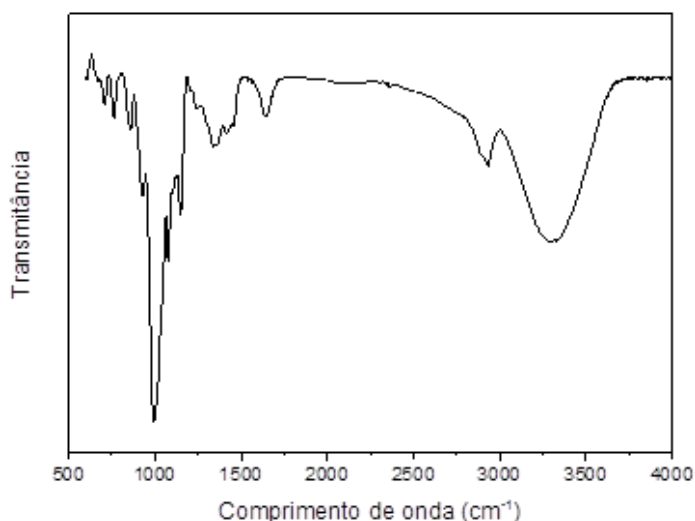
Figura 7. Difratoograma de Raios X do amido de araruta



5.3 Espectrofotometria de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

O espectro de FTIR do amido de araruta na região de 4000-500 cm^{-1} é apresentado na Figura 8. O espectro mostra alta absorção próximo aos comprimentos de onda 924, 1003, 1080, 1146, 1236, 1350, 1421, 1647, 2938 e 3315 cm^{-1} , confirmando que a amostra se trata de um carboidrato. Os picos em 3315 cm^{-1} e 1647 cm^{-1} podem ser atribuídos às vibrações de estiramento características do grupo hidroxila (-OH) e o pico em 2938 cm^{-1} (presente em amidos nativos) à deformação axial de ligações C-H. A banda em 924 cm^{-1} pode ser atribuída aos modos de vibração dos anéis de D-glicopiranosil. (ZENG et al., 2011; FAN, WANG e HUANG, 2012). Picos em 1421 cm^{-1} e 1350 cm^{-1} podem ser atribuídos à deformação angular dos grupos H-C-H e C-H. As bandas na região de 1236 a 1003 cm^{-1} são consideradas bandas características do amido e são atribuídas a vibrações de deformação axial de C-O em álcoois e a vibrações de deformação axial do sistema O-C-O (LIMA et al., 2012).

Figura 8. Espectro de FTIR do amido de araruta

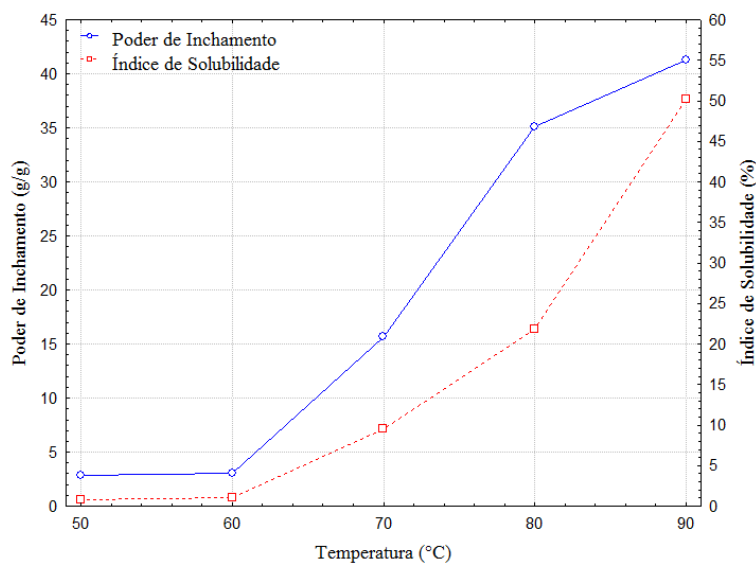


5.4 Poder de Inchamento e Índice de Solubilidade

Os resultados obtidos na avaliação do poder de inchamento e índice de solubilidade encontram-se representados na Figura 9. Através da figura é possível observar um aumento no poder de inchamento e índice de solubilidade do amido utilizado no presente trabalho com o aumento da temperatura.

O conhecimento do poder de inchamento e índice de solubilidade torna-se importante para o conhecimento da temperatura necessária para o início da gelatinização do amido, que ocorre com a quebra das ligações de hidrogênio (ZAVAREZE et al., 2010).

Figura 9. Poder de inchamento e índice de solubilidade do amido de araruta variedade comum em função da temperatura.



Segundo Singh et al. (2003), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam ligações de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxila, o que causa aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo.

O poder de inchamento e o índice de solubilidade não mostraram grande variação em temperaturas inferiores a 60°C, isso por que essas temperaturas não são suficientes para romper as ligações de hidrogênio entre as cadeias de todos os grânulos deste polímero responsáveis pela estrutura cristalina. Essa afirmação concorda com alguns autores que observaram que o poder de inchamento apresentado por amidos como de mandioca, araruta e batata-doce começam a se manifestar a partir de 60 °C (LEACH; MCCOWEN e SCHOCH, 1995; PERONI; ROCHA e FRANCO, 2006).

O poder de inchamento e o índice de solubilidade tornaram-se bastante pronunciados acima de 60 °C, sendo possível notar um súbito aumento nestes entre as temperaturas de 60 °C e 90 °C. Tal comportamento concorda com o estudo realizado por Rocha, Demiate e Franco (2008) com amidos de mandiocinha-salsa e Hernandez-Medina et al. (2008) em amidos provenientes de tubérculos. Esse comportamento deve-se a superação da temperatura necessária para o início da gelatinização do amido, que ocorre devido a ativação termodinâmica das moléculas do amido, aumentando a mobilidade granular e por consequência a penetração da água, facilitando a capacidade de inchamento dos grânulos. Assim as ligações de hidrogênio das moléculas do amido são rompidas e as moléculas de

água se ligam aos grupos hidroxilas liberados, promovendo intumescimento irreversível do grânulo para um tamanho muitas vezes maior que o original (RIBEIRO, 2011).

Com o aumento da temperatura e/ou prolongamento do tempo a expansão continua ocorrendo, causando o rompimento da estrutura granular com liberação amilose para a fase aquosa (lixiviação da amilose) podendo resultar em aumento substancial da solubilização do amido (ZAVAREZE et al., 2010). Estes fatos explicam o grande poder de inchamento e índice de solubilidade para temperaturas acima de 60 °C.

5.5 Sinereze dos Géis de Amido com Adição de Goma Guar e Goma Xantana

Os resultados obtidos na avaliação do efeito da adição de goma guar e goma xantana sobre a sinereze dos géis de amido de araruta variedade comum encontram-se representados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios (%) e desvios-padrão para sinereze (S) dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX) em função da concentração e dias de armazenamento.

Dia	Concentração				
	0,00%	0,25%	0,50%	0,75%	1,00%
GG					
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	1,56±0,13	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
3	2,49±0,20	1,08±0,23	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
4	3,44±0,21	2,34±0,19	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
5	5,53±0,16	3,39±0,18	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
GX					
1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
2	1,56±0,13	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
3	2,49±0,20	0,69±0,12	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
4	3,44±0,21	1,51±0,24	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
5	5,53±0,16	3,07±0,17	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00

A partir dos dados experimentais foram elaborados ajustes estatísticos com a finalidade de gerar modelos matemáticos, com capacidade de prever a sinereze dos géis de amido de araruta em função do tempo em armazenamento refrigerado e concentração de goma guar e goma xantana. Foi realizada a análise de variância e verificado que os tratamentos foram significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Fischer (teste F). Na sequência foi realizada análise de regressão e testados a significância da regressão, falta de ajuste e coeficiente de determinação múltiplo (R^2). Verificou-se que o modelo linear de segunda ordem para géis adicionados de goma xantana foi significativo ($p < 0,05$) para as respostas

testadas. No entanto o mesmo modelo não foi significativo para géis adicionados de goma guar e portanto foram melhorados por eliminação dos termos não significativos. Os termos não significativos foram agrupados ao erro da regressão e obtido um modelo reduzido para as respostas testadas. Os valores da análise de regressão são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da análise da ANOVA para regressão de sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX).

Fonte	GL	SQ	QM	F	P	R ²
GG						
Modelo	4	143,9146	35,9787	176,72	<0,001	0,9099
Erro	70	14,2511	0,2036			
Falta de ajuste	20	13,7586	0,6879	69,84	<0,001	
Erro puro	50	0,4925	0,0099			
Total	74	152,0720				
GX						
Modelo	5	139,1679	27,8336	148,83	<0,001	0,9151
Erro	69	12,9041	0,1870			
Falta de ajuste	20	13,2046	0,6602	68,78	<0,001	
Erro puro	50	0,4799	0,0096			
Total	74	54,4119				

GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; F = Teste de Fisher; P = Probabilidade.

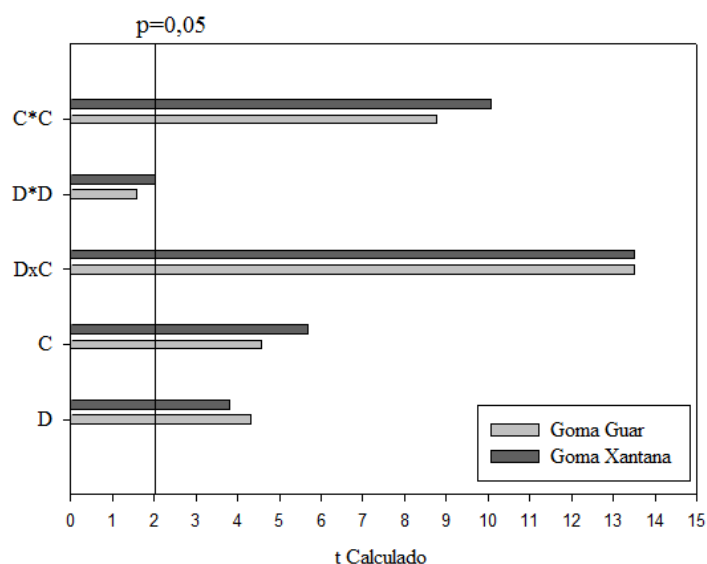
Observou-se na análise de regressão que houve falta de ajuste para todos os parâmetros testados. Para que um modelo de regressão seja adequado é desejável que a falta de ajuste seja não significativa. Entretanto, quando o SQ da falta de ajuste do modelo escolhido representa menos de 10% do SQ da regressão, a falta de ajuste pode ser desconsiderada, o que torna os modelos propostos adequados (BONOMO, 2012).

Os resultados da regressão podem ser visualizados no gráfico de Pareto (Figura 10), em que o valor absoluto da amplitude do efeito estimado padronizado de cada um dos fatores é abordado e comparado com a magnitude mínima de um fator estatisticamente significativo com 95% de confiança ($p = 0,05$), representada pela linha traçada verticalmente no gráfico.

A partir do gráfico de Pareto é possível notar os principais efeitos significativos sobre a sinerese dos géis com adição de goma guar e goma xantana. Verificou-se que para sinerese em géis com goma guar os fatores dia (efeito linear), concentração (efeito linear e quadrático) e interação dia x concentração (DxC) foram estatisticamente significativos (P

<0,05). Para sinerese em géis com goma xantana, os efeitos linear e quadrático foram significativos para os fatores dia, concentração e interação DxC em mesmo nível de significância.

Figura 10. Gráfico de Pareto apresentado para visualização da significância das variáveis dia (D) e concentração (C) para os parâmetros sinerese de géis adicionados de goma guar e sinerese de géis adicionados de goma xantana.



As Equações 07 e 08 apresentam os modelos matemáticos que descrevem o comportamento da sinerese (S) para géis de amido com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX).

$$S(GG) = -0,780 + 0,720D - 3,298C - 1,392(D * C) + 4,312C^2 \quad (07)$$

$$S(GX) = -0,229 + 0,135D - 2,736C - 1,346(D * C) + 0,061D^2 + 4,809C^2 \quad (08)$$

A partir dos modelos matemáticos propostos foram plotados gráficos de superfície de resposta para visualização das respostas obtidas (Figuras 11 e 12).

A sinerese é uma propriedade utilizada como um método simples para a medida da estabilidade de géis de amido, que envolve o desenvolvimento de água livre na matriz deste após resfriamento. Após armazenamento à baixas temperaturas, ocorre a expulsão de água a partir dos géis de amido em consequência da reassociação das cadeias de amilose e amilopectina, formando uma matriz de líquido por todo o gel (SWEEDMAN et al., 2013).

Assim, a sinerese é uma propriedade negativa dos géis e produtos produzidos a partir do amido vista como um indicador útil de deterioração, pois, torna os géis e produtos mais rígidos, o que pode levar a rejeição de produtos formulados à base desse ingrediente,

tornando assim de grande importância a prevenção ou retardo desta (TENG, CHIN e YUSOF, 2011).

Figura 11. Gráfico de superfície de resposta para sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar em função dos dias e concentrações.

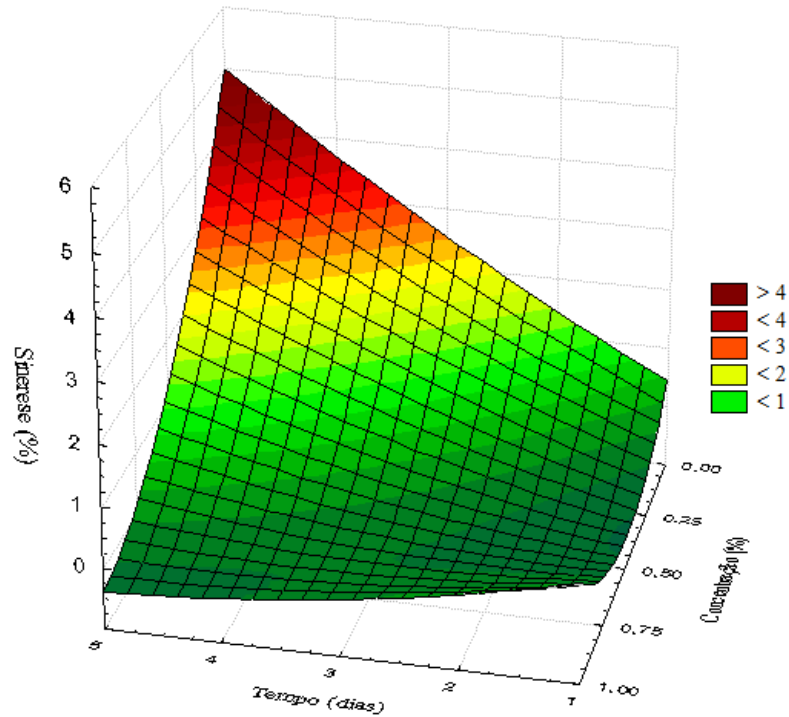
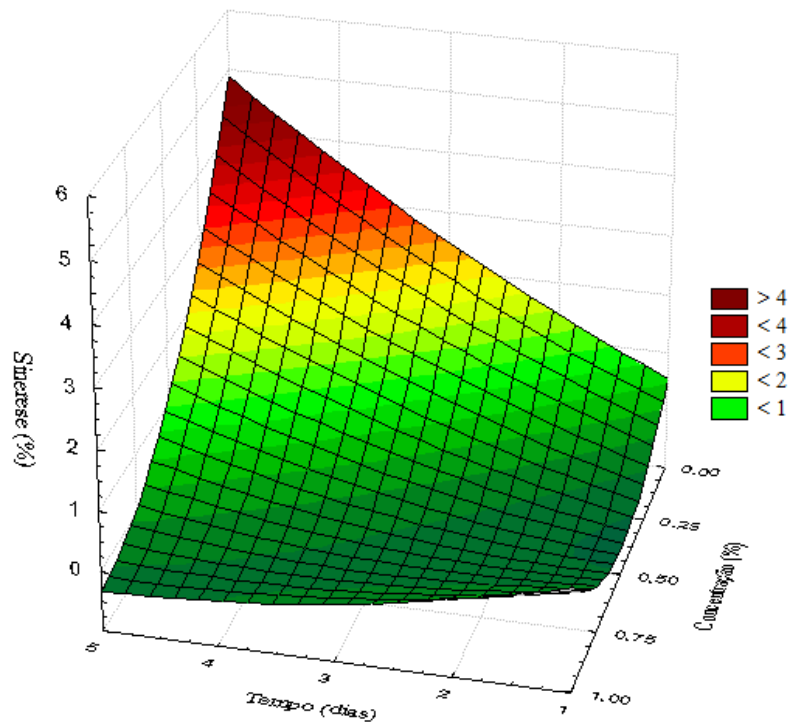


Figura 12. Gráfico de superfície de resposta para sinerese dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma xantana em função dos dias e concentrações.



Segundo Weber, Queiroz e Chang (2008) a sinerese é dependente de reassociações das macromoléculas amilose e amilopectina presentes nos grânulos de amido, com maior dependência da amilose. Segundo esses autores amidos com maiores teores de amilose apresentam menor estabilidade à retrogradação e sinerese, isso por que a reassociação de suas moléculas, que tem sua estrutura linear, é maior e mais rápida devido a menor dificuldade que elas possuem em se rearranjarem, enquanto que as moléculas de amilopectina apresenta reassociações mais lentas necessitando de dias ou semanas para ocorrência de retrogradação e sinerese.

É possível observar na Figura 11 que a medida que aumentam os dias de armazenamento refrigerado os géis com 0,0 % e 0,25 % de goma guar tendem a apresentar sinerese, pois com o tempo as moléculas de amilose e amilopectina se reassociam e expulsam água da matriz dos géis.

Os géis sem adição de goma guar começaram a apresentar sinerese no segundo dia de armazenamento, enquanto aqueles adicionados do hidrocolóide em menor concentração (0,25 %) a sinerese só foi mensurável no terceiro dia de armazenamento. Essa menor intensidade na sinerese dos géis adicionados de 0,25 % provavelmente ocorre pela capacidade da goma guar reduzir a retrogradação dos géis retardando assim esse fenômeno.

É possível notar que, com o aumento da concentração a sinerese tende a diminuir, de forma que nas concentrações acima de 0,50 % não houve ocorrência de sinerese em toda faixa de tempo estudada, o que possivelmente pode ser atribuído a capacidade da goma guar inibir a retrogradação dos géis nessas concentrações. Assim, este estudo evidencia que em concentrações de 0,50 % à 1,0 % a goma pode inibir a sinerese em até cinco dias de armazenamento sob refrigeração.

Alguns hidrocolóides apresentam a capacidade de envolver os grânulos de amido durante a gelatinização restringindo seu intumescimento e conseqüentemente sua solubilidade. No entanto, segundo Chaisawang e Suphantharika (2006), durante a gelatinização a goma guar não envolve os grânulos do amido, permitindo que os mesmos gelatinizem livremente. Assim a capacidade da goma guar retardar a sinerese dos géis possivelmente não ocorre por esse mecanismo. Esse comportamento também foi observado por Achayuthakan e Suphantharika (2008) que encontraram mesmo comportamento em estudo de mistura desse hidrocolóide e amido nativo.

A influência da goma guar na sinerese dos géis de amido de araruta possivelmente se deve a sua influência na gelatinização do amido, pois aumenta a viscosidade dos sistemas

amido/hidrocolóide levando a alterações nas taxas de aquecimento e difusividade da água, resultando em necessidade de maiores temperaturas para gelatinização, como apontado por Kruger, Ferrero e Zaritzky (2003). Dessa forma, os grânulos de amido incham de forma limitada e apresentam menor solubilidade, acarretando em menor conteúdo de amilose na fase dispersa e conseqüentemente menores associações entre essas moléculas com menor retrogradação.

Acredita-se que não houve efeito da goma guar na retrogradação da amilopectina, o que possivelmente explicaria a maior intensidade na sinerese dos géis com goma guar (0,25 %) em maior tempo de armazenamento, pois com o passar do tempo as reassociações das moléculas de amilopectina começam a ocorrer e contribuem para o aumento de sinerese.

Weber, Queiroz e Chang (2008) revelaram que a goma guar reduz significativamente a sinérese dos géis de amido de milho normal e ceroso armazenados em baixas temperaturas. Em estudo com géis de amido com adição desse hidrocolóide os autores mostraram que os géis de amido de milho normal com a adição de 0,50 % e 0,85 % essa goma reduziu de forma significativa a sinerese dos géis no primeiro ciclo de congelamento e descongelamento, e para géis de amido de milho ceroso a adição de 0,50% de goma guar apresentou um efeito similar ao observado para o amido de milho normal. Esses relatos mostram a capacidade da a goma guar redução de sinerese de géis de amido, como os resultados obtidos no presente trabalho em que a adição da menor concentração estudada (0,25%) é capaz diminuir a sinerese dos géis de amido de araruta, melhorando assim sua estabilidade.

Através da análise dos resultados apresentados na Figura 12 é possível observar o efeito da adição de goma xantana sobre a sinérese dos géis de amido de araruta variedade comum. Géis sem adição da goma xantana apresentaram sinerese a partir do segundo dia de armazenamento. Já os géis adicionados de 0,25 % do hidrocolóide, apresentaram sinerese no terceiro dia de armazenamento e em menor intensidade que aqueles com 0,0 % da goma, ficando os géis com maiores concentrações, livre de sinerese até o último dia de armazenamento.

Géis adicionados de 0,25 % de goma xantana apresentaram sinerese no terceiro e quarto dia com menor intensidade que os géis adicionados de 0,25 % de goma guar. No entanto no último dia de avaliação a diferença entre eles foi pequena. Este fato pode ser explicado por que cada hidrocolóide afeta de uma maneira diferente as propriedades dos géis do amido. Tal fato pode ser atribuído a muitos fatores principalmente a estrutura molecular

das gomas, e/ou as cargas iônicas existentes entre ambos (amido e goma) (CHAIWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

Segundo Chaisawang e Suphantharika (2006) a goma xantana devido sua propriedade iônica envolve os grânulos de amido nativo, causando inchamento restrito em temperaturas entre 80 °C e 90 °C. Por conta desse envolvimento protetor retarda a gelatinização dos grânulos de amido refletindo em suas propriedades como a sinerese. Enquanto isso a goma guar não apresenta a capacidade de envolvimento dos grânulos permitindo que esses gelatinizem livremente.

Esse efeito também foi visualizado por Ferrero, Martino e Zaritsky (1994) que observaram uma diminuição da sinérese de pastas de farinha de trigo e de géis de amido de milho adicionados de goma xantana. Os autores relataram que a goma diminuiu os efeitos adversos do congelamento, impedindo a formação de uma estrutura esponjosa, resultante da retrogradação da amilose. As moléculas de amilose que foram lixiviadas dos grânulos durante o processo de gelatinização ficam expostas e podem estabelecer novas ligações moleculares, que neste caso são estabelecidas com a goma xantana. As ligações moleculares que podem ser estabelecidas entre as moléculas de amilose e a goma xantana reduz a possibilidade de associações amilose-amilose, que são as principais ligações envolvidas no processo de retrogradação dando origem à sinérese. Concordando com estes resultados Shi e BeMiller (2002) sugerem que o impedimento da reassociação dessas moléculas reduz a retrogradação dos géis diminuindo assim a sinérese.

Os autores não verificaram efeito da goma xantana na retrogradação da amilopectina. Acredita-se que comportamento também ocorreu no presente estudo, pois esse fato explicaria a maior intensidade na sinerese dos géis com goma xantana (0,25 %) em maior tempo de armazenamento, uma vez que com o passar do tempo as reassociações das moléculas de amilopectina começam a ocorrer contribuindo para maior intensidade de sinerese em maiores períodos de armazenamento.

5.6 Análise de Perfil de Textura dos Géis de Amido

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios com seus respectivos desvios-padrão para os atributos avaliados na análise instrumental do perfil de textura (TPA) dureza (DR), elasticidade (EL), coesividade (CS) e gomosidade (GM) dos géis de amido de araruta da variedade comum com adição dos hidrocolóides goma guar (GG) e goma xantana (GX). As respostas das variáveis dependentes são médias de três repetições realizadas em triplicatas.

A partir dos dados experimentais foram elaborados ajustes estatísticos com a finalidade de gerar modelos matemáticos, com capacidade de prever a dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade dos géis de amido de araruta em função da concentração e goma utilizada. Foi realizado a análise de variância e verificado que os tratamentos foram significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Fischer (teste F) para a dureza, coesividade e gomosidade e não significativo para elasticidade. Posteriormente foi realizada ANOVA para a interação dos fatores goma x concentração (GxC) para os parâmetros que apresentaram tratamento significativo ($P < 0,05$).

Tabela 5. Valores médios e desvios-padrão para os parâmetros dureza (DR), elasticidade (EL), coesividade (CS) e gomosidade (GM) obtidas na análise instrumental do perfil de textura dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX) em função da concentração.

Concentração	Parâmetros			
	DR (g)	EL (mm)	CS	GM (g)
GG				
0,00 %	82,91±0,80	0,96±0,00	0,60±0,01	50,16±0,81
0,25 %	86,09±0,85	0,95±0,01	0,63±0,00	56,35±1,16
0,50 %	89,30±0,92	0,95±0,00	0,65±0,01	59,41±0,83
0,75 %	94,52±0,67	0,95±0,01	0,65±0,01	62,58±1,51
1,00 %	98,53±0,79	0,95±0,01	0,65±0,00	66,51±1,32
GX				
0,00 %	82,95±0,83	0,94±0,01	0,60±0,02	50,34±0,98
0,25 %	174,14±0,81	0,96±0,01	0,52±0,01	90,00±0,63
0,50 %	140,73±1,16	0,95±0,01	0,51±0,02	74,69±0,75
0,75 %	110,65±1,19	0,95±0,02	0,50±0,01	59,12±0,93
1,00 %	79,30±1,78	0,94±0,00	0,50±0,00	43,18±1,11

Analisando o quadro da ANOVA para interação GxC inferiu-se que a interação foi significativa ($P < 0,05$), para os parâmetros dureza, coesividade e gomosidade, isto é, os fatores goma (G) e concentração (C) não atuam independentemente, portanto, não podem ser estudados separadamente. Para o estudo destes fatores foi necessário realizar o desdobramento da interação.

Para esta foi realizada uma decomposição ortogonal da soma de quadrado do efeito dos níveis de concentração para cada goma. Verificou-se que os modelos lineares de segunda ordem foram significativos ($p < 0,05$) para os parâmetros dureza, coesividade e gomosidade dos géis de amido com adição de goma xantana e para o parâmetro coesividade dos géis adicionados de goma guar, no entanto não foram significativos os parâmetros dureza e gomosidade para géis com adição de goma guar, e, portanto, foram melhorados por eliminação dos termos não significativos. Os termos não significativos foram agrupados ao

erro da regressão e obtido um modelo reduzido para as respostas testadas. Os valores da análise de regressão estão apresentados na Tabela 6.

Observa-se que a regressão foi significativa ($P < 0,05$) para todos os parâmetros testados. Não houve falta de ajuste significativa para GG em todos os parâmetros, no entanto para GX a falta de ajuste foi significativa em todos eles. Para que um modelo de regressão seja adequado é desejável que a falta de ajuste seja não significativa. Entretanto, quando o SQ da falta de ajuste do modelo escolhido representa menos de 10% do SQ da regressão, esta pode ser desconsiderada, tornando o modelo adequado (BONOMO, 2012).

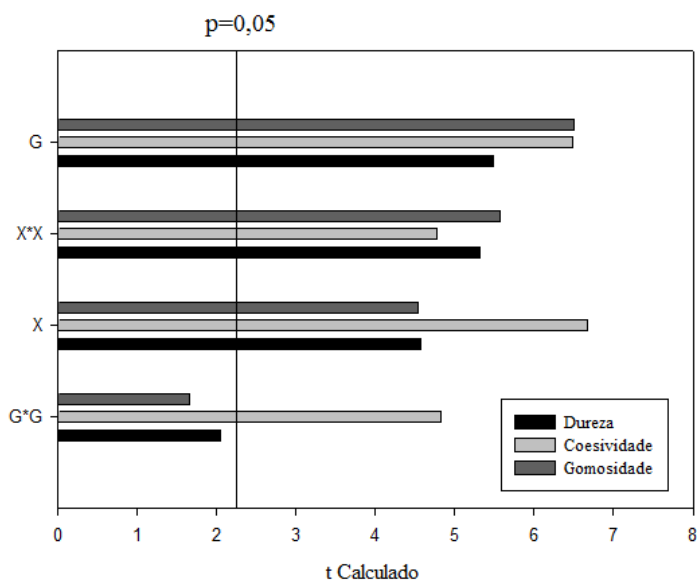
Tabela 6. Resultados da análise de regressão para dureza (DR), coesividade (CS) e gomosidade (GM) dos géis de amido de araruta com adição de goma guar (GG) e goma xantana (GX).

FV	GL	SQ	QM	F	P	R ²
DR						
Goma	1					
Concentração/GG	4	476,541	119,135	112,996	0,000	
Regressão	1	454,741	454,741	431,307	0,000	0,954
Faj	3	4,508	1,503	1,425	0,260	
Concentração/GX	4	19340,148	4835,037	4585,871	0,000	
Regressão	2	14024,367	7012,183	6650,821	0,000	0,725
Faj	2	5315,781	2657,890	2520,920	0,000	
Res	20	21,08667	1,054334			
Total	29					
CS						
Goma	1					
Concentração/GG	4	0,0049	0,0012	10,794	0,000	0,999
Regressão	2	0,0049	0,0024	21,571	0,000	
Faj	2	0,0000	0,0000	0,017	0,983	
Concentração/GX	4	0,0227	0,0057	50,147	0,000	0,931
Regressão	2	0,0212	0,0106	93,336	0,000	
Faj	2	0,0016	0,0008	6,958	0,004	
Res	20	0,0023	0,0001			
Total	29					
GM						
Goma	1					
Concentração/GG	4	463,738	115,934	108,065	0,000	0,981
Regressão	2	454,741	454,741	423,875	0,000	
Faj	2	8,996	2,999	2,795	0,062	
Concentração/GX	4	4222,636	1055,659	984,004	0,000	0,767
Regressão	2	3237,007	1618,503	1508,644	0,000	
Faj	2	985,629	492,815	459,364	0,000	
Res	20	21,4564	1,07282			
Total	29					

FV = Fonte de Variação; GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; F = Teste de Fisher; P = Probabilidade.

Os resultados da regressão podem ser visualizados no gráfico de Pareto (Figura 13), em que o valor absoluto da amplitude do efeito estimado padronizado de cada um dos fatores é abordado e comparado com a magnitude mínima de um fator estatisticamente significativo com 95% de confiança ($p = 0,05$), representada pela linha traçada verticalmente no gráfico.

Figura 13. Gráfico de Pareto apresentado para visualização da significância das variáveis goma guar (G) e goma xantana (X) para os parâmetros dureza, coesividade e gomosidade.



A partir dos valores de t apresentados no gráfico de Pareto é possível visualizar os principais efeitos significativos sobre as variáveis respostas dureza, coesividade e gomosidade. Verificou-se que para os parâmetros dureza e gomosidade os fatores goma guar (efeito linear) e goma xantana (efeito linear e quadrático) foram estatisticamente significativos para ambos parâmetros $P < 0,05$. Para a variável resposta coesividade, o efeito linear e quadrático foi significativo para fatores goma guar e goma xantana em mesmo nível de significância.

As Equações de 09 à 14 apresentam os modelos estatísticos com as variáveis reais, propostas para representarem a dureza (DR), coesividade (CS) e gomosidade (GM) dos géis de amido de araruta variedade comum com adição das gomas guar (GG) e goma xantana (GX).

$$DR(GG) = 82,338 + 15,866C_{GG} \quad (09)$$

$$DR(GX) = 97,173 + 247,965C_{GX} - 276,2702C_{GX}^2 \quad (10)$$

$$CS(GG) = 0,606 + 0,190C_{GG} - 0,099G_{GG}^2 \quad (11)$$

$$CS(GX) = 0,598 - 0,288C_{GX} + 0,198C_{GX}^2 \quad (12)$$

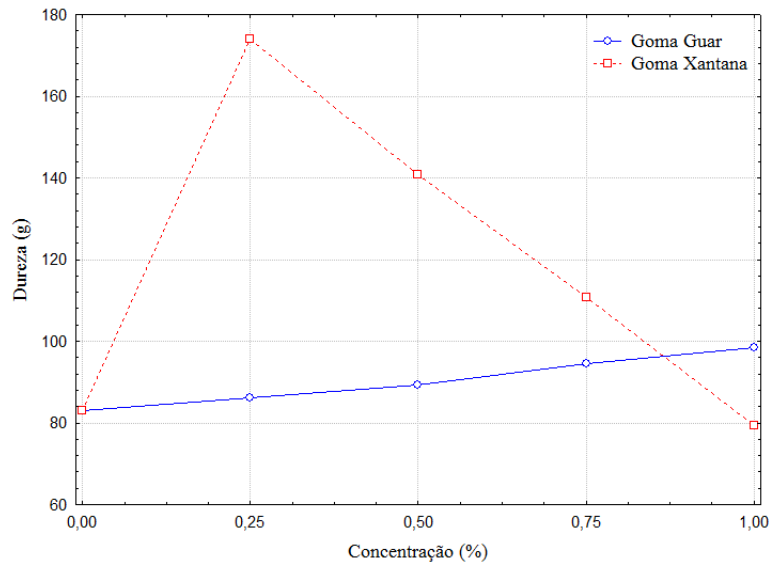
$$GM(GG) = 51,213 + 15,573C_{GG} \quad (13)$$

$$GM(GX) = 57,471 + 106,224C_{GX} - 125,112C_{GX}^2 \quad (14)$$

Onde: C_{GG} = concentração de goma guar; C_{GX} = concentração de goma xantana.

A partir destes modelos foram plotados gráficos para melhor visualização das respostas obtidas. As Figuras 14, 15 e 16 ilustram os efeitos da adição dos hidrocolóides (variáveis independentes) sobre as variáveis resposta (dependentes) dureza, coesividade e gomosidade.

Figura 14. Gráfico para a resposta dureza dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.



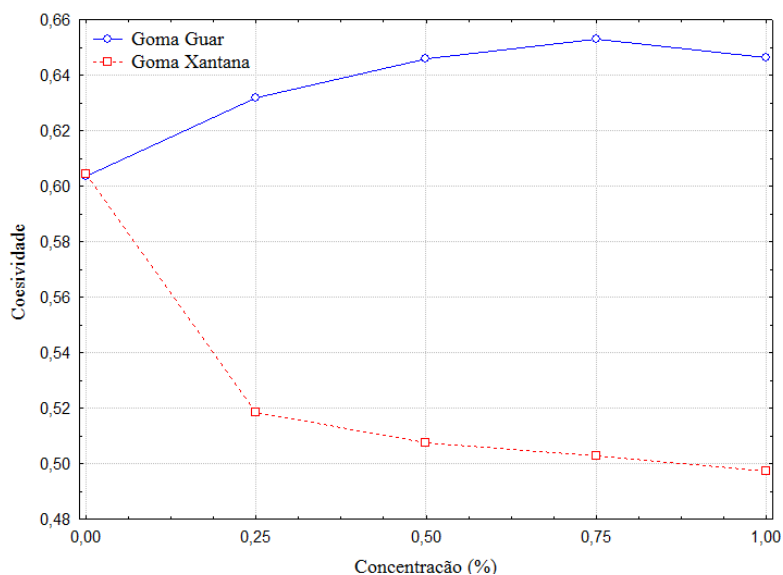
Os resultados mostram que a goma guar apresenta influência na textura dos géis de amido de araruta, causando aumento gradual na dureza com o aumento da concentração deste hidrocolóide.

Esse aumento provavelmente se deve as interações entre a goma e o amido, de forma que a goma guar não envolve os grânulos durante a gelatinização, permitindo que esses incham livremente antes do seu colapso físico, o qual permite liberação de moléculas de amilose para a fase dispersa, enquanto a goma guar continua localizada na fase contínua. Após a gelatinização ocorre a formação da rede de gel e, quanto maior a rede formada maior é a firmeza dos géis. A presença da goma no sistema fortalece a rede de gel por interações moleculares o que torna os géis mais rígidos, o que é evidenciado nos ensaios de sinerese do presente estudo onde maiores concentrações minimizam a retrogradação dos géis prevenindo a liberação de água até o 5º dia de avaliação (CHAIWANG e SUPHANTHARIKA, 2006; CHAROENKUL, et al., 2011).

Kim e Yoo (2006), relatam que esse comportamento ocorre devido a capacidade da galactomanana goma guar afetar a gelatinização e a retrogradação do amido através de fortes

associações entre a amilose e a goma, resultando numa diminuição de sua retrogradação. Esses autores relatam ainda que o aumento da viscosidade da mistura amido-galactomanana é atribuído ao aumento da concentração de goma na fase contínua devido ao inchamento dos grânulos de amido durante a gelatinização.

Figura 15. Gráfico para a resposta coesividade dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.



Também é possível observar através destes resultados que a adição de pequena concentração de goma xantana (0,25 %) ocasionou um súbito aumento na dureza dos géis e à medida que a concentração deste hidrocolóide aumenta a partir desta concentração uma diminuição gradual na dureza é observada (efeito quadrático).

Parte desses resultados pode ser explicado levando-se em consideração que as moléculas de goma xantana, devido a sua propriedade iônica, tendem a envolverem os grânulos de amido, diminuindo o inchamento e a solubilidade destes e conseqüentemente menor lixiviação da amilose. No entanto para um maior envolvimento dos grânulos maiores concentrações dessa goma são necessárias devido a proporção de grânulos em suspensão (CHAI SAWANG & SUPHANTHARIKA, 2006).

Assim, possivelmente, a maior dureza dos géis com menor concentração de goma xantana se deve ao envolvimento de menor quantidade de grânulos permitindo assim que aqueles que não foram envolvidos inchem livremente e em maior extensão causando maior ruptura dos grânulos e, maiores concentrações de amilose na fase contínua. Dessa forma, os géis com menor concentração tendem a se tornar mais rígidos pois, durante a gelatinização maior número de grânulos podem inchar até a sua ruptura e maior proporção de amilose lixiviada estará presente na fase contínua, resultando em géis mais firmes. A medida que a

concentração de xantana aumenta menor número de grânulos se rompem e consequentemente menor teor de amilose estará livre no sistema e portanto a rigidez dos géis será menor.

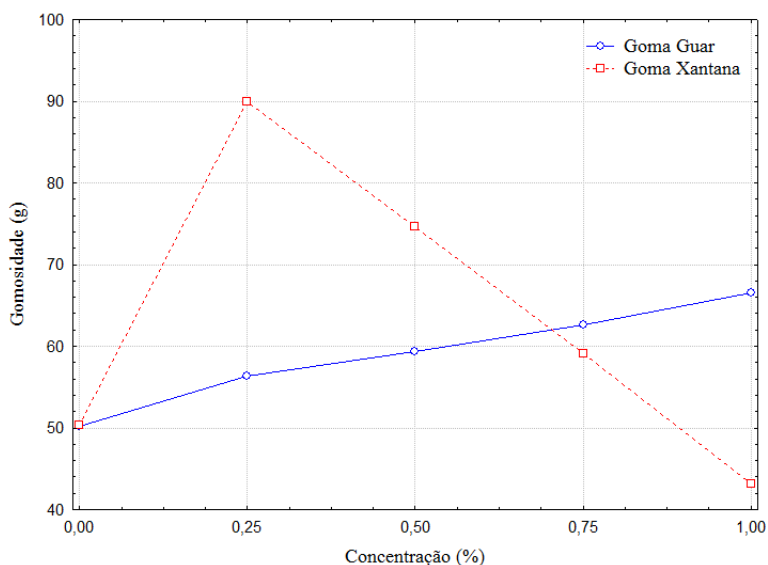
É importante destacar que entre os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais para a variação da dureza em função da concentração, apenas o modelo para adição de goma guar pode ser adequado dentro do intervalo estudado, sendo o modelo ajustado para adição de goma xantana inadequado pelo fato de apresentar falta de ajuste significativa e com o SQ da falta de ajuste representando mais de 10% do SQ da regressão.

Os resultados mostraram que a adição de goma guar apresenta influência direta na coesividade dos géis de amido de araruta, de maneira que aumentam com a adição da goma até a concentração de 0,75 %, havendo após este um pequeno decréscimo (efeito quadrático). Esse comportamento possivelmente ocorre devido ao aumento da goma na fase contínua tornando os géis menos quebradiços. A maneira que aumenta a concentração até 0,75 % os géis se tornam mais coesos, isto é possui maior força de ligações internas, a assim maior resistência a desintegração estrutural (CHAI SAWANG & SUPHANTHARIKA, 2006; BOURNE, 2002).

É possível observar na Figura 15 que a goma xantana apresentou um comportamento inverso ao observado para goma guar. O aumento da concentração de goma xantana ocorreu uma diminuição da coesividade. Esses resultados indicam que, a adição de goma xantana, reduz as forças de ligação interna, diminuindo a resistência à desintegração estrutural. Esse comportamento possivelmente se deve a menor lixiviação de moléculas de amilose responsáveis por fortalecerem as ligações internas dos géis de amido (CHAI SAWANG e SUPHANTHARIKA, 2006).

A gomosidade é caracterizada como a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido para ser engolido sem ser mastigado e também visto como a força necessária para desintegrar o material. Para este parâmetro a adição de goma guar apresentou grande influência, de maneira que maiores concentrações apresentam maiores necessidades energéticas para desintegrar os géis (Figura 16). Os resultados de dureza e gomosidade apresentam uma boa correlação, ou seja com o aumento da dureza, consequentemente houve aumento da gomosidade. Esse comportamento é governado pelas mesmas interações que governam a dureza e coesividade, pois a gomosidade é um produto destes dois parâmetros.

Figura 16. Gráfico para a resposta gomosidade dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana em função da concentração.



Para géis adicionados de goma xantana, houve um aumento brusco na gomosidade daqueles com 0,25 % da goma, no entanto a medida que a concentração foi aumentada esse parâmetro apresentou uma diminuição gradual. Esse comportamento se deve possivelmente pelas mesmas interações que influenciaram a dureza e coesividade dos géis com xantana, como envolvimento dos grânulos e restrição do inchamento com consequente redução de amilose lixiviada.

É importante destacar que entre os modelos estatísticos propostos para prever a gomosidade em função da concentração e goma adicionada, apenas o modelo para géis adicionados de goma guar é adequado, sendo o modelo ajustado para adição de goma xantana inadequado, pois, apresenta falta de ajuste significativa com o SQ da falta de ajuste representando mis de 10% do SQ da regressão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O amido em estudo apresentou em sua caracterização química, elevado conteúdo de amido total e baixos teores de lipídeos, proteínas e cinzas, proporcionando amido com elevado teor de pureza. O teor de amilose encontrado foi de 27,35 %.

O amido de araruta apresentou cristalinidade do tipo C e dentro da faixa do índice cristalinidade (IC) para amidos nativos demonstrando que o mesmo estava livre de qualquer tipo de modificação. O poder de inchamento e índice de solubilidade apresentaram pequenas variações em temperaturas inferiores a 60 °C e um súbito aumento entre as temperaturas de 60 °C e 90°C.

A adição dos hidrocolóides goma guar e goma xantana apresentaram grande influência na estabilidade dos géis de amido estudados, demonstrando ser capaz de reduzir a sinerese apresentando-se como uma alternativa para aumentar a estabilidade dos géis avaliados.

A adição dos hidrocolóides goma guar e goma xantana nos géis, mostraram uma grande influência nos parâmetros de textura: dureza, coesividade e gomosidade, no entanto não apresentaram nenhum efeito na elasticidade dos géis.

Assim conclui-se que a adição dos hidrocolóides apresentam grandes influências nas propriedades de textura (dureza, elasticidade e gomosidade) e na sinerese dos géis de amido de araruta, com a capacidade de aumentar sua estabilidade durante o armazenamento refrigerado por até cinco dias.

7 REFERÊNCIAS

- ACHAYUTHAKAN, P.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by guar gum and xanthan gum. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, n. 1, p. 9-17, 2008.
- ALMEIDA, E. C. **Amido modificado de taro (Colocasia esculenta L. Schott): Propriedades funcionais**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- AOAC- Association of Official Analytical Chemists: “**Official Methods of Analysis**”, Gaithersberg, USA, 1997.
- AROCAS, A.; SANZ, T.; FISZMAN. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 8, p. 2478-2484, 2009.
- BELLO-PEREZ, L. A., Agama-Acevedo, E., Sanchez-Hernandez, L., & Paredes-Lopez, O. Isolation and partial characterization of banana starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47, 854–857, (1999).
- BELLO-PÉREZ, L.A.; MONTEALVO, M.G.M.; ACEVEDO, E.A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, cap. 1, p. 17-46, 2006.
- BEMILLER, J. N. Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 2, p. 386-423, 2011.
- BEMILLER, J. N. Starch Modification: Challenges and Prospects. **Starch/Starke**, v. 49, p. 127-131, 1997.
- BILLIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, Birmingham, v. 69, n. 1, p. 60-78, 1991.
- BILLIADERIS, C. G.; ARVANITOYANNIS, I.; IZYDORCZYK, M. S.; PROKOPOWICH, D. J. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 49, n 7/8, p. 278 – 283, 1997.
- BLAZEK, J.; COPELAND, L. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. **Carbohydrate Polymers**, v. 71, p. 380-387, 2008.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Physiol.**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo:Varela, 2001.
- BONOMO, P. **Curso de Estatística Aplicada**, 2012. Apostila dos cursos Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, UESB, 2012.
- BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic, 2002.
- BRASIL. Decreto nº 12.486, 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas**. Diário Oficial do estado de São Paulo, 21 de outubro de 1978. P. 20.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 20**, de 21 de jul. de 1999. Oficializa os métodos analíticos físico-químicos, para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. Diário oficial da União. Brasília, DF, 27 jul. 1999.

- CEREDA, M. P - “**Propriedades gerais do amido**”, Fundação Cargill, São Paulo, 2001.
- CEREDA, M. P.; GUERREIRO, L. M. R.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Extração e Caracterização do Amido de Biri (*Cannaedulis*). **Brazilian Journal of food technology**, São Paulo, v. 5, p. 27-32, 2002.
- CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 641 – 649, 2006.
- CHAROENKUL, N; UTTAPAP, D; PATHIPANAWAT, W; TAKEDA, Y. Physicochemical characteristics of starches and flours from cassava varieties having different cooked root textures. **LWT-Food Science and Technology**, v. 40, p. 1774-1781, 2011.
- CHAROENREIN, S.; TATIRAT, O.; RENGSUTTHI, K.; THONGNGAN. Effect of konjac glucomannan on syneresis, textural properties and the microstructure of frozen rice starch gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n.1, p. 291-296, 2011.
- CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.
- CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. - **Polímeros**, 15, p.268, 2005.
- COSTA, R. A. S.; VELOSO, C. M.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, R. C. F. Composição centesimal da fécula de araruta variedade comum. In: Congresso Brasileiro de Química, 54°, 2014, Natal/Rio Grande do Norte. *Anais...* Natal, ABQ, 2014. 2.
- COULTATE, T. P. **Alimentos: A química de seus componentes**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 368, 2004.
- CRUZ, B. R.; ABRAÃO, A. S.; LEMOS, A. M.; NUNES, F. M. Chemical composition and functional properties of native chestnut starch (*castanea sativa* Mill). **Carbohydrate Polymers**, v. 24, n. 1, p. 594-602, 2013.
- DAMODARAN, S; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 900p. 2010.
- DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**. v.17, n. 1, p.25-39, 2003.
- ELIASSON, A. C. **Starch in food: Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, p.605, 2004.
- ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 664p., 1996.
- ELLIS, R. P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. Starch production and industrial use. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v. 77, n. 3, p. 289 - 311, 1998.
- FAN, D., MA, W., WANG, L., HUANG, J. Determination of structural changes in microwaved rice starch using Fourier transform infrared and Raman spectroscopy. **Starch/Starke**, 64, 598 – 606, 2012.
- FERRARI, T. B.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. Características dos rizomas e do amido de araruta (*Maranta arudinacea*) em diferentes estádios de maturação da planta. **Brazilian journal of food technology**. V. 8, n. 2, p. 93-98, 2005.

- FERRERO, C.; MARTINO, M. N.; ZARITSKY, N. E. Cornstarch-xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspensions. **Starch/Starke**, v.46, p.300-308, 1994.
- FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R. DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P. VILPOUX, O. F. SARMENTO, S. B. S. **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002.
- FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades do Amido. **In: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido**. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, 2001.
- FUNAMI, T. Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 8, 1904-1914, 2011.
- FUNAMI, T.; KATAOKA, Y.; OMOTO, T.; GOTO, Y. ASAI, I.; NISHINARI, K. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behavior of corn starch. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 1, p. 15 – 24, 2005.
- GEISE, J. Developments in beverage additives. **Food Technology**, v. 49, n.9, p. 64-72, 1995.
- GONERA, A.; CORNILLON, P. Gelatinization of Starch/Gum/Sugar Systems Studied by using DSC, NMR, and CSLM. **Starch/Särke**, Weinheim, v. 54, n. 11, p. 508 – 516, 2002.
- HAYAKAWA, K. et al. Quality characteristics of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.): properties of starch gelatinization and retrogradation. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 576-580, 1997.
- HERNÁNDEZ-MEDINA, M; TORRUCO-UCO, J.G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCORA, D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados em Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008.
- HEYMAN, B.; BOCKSTAELE, F. V.; WALLE, D. V.; DEWETTINCK. Long-term stability of waxy maize starch/xanthan gum mixtures prepared at a temperature within the gelatinization range. **Food Research international**, v. 55, p. 229-238, 2014.
- HEYMAN, B.; VOS, W. H.; MEEREN, P. V.; DEWETTINCK. Gums tuning the rheological properties of modified maize starch pastes: Differences between guar and xanthan. **Food Hydrocolloids**, v. 39, p. 85-94, 2014.
- HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, v.45, p. 253-267, 2001.
- HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2 ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1994, p 378.
- IMESON, A. **Food stabilizers, thickeners and gelling agents**. Reino Unido: 1. Ed, Wiley Blackweel, 365p. 2010.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 1020 p., 2008.
- ISO. Sensory Analysis - Vocabulary. **International Organization for Standardization**, ISO5392:1992, 1992.

- JENSEN, S.; GROSSMANN, M. V. E; MALI, S. Microestrutura e estabilidade de filmes de amido de mandioca adicionados de emulsificantes com diferentes equilíbrios hidrofílico/ lipofílico. **Brazilian Journal of food technology**, v 12, n.2, p. 97-105, abr/ jun. de 2009.
- JIAN, H.; ZHU, L.; ZHANG, W.; SUN, D.; JIANG, J. Galactomannan (from *Gleditsia sinensis* Lam.) and xanthan gum matrix tablets for controlled delivery of theophylline: In vitro drug release and swelling behavior. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 3, p. 2176-2182, 2012.
- JYOTHI, A. N.; SAJEEV, M. S.; SREEKUMAR, J. N. Hydrothermal Modifications of Tropical Tuber Starches. Effect of Heat-Moisture Treatment on the Physicochemical, Rheological and Gelatinization Characteristics. **Starch/ Stärke**, n. 62, p. 28 – 40, 2010.
- KIM, C.; YOO, B. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, n. 1, p. 120 – 128, 2006.
- KIM, H. S.; PATEL, B.; BEMILLER, J. N. Effects of the amylose–amylopectin ratio on starch–hydrocolloid interactions. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 2, p. 1438-1448, 2013
- KRUGER, A.; FERRERO, C.; ZARITZKY, N. E. Modelling corn starch swelling in batch systems: effect of sucrose and hydrocolloids. **Journal of Food Engineering**, v. 58, n. 2, p. 125-133, 2003.
- LACOURSE, N. L.; ALTIERI, P. A. Biodegradables haped products and method of preparation there of. **European Patente**, 0.376.201, 1989.
- LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 648p., 2006.
- LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, p.534–538, 1959.
- LEE, M. H.; BAEK, M. H.; CHA, D. S.; PARK, H. J.; LIM, S. T. Freeze – thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 4, p. 345 – 352, 2002.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.65-69, jan.-abr., 2002.
- LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; FERRARI, T. B. Aproveitamento do gengibre (*Zingiber officinale*) de qualidade inferior como matéria-prima amilácea. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 1, p. 9-18, 2005.
- Lima, B. N. B., Cabral, t. B., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Estudo do Amido de Farinhas Comerciais Comestíveis. **Polímeros**, 22, 486-490, 2012.
- LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, v. 56, n.3-4, p. 89-99, 2004.
- MANDALA, I.G.; PALOGOUE, E.D.; KOSTAROPOULOS, A. E. Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan-starch mixtures. **Journal of Food Engineering**, v. 53, p. 27-38, 2002.
- MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades Químicas e Tecnológicas do amido de Mandioca e do Polvilho Azedo**. Florianópolis: UFSC, p.101, 2007.
- MARTINEZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. Guia de estudo, CIAT, 1989.

- MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 101p. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.
- MEULLENET, J. F. C.; CARPENTER, J. A.; LYON, C. E. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. **Journal Sensory Studies**. Trumbull. v.13, p. 77-93, 1997.
- MILES, M. J.; MORRIS, V. J.; ORFORD, D.; RING, S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research**, v.135, p.271-281, 1985.
- MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Cultura da araruta, **In: CEREDA, M. P. (Coord.) Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil. p.440-447, 2002.
- MOORTHY, S. N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. **Starch/ Stärke**, Weinheim, v. 54, n. 12, p. 559-592, 2002.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Rheology of commercial chestnut flour doughs incorporated with gelling agentes. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1361-1371, 2011.
- MUADKLAY, J.; CHARINREIN, S. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze–thaw stability of tapioca starch gels. **Food Hydrocolloids**, 22, 1268-1272, 2008.
- MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p.403-406, 2004.
- NAVAS, H. C.; HERNANDES-JAIME, C.; UTRILLA-COELHO, R. G.; MERAZ, M.; VERNON-CARTER, E. J.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Viscoelastic relaxation spectra of some native starch gels. **Food Hydrocolloids**, v. 37, p. 25-33, 2014.
- NEVES, M. C. P.; COELHO, I. S.; ALMEIDA, D. L. Araruta: Resgate de um cultivo tradicional. **Comunicado Técnico 79**. Seropédica- RJ: EMBRAPA, p.4, 2005.
- OLIVEIRA, M. A.; LEONEL, M. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Raízes amidos tropicais**. Botucatu, v.1, p. 49-68, outubro 2005.
- OLIVEIRA, T. M. **Desenvolvimento e avaliação de filme biodegradável de polietileno incorporado de amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. 127f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physicalchemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 1-17, 2001.
- PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. Dissertação Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos–Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2003.
- PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006.
- PONS, M.; FISZMAN, S.M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**, v. 27, n.6, p. 597-624, 1996.

- POOJA, D.; PANYARAM, S.; KULHARI, H.; RACHAMALLA, S. S.; SISTLA, R. Xanthan gum stabilized gold nanoparticles: Characterization, biocompatibility, stability and cytotoxicity. **Carbohydrate Polymers**, v. 110, p. 1-9, 2014.
- RIBEIRO, A. P. L. **Estudos dos amidos de mandioca nativo, modificado e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. Tese: (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) da Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2011.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- RICKARD, J. E.; ASOAKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v. 31, n. 22, p. 189-207, 1991.
- ROCHA, T. S.; DEMIATE, I.M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico químicas de amidos de mandiocinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n.3, p. 620-628. jul.- set. 2008.
- ROSALAM, S.; INGLATERRA, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39, n. 2, p. 197-207, 2006.
- ROSENTHAL, A. J. Relación entre medidas instrumentales y sensoriales de la textura de alimentos. Em Rosenthal, A. J. (Eds), **Textura de los alimentos: Medida y percepción** (1st ed, pp. 1-17). Zaragoza – España, ST: Editorial ACRIBIA, S.A. (2001).
- SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch – a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 5, n. 1, p. 1–17, 2006.
- SANDERSON, G.R. Gums and their use in food systems. **Food Technology**, v. 50, n. 3, p. 81-84, 1996.
- SANDHU, K. S.; SINGH, N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1499-1507, 2007.
- SCHIRMER, M.; HOCHSTOTTER, A.; JEKLE, M.; ARENDT, E.; BECKER, T. Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 52-63, 2013.
- SHI, X.; BEMILLER, J. N. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. **Carbohydrate Polymers**, v. 50, n. 1, p. 7-18, 2002.
- SILVA, W. A.; PEREIRA, J.; CARVALHO, W. P.; FERRUA, F. Q. Determinação da cor, imagem superficial topográfica e Angulo de contato de biofilmes de diferentes fontes de amido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 154-163, 2007.
- SING, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S; GILL, B.S. Review: morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, p.219-231, 2003.
- SINGH, N.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v.63, n.4, p.441-449, 2004.
- SWEEDMAN, M. C.; TIZZOTTI, M. J.; SCHAFER, C.; GILBERT, R. G. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starchs: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, p. 905-920, 2013.

- TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. **International Dairy Journal**, v.16, n.9, p.1104-1112, 2006.
- TENG, L. I.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels. I. Optimisation using response surface methodology. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 6, p. 1530-1537, 2011.
- TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Review: Starch composition fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151-165, 2004.
- THARANATHAN, R.N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, p.65-84, 2002.
- TORRE-GUTIÉRREZ, L.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BENTACUR-ANCONA, D. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, v. 106, n. 3, p. 1138-1144, 2008.
- TORRES, M. D.; MOREIRA, R.; CHENLO, F.; MOREL, M. H. Effect of water and guar gum content on thermal properties of chestnut flour and its starch. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 2, p. 192-198, 2013.
- TORRUCO-UCO, J.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1319–1326, 2007.
- VAN SOEST, J. J. G & VLIEGENTHART, J. F. G. Crystallinity in starch plastics: Consequences for material properties – **Trends Biotechnol**, v. 15, p.208 - 2013, 1997.
- VIEBKE, C.; AL-ASSAF, S.; PHILLIPS, G. O. Food hydrocolloids and health claims. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 4, n. 2, p. 101-114, 2014.
- WANG, L. Z.; WHITE, P. J. Structure and physicochemical properties of starches from oat with different lipid contents. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 5, p. 443- 450, 1994;
- WEBER, F. H. **Interação físico-química entre amidos de milho e hidrocolóides (goma guar e xantana) e seus efeitos nas propriedades funcionais**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado. Campinas, SP; 2005.
- WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica, e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, vol.29, n.4, p. 748-753, out./dez., 2009.
- WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante o processo de congelamento e descongelamento. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, vol.28, n.2, p. 413-417, 2008.
- WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. St Paul: Eagan Press, 1997. 241 p.
- WU, H.C.H.; SARKO, A. The double-helical molecular structure of crystalline A-amylose. **Carbohydrate Research**, v. 61, p. 27-40, 1978.
- XIE, F.; YU, L. SU, B.; LIU, P.; WANG, J.; HONGSHEN, L.; CHEN, C. Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 3, p. 371-377, 2009.

- YAMIM, F. F.; LEE, M.; POLLAK, L. M.; WHITW, P. J. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B37. **Cereal Chemistry**, v.76, n.2, p.175-11, 1999.
- ZAVAREZE, E. R.; STORCK, C. R.; CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R. G. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. **Food Chemistry**, v. 121, p.358-365, 2010.
- ZAVAREZE, E. R.; PEREIRA, J. M.; MOURA, F. A.; SPIER, R.; HELBIG, E.; DIAS, A. R. G. Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotermicamente. **Brazilian Journal of Food Technology**, III SSA, 2010.
- Zeng, J., Li, G., Gao, H., Ru, Z., Comparison of A and B Starch Granules from Three Wheat Varieties. **Molecules**, v. 16, p. 10570-10591, 2011.
- ZHOU, M. et al. Structure and Pasting Properties of Oat Starch. **Cereal Chemistry**, v.75, n.7, p 273-281,2002.
- Zobel, H. F. - "X-ray analysis of starch granules". in: **Methods in carbohydrates chemistry**, p.109-143, Academic Press, New York (1964).
- ZOBEL, H. F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods Word**. V.33, p.306-311, 1988.

8 ANEXOS

ANEXO I - Quadros de ANOVA para verificação de significância de tratamentos para Sinerese de géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma xantana respectivamente.

FV	GL	SQ	QM	F	P
GG					
Tratamentos	24	157,6733	6,5697	666,93	<,0001
Resíduos	50	0,4925	0,0099		
Total	74	158,1658			

FV	GL	SQ	QM	F	P
GX					
Tratamentos	24	151,5921	6,3163	658,05	<,0001
Resíduos	50	0,4799	0,0096		
Total	74	152,0720			

ANEXO II - Quadros de ANOVA para verificação de significância de tratamentos para dureza, elasticidade, coesividade e gomosidade respectivamente dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Dureza					
Tratamentos	9	25399.2679	2822.1409	2676.71	<,0001
Resíduos	20	21.0867	1.0543		
Total	29	25420.3546			

FV	GL	SQ	QM	F	P
Elasticidade					
Tratamentos	9	0.00103	0.00011	1,56	0.1945
Resíduos	20	0.00146	0.00007		
Total	29	0.00249			

FV	GL	SQ	QM	F	P
Coesividade					
Tratamentos	9	0.11728	0.01303	114,98	<,0001
Resíduos	20	0.00227	0.00011		
Total	29	0.11955			

FV	GL	SQ	QM	F	P
Gomosidade					
Tratamentos	9	4849.6602	538.8511	502.28	<,0001
Resíduos	20	21.4564	1.0728		
Total	29	4871.1166			

ANEXO III - Quadros de ANOVA para verificação de significância de interação goma x interação para dureza, coesividade e gomosidade respectivamente dos géis de amido de araruta variedade comum com adição de goma guar e goma xantana.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Dureza					
Goma	1	5582.5793	5582.5793	5294.89	<,0001
Concentração	4	8859.3070	2214.8268	2100.69	<,0001
Goma x Concentração	4	10957.3817	2739.3454	2598.18	<,0001
Resíduos	20	21.0867	1.0543		
Total	29	25420.3546			

FV	GL	SQ	QM	F	P
Coesividade					
Goma	1	0.0897	0.0897	791.06	<,0001
Concentração	4	0.0037	0.0009	8,19	0,0004
Goma x Concentração	4	0.0239	0,0060	52,75	<,0001
Resíduos	20	0.00227	0.00011		
Total	29	0.11955			

FV	GL	SQ	QM	F	P
Gomosidade					
Goma	1	163.2867	163.2867	152.20	<,0001
Concentração	4	1963.7332	490.9333	457,61	<,0001
Goma x Concentração	4	2722.6403	680.6601	634.46	<,0001
Resíduos	20	21.4564	1.0728		
Total	29	4871.1166			