



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

**ESTUDO PARA FINS INDUSTRIAIS DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO
AMIDO NATIVO E MODIFICADO HIDROTERMICAMENTE, PROVENIENTES
DE BANANA VERDE, VARIEDADE 'PRATA'**

MARIA CLIMENE BEZERRA DE MEDEIROS ALMEIDA

POMBAL-PB

2013

MARIA CLIMENE BEZERRA DE MEDEIROS ALMEIDA

**ESTUDO PARA FINS INDUSTRIAIS DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO
AMIDO NATIVO E MODIFICADO HIDROTERMICAMENTE, PROVENIENTES
DE BANANA VERDE, VARIEDADE ‘PRATA’**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande. Linha de Pesquisa – Produção e Tecnologia Agroindustriais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mônica Tejo Cavalcanti

POMBAL-PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG

DIS

A447e

Almeida, Maria Climene Bezerra de Medeiros.

Estudo para fins industriais das propriedades funcionais do amido nativo e modificado hidrotermicamente, provenientes de banana verde, variedade 'prata'/ Maria Climene Bezerra de Medeiros Almeida. – Pombal, 2013.

125f.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Mônica Tejo Cavalcanti".

Referências.

1. Banana Verde – *Musa AAB Prata*. 2. Amido Nativo – Propriedade Funcional. 3. Tratamento Térmico em Baixa Umidade. I. Cavalcanti, Mônica Tejo. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 634.773

MARIA CLIMENE BEZERRA DE MEDEIROS ALMEIDA

**ESTUDO PARA FINS INDUSTRIAIS DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO
AMIDO NATIVO E MODIFICADO HIDROTERMICAMENTE, PROVENIENTES
DE BANANA VERDE, VARIEDADE 'PRATA'**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, da Universidade Federal de Campina Grande. Linha de Pesquisa – Produção e Tecnologia Agroindustriais

APROVADA EM ____/____/____

NOTA: _____(_____)

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mônica Tejo Cavalcanti - UATA/ CCTA UFCG
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Alfredina dos Santos Araújo - UATA/ CCTA UFCG
Examinadora Interna

Prof^a. Dr^a. Eliane Rolim Florentino - NUPEA/DQ/CCT/UEPB
Examinadora Externa

Prof^a. Dr^a. Isanna Menezes Florencio - NUPEA/DQ/CCT/UEPB
Examinadora Externa

À Deus
À minha mãe
À minha tia Zeta,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo incentivo e por sempre alertar que só através do conhecimento seria possível conquistar nossos sonhos. Em especial agradeço a minha mãe Ediana Medeiros que de forma incansável sempre buscou recursos para que meus estudos fossem possíveis.

A minha tia Zeta Medeiros que me acolheu como filha e cuidou para que os meus objetivos como estudante fossem alcançados.

Ao meu querido esposo Halan Pereira pela sua incansável compreensão durante minhas ausências, pelo seu apoio e por sempre compartilhar minhas angustias e tristezas. A você meu querido toda a minha gratidão e conquistas.

Ao meu filho Eduardo Medeiros que apesar da pouca idade entendia minha ausência para dedicar-me aos estudos e pesquisas. Por você meu amor, todo o meu sacrifício.

Aos meus amados irmãos, Denilton Medeiros, Maraiza Medeiros e Clúcia Medeiros, pela união imprescindível para vencer os obstáculos, pelo incentivo e pelas ações e palavras necessárias para seguir.

A minha orientadora Mônica Cavalcanti. Anjo colocado por Deus em meu caminho, muito obrigada pela parceria, compreensão e amizade, sem você esse projeto não se concretizaria.

A professora Alfredina Santos, pelo incentivo, contribuição e amizade.

As professoras Eliane Rolim e Isanna Florencio por aceitarem fazer parte deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho (Joyce, Roberta, Daniel, Evertinho, Jeanne, Emanuel, Wélida, Francisco, Tiago e Andrezinho) pelo incentivo e ajuda. Não poderia deixar de destacar as colegas e grandes amigas Sabrina Santos e Fabiola Farias que me ajudaram durante a pesquisa. Obrigada meninas pela disponibilidade e troca de conhecimentos.

A Luiz Fernando e a professora Andréia Brandão por disponibilizar o Laboratório de Análises de Água para que eu pudesse realizar algumas análises, bem como, pelo apoio e carinho.

Agradeço ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA pela oportunidade e apoio.

Ao Coordenador Administrativo Paulo Xavier pelo apoio.

A Geraildo pela ajuda durante os trabalhos no laboratório.

A minha amiga, Lucineide Gomes, por cuidar de Eduardo sempre com carinho e paciência, me tranquilizando por saber que meu filho estava em boas mãos.

OBRIGADA!

RESUMO

ALMEIDA, Maria Climene Bezerra de Medeiros. **Estudo para fins industriais das propriedades funcionais do amido nativo e modificado hidrotérmicamente, provenientes de banana verde, variedade ‘prata’**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal.

Os frutos da bananeira representam o quarto maior produto mais importante comercializado no mundo. O Brasil, um dos maiores produtores mundiais de banana, é também um dos que apresenta maior desperdício. Visando à diminuição dessas perdas, a banana ainda verde, vem sendo considerada como um produto ideal para ser industrializado, por conter uma grande quantidade de amido, sendo parte desse amido considerado amido resistente com efeitos fisiológicos similares aos da fibra alimentar. Assim, esse trabalho objetiva extrair o amido da banana verde (*Musa* AAB, Prata) e modificar hidrotérmicamente por dois métodos distintos. A partir dos amidos obtidos, avaliar as propriedades funcionais e sua possível utilização como ingrediente no processamento de alimentos. Para a extração do amido a polpa da banana verde foi tratada com solução de bissulfito 1%. Para a modificação hidrotérmica por Tratamento Térmico em Baixa Umidade (TTBU), a umidade do amido foi ajustada para 15%, 20% e 25%. Para a modificação por *annealing* (ANN), o amido foi tratado com excesso de água em banho-maria em temperaturas de 45, 50 e 55 °C por 16 horas. O amido nativo e os amidos modificados foram analisados físico-quimicamente e os resultados comparados ao amido de milho. As propriedades funcionais também foram analisadas. O rendimento de extração foi de 23,80%, com boa qualidade. O teor de amido resistente com a modificação por TTBU 25% foi reduzido em relação ao amido nativo de 24,92% para 20,74% e, aumentou com a modificação por ANN 50 °C para 26,95%. O TTBU 25% aumentou o teor de amilose em relação ao amido nativo de 42,13% para 47,10%, já o ANN 50 °C reduziu este componente para 38,60%. O poder de intumescimento (PI) foi reduzido nos amido modificados por TTBU. O ANN aumentou o PI dos amidos a 70 °C. Os amidos da banana verde mostraram-se menos solúvel que o amido de milho comercial. O TTBU 25% aumentou a capacidade de absorção de água (CAA) em 34,85% e a capacidade de absorção de óleo (CAO) em 14,20% em relação ao amido nativo. O ANN 50 °C reduziu o CAO em 3,55%. As modificações aumentaram a concentração mínima de formação de gel (GLC), sendo registrado aumento de 6% (amido nativo) para 12% (TTBU 25%). Todos os amidos modificados apresentaram clareza da pasta superior aos valores apresentados pelo amido nativo de banana. Os tratamentos hidrotérmicos promoveram redução na sinérese, sendo essa redução mais acentuada para o amido modificado por ANN 55°C com redução de 45,22% em relação ao amido nativo. Com o ANN os amidos passaram a ter sinérese semelhante ao amido de milho comercial, analisado para fins de comparação. Considerando-se a qualidade, o rendimento de extração, o teor de amido resistente e as propriedades funcionais que apresentaram variados resultados frente às modificações. Pode-se concluir que o amido proveniente da banana verde ‘Prata’ é viável tecnologicamente, podendo servir de ingrediente em variados segmentos da indústria alimentícia.

Palavras-chaves: tratamento térmico em baixa umidade. *annealing*. amido resistente. sinérese

ABSTRACT

ALMEIDA, Maria Climene Bezerra de Medeiros. **Study for industrial application of the functional properties of native and hydrothermally modified starch from green banana, lady's finger kind.** 2013. 125 f. Dissertation (Master's degree) – Postgraduate Program in Agroindustrial Systems. Federal University of Campina Grande, Pombal.

Banana fruits represent the fourth largest most important product commercialized worldwide. Brazil is one of the largest banana producers in the world and is also one of the countries that waste the most. Aiming to reduce wastage, green banana has been considered an ideal product to be industrialized, because it contains a large amount of starch, which part of it is considered resistant starch, with physiological effects similar to those of alimentary fiber. Given this, the present work aims to extract starch from green banana (lady's finger kind) and modify it hydrothermally by two distinct methods. From the starches obtained were evaluated the functional properties and their possible use as an ingredient in food processing. For the extraction of the starch, the green banana pulp was treated with bisulfite solution 1%. For hydrothermal modification by heat moisture treatment (THM), the starches had their moisture adjusted to 15%, 20% and 25%. For modification by annealing (ANN), the starch was treated with excess of water in a water bath at temperatures of 45, 50 and 55 °C for 16 h. The native and modified starches were analyzed physico-chemically and the results were compared with the corn starch. The functional properties were also analyzed. The extraction yield was 23.80%, with good quality. The resistant starch content with the modification by THM 25% got reduced compared to the native starch from 24.92% to 20.74% and increased with the modification by ANN 50 °C to 26.95%. The THM 25% increased amylose content compared to native starch from 42.13% to 47.10%, while the ANN 50 °C reduced it to 38.60%. The swelling power (SP) was reduced in starch modified by THM. The ANN increased the SP of the starches at 70 °C. The green banana starches were less soluble than commercial corn starch. The TTLH 25% increased the capacity of water absorption (CWA) in 34.85% and the oil absorption capacity (OAC) in 14.20% compared to native starch. The ANN 50 °C reduced the OAC in 3.55%. The modifications increased the minimum concentration of gel formation (CGF) and recorded increase of 6% (native starch) to 12% (THM 25%). All modified starches showed pulp clarity greater than the values for banana native starch. The hydrothermal treatments promoted a reduction in syneresis and this reduction was more pronounced in the starch modified by ANN 55 °C, with a reduction of 45.22% compared to the native starch. After the ANN, the starches obtained syneresis similar to commercial corn starch, analyzed just for comparison. Considering quality and yield of extraction, resistant starch content and functional properties that showed varied results after modifications, it was concluded that the starch from the green banana (lady's finger kind) is technologically feasible and it can be used as an ingredient in various segments of the food industry.

Keywords: Heat moisture treatment. Annealing. Resistant starch. Syneresis

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AACC	American Association Cereal Chemists
ABPN	Amido de Banana Prata Nativo
AFM	Microscopia de Força Atômica
AM	Amido de Milho
ANN	<i>Annealing</i>
ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Official Methods of Analysis
AR	Amido Resistente
b.s	base seca
CAA	Capacidade de Absorção de Água
CAO	Capacidade de Absorção de Óleo
CCTA	Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
DSC	Calorimetria Diferencial de Varredura
EDS	Espectroscopia de Energia Dispersiva
GLC	Concentração Mínima de Formação de Gel
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
PI	Poder de Inchamento
TEM	Microscopia Eletrônica de Trasmisão
TTBU	Tratamento Térmico em Baixa Umidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura linear da amilose.....	6
Figura 2 – Estrutura ramificada da amilopectina	6
Figura 3 – Bananas verde Pombal-PB.....	29
Figura 4 – Determinação da firmeza da banana	30
Figura 5 – Etapas de extração do amido da banana verde.....	21
Figura 6 – Comparação do rendimento de extração do amido da banana verde e outras fontes botânicas	29
Figura 7 – Poder de inchamento (a) e solubilidade (b) em função da temperatura do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana modificado fisicamente por TTBU.....	39
Figura 8 – Poder de inchamento (a) e solubilidade(b) em função da temperatura do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por <i>annealing</i> (ANN).	41
Figura 9 – Poder de inchamento (a) e solubilidade(b) em função do pH do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.	42
Figura 10 – Poder de inchamento (a) e solubilidade (b) em função do pH do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por <i>annealing</i> (ANN).	44
Figura 11 – Sinérese dos géis do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.	53
Figura 12 – Sinérese dos géis do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por <i>annealing</i> (ANN).	56
Figura 13 – Grânulos do amido da banana verde nativo.....	69
Figura 14 – Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 15%.....	69
Figura 15 – Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 20%.....	70
Figura 16 – Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 25%.....	70
Figura 17 – Grânulos do amido da banana modificado por ANN 45 °C.....	70
Figura 18 – Grânulos do amido da banana modificado por ANN 50 °C.....	71

Figura 19 – Grânulos do amido da banana modificado por ANN 55 °C.....	71
Figura 20 - Curva padrão de glicose para a determinação de açucares totais.....	85
Figura 21 - Curva padrão de glicose para a determinação de amido resistente.....	87
Figura 22 - Curva padrão de amilose pura de batata.....	89

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Avaliação física e físico-química da banana-prata (*Musa* AAB Subgrupo Prata) 28
- Tabela 2** – Comparação de médias e desvio padrão da caracterização físico-química do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por tratamento térmico em baixa umidade (TTBU), utilizando 15, 20 e 25% de umidade..... 31
- Tabela 3** – Comparação de médias e desvio padrão da caracterização físico-química do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN), utilizando temperaturas de 45, 50 e 55 °C. ... 34
- Tabela 4** – Comparação dos teores de amido resistente e amilose do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e dos amidos modificados por TTBU.... 36
- Tabela 5** – Comparação dos teores de amido resistente e amilose do amido de milho, amido de banana verde nativo e dos amidos modificados por *annealing* 38
- Tabela 6** – Comparação de médias e desvio padrão da capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por tratamento TTBU 45
- Tabela 7** – Comparação de médias e desvio padrão da capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN). 47
- Tabela 8** – Comparação de médias e desvio padrão da claridade das pastas do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU. 48
- Tabela 9** – Comparação de médias e desvio padrão da claridade das pastas do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN). 50
- Tabela 10** – Capacidade de gelificação do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU. 51
- Tabela 11** – Capacidade de gelificação do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN). .. 52
- Tabela 12** – Comparação de médias e desvio padrão da sinérese dos géis de amido do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU. 54
- Tabela 13** – Comparação de médias e desvio padrão da sinérese dos géis de amido do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN)..... 55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Banana	4
3.2 Amido	6
3.2.1 Amido resistente	8
3.2.2 Amido modificado	20
3.3 Propriedades do Amido	12
3.3.1 Poder de inchamento e solubilidade	12
3.3.2 Capacidade de absorção de água e óleo	13
3.3.3 Claridade da pasta	13
3.3.4 Gelificação	14
3.3.5 Sinérese	15
3.4 Fontes não Convencionais de Amido e Aplicações nos Alimentos	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Materiais	18
4.2 Métodos	19
4.2.1 Caracterização da matéria-prima	19
4.2.2 Extração do amido	20
4.2.3 Rendimento de extração	22
4.2.4 Modificação hidrotérmica do amido	22
4.2.4.1 Modificação por tratamento térmico em baixa umidade	22
4.2.4.2 Modificação por <i>annealing</i>	23
4.2.5 Caracterização físico-química dos amidos	23
4.2.6 Determinação do teor de amido resistente e amilose	23
4.2.7 Propriedades funcionais dos amidos	24
4.2.7.1 Poder de inchamento e solubilidade em função da temperatura	24
4.2.7.2 Poder de inchamento e solubilidade em função do pH	25
4.2.7.3 Capacidade de absorção de água e óleo	25
4.2.7.4 Claridade da pasta	26
4.2.7.5 Capacidade de gelificação	26
4.2.7.6 Sinérese	26
4.2.8 Microscopia eletrônica de varredura	27

4.3 Análise Estatística dos Dados	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Caracterização da Matéria-Prima	28
5.2 Rendimento de Extração	29
5.3 Caracterização Físico-Química dos Amidos	30
5.4 Teor de Amido Resistente e Amilose	36
5.5 Propriedades Funcionais	38
5.5.1 Poder de inchamento e solubilidade em função da temperatura	38
5.5.2 Poder de inchamento e solubilidade em função do pH	42
5.5.3 Capacidade de absorção de água e óleo.....	57
5.5.4 Claridade da pasta.....	47
5.5.5 Gelificação.....	51
5.5.6 Sinérese.....	53
5.6 Microscopia Eletrônica de Varredura	569
6 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS	72
ANEXO 1	72
ANEXO 2	73
ANEXO 3	75
ANEXO 4.....	90

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de banana a nível mundial com produção de 7.329,471 toneladas (IBGE, 2011), mas as falhas na sua cadeia produtiva impedem que até 60% da produção cheguem à mesa dos consumidores.

Uma das alternativas para melhor aproveitamento desta fruta é a sua utilização nos estádios iniciais de maturação. Na banana verde um dos principais constituintes é o amido (25%), sendo boa parte considerado amido resistente. A presença de amido resistente na banana ainda verde tem despertado o interesse de pesquisadores de diversas áreas, devido este amido apresentar propriedades nutricionais benéficas à saúde dos indivíduos que o consome, podendo evitar o desencadeamento de uma série de doenças, como por exemplo, diabetes, obesidade e câncer.

Além das propriedades nutricionais que o amido nativo extraído da banana verde oferece, esta fonte não convencional de amido pode ser uma alternativa para obtenção de amidos que apresentem propriedades físico-químicas, estruturais e funcionais que ampliem a gama de utilização na indústria. Porém, nem sempre o amido, na sua forma nativa, possui características adequadas para determinados tipos de processamento.

Na forma não modificada, o amido nativo da banana verde, tem uso limitado na indústria alimentícia devido a sua instabilidade a ciclos de congelamento e descongelamento que o impede de ser utilizado em produtos refrigerados (IZIDORO, 2011).

Os fabricantes de amidos usam vários métodos químicos e físicos para efetuarem as modificações. Na maioria das vezes, a modificação química é usada, mas há um crescente interesse na modificação física do amido especialmente para aplicações em alimentos, pois é considerado material natural de alta segurança alimentar e não é limitado pela legislação quanto às quantidades utilizadas, sendo considerado como ingrediente (SERRANO; FRANCO, 2005).

As modificações físicas como o Tratamento Térmico em Baixa Umidade (TTBU) e o *Annealing* (ANN) são realizadas com o propósito, dentre outros, de melhorar a instabilidade do amido a ciclos de congelamento e descongelamento que apresenta como consequência a retrogradação dos géis de amido, o que prejudica a qualidade do produto elaborado devido aoprendimento de água ao longo do armazenamento (ZAVAREZE et al., 2009).

Assim, além do interesse por ingredientes contendo componentes que influenciem em atividades fisiológicas ou metabólicas benéficas, a indústria alimentícia busca amidos com

características que proporcionem um aumento no leque de opções no processamento de determinados alimentos.

Desta forma, essa pesquisa apresenta significativo valor social, tecnológico e científico, por construir conhecimento sobre o amido extraído da banana, o objeto desse estudo, bem como, conhecimento de seu potencial como ingrediente no desenvolvimento de produtos com possibilidades de promover benefícios à saúde e maior lucratividade a agroindústria de bananas através de seu beneficiamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Extrair o amido da banana verde (*Musa* AAB, Prata) e modificar hidrotermicamente por dois métodos distintos. A partir dos amidos obtidos, avaliar as propriedades funcionais e sua possível utilização como ingrediente no processamento de alimentos.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a matéria-prima;
- Extrair o amido da banana verde variedade ‘prata’;
- Avaliar o rendimento de extração;
- Modificar o amido por meio de tratamento térmico em baixa umidade e do *annealing*;
- Realizar análises físico-químicas do amido nativo, modificados e do amido de milho comercial;
- Avaliar o teor de amilose e amido resistente dos amidos;
- Determinar o poder de inchamento e solubilidade dos amidos em relação à temperatura e pH;
- Observar a capacidade de absorção de água e óleo dos amidos extraídos;
- Determinar a claridade da pasta dos géis dos amidos;
- Observar a capacidade de gelificação e sinérese dos amidos;
- Verificar a morfologia por microscopia eletrônica de varredura dos grânulos dos amidos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Banana

A banana é a segunda fruta mais produzida no Brasil, precedida apenas pela laranja, em 2011 ocupou uma área de 503,354 hectares com produção de 7.329,471 toneladas. As principais regiões produtoras foram Nordeste, Sudeste e Sul (IBGE, 2011). No Brasil, a banana é cultivada em todos os estados brasileiros, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior, em termos de produção mundial, o Brasil fica atrás apenas da Índia (OLIVEIRA, 2010).

No cenário nacional, os maiores estados produtores de banana são respectivamente: Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Pernambuco e Minas Gerais. A Paraíba ocupa o 10º lugar, com pouco mais de 200 mil toneladas. (IBGE, 2011).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo. No Brasil o consumo aparente *per capita* é estimado em torno de 29,20 kg/habitante/ano (IZIDORO, 2011). É apreciada por todas as classes da sociedade devido ao preço acessível, disponibilidade no mercado e seu valor nutricional.

O fruto da bananeira é um alimento altamente energético (cerca de 100 kcal por 100 g de polpa), cujos carboidratos (aproximadamente 22%) são facilmente assimiláveis. Embora pobre em proteínas e lipídeos, seus teores superam os da maçã, pera, cereja ou pêssego. Contém teores de vitamina C similares aos da maçã, além de razoáveis quantidades de vitamina A, B₁, B₂, pequenas quantidades de vitaminas D e E, e maior percentagem de potássio, fósforo, cálcio e ferro do que outras frutas, como a maçã ou a laranja (MARTINS; FURLANETO, 2008).

O amido, principal constituinte da polpa da banana imatura, varia cerca de 15,00 a 25,00% na banana 'Prata', reduzido na polpa madura para 2,10 a 3,00%. Da hidrólise do amido provêm os açúcares solúveis, que são na maior parte glicose, frutose e sacarose, atingindo teores de 20,00% na banana madura (VILAS BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Quanto às características físicas, o fruto ainda verde apresenta diâmetro entre 2,92 e 3,64 cm; comprimento entre 9,16 e 11,18 cm e o peso varia entre 40,14 e 77,30 g (SANTOS; CHITARRA, 1998).

As variedades mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata-anã, Maçã, Mysore, Terra, D' Angola, do grupo genômico AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para o mercado de exportação. Em menor escala são

plantadas as variedades ouro (AA), a Figo Cinza e Figo Vermelho (ABB), Caru Verde e Caru Roxa (AAA). As cultivares Prata e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil (BORGES, et al., 1997).

A banana da variedade 'Prata', família Musaceae, gênero *Musa spp*, grupo genômico AAB e subgrupo Prata, é uma das mais produzidas e consumidas no Brasil (NASCIMENTO JUNIOR et al., 2008). Apresenta-se com relativa importância no mercado interno brasileiro, principalmente devido ao sabor doce e suavemente ácido (ALVARES, 2003).

Apesar do Brasil no cenário mundial ser o segundo maior produtor e primeiro maior consumidor de bananas, apresenta um elevado índice de perdas pós-colheita de aproximadamente 60% da colheita nacional antes de chegar ao consumidor final (BELLO-PÉREZ; GARCÍA-SUÁREZ; FLORES-HUICOCHEA, 2006a; SILVA; ARAÚJO, 2009). Isso se deve ao fato da fruta madura apresentar uma vida útil muito curta e precisa ser consumida rapidamente, o que representa significativo desperdício. Por outro lado, a banana verde possui vida útil mais longa e vem sendo considerada como um produto ideal para ser industrializado (BELLO-PÉREZ; GARCÍA-SUÁREZ; FLORES-HUICOCHEA, 2006a).

Izidoro (2011) relata que estudos com amido de banana verde têm sido bastante explorados em outros países, bem como as metodologias de extração. Na China, Chiang, Chu e Chu (1987) propuseram um estudo em escala piloto na produção de amido de banana verde, e no México Pérez-Sira (1997) estudou a caracterização de amido isolado de banana verde da variedade *Musa Paradisiaca*. Sánchez-Hernández (1999) desenvolveu um procedimento tecnológico para a produção de maltodextrinas a partir de amido de banana. Bello-Pérez, García-Suárez e Flores-Huicochea (2006a) estudaram o processo de obtenção de amido a partir de banana verde e concluíram que se trata de processo viável em escala piloto, chegando a atingir 65% de rendimento (base seca) e pureza de 95%.

O amido de banana tem sido pesquisado com maior ênfase a partir da introdução do conceito de amido resistente. A porção de amido e produtos do amido que resistem à digestão no intestino delgado é descrita como amido resistente. A banana verde é rica neste amido (TEIXEIRA et al., 1998). Durante a fase de amadurecimento da banana, a quantidade de amido total e de amido resistente decresce drasticamente. O principal interesse em relação ao amido resistente é o seu papel fisiológico.

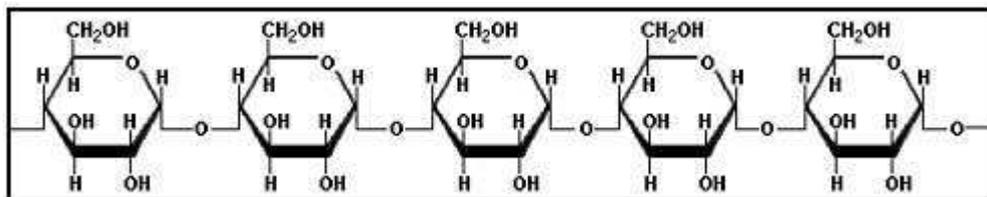
3.2 Amido

O amido é a principal fonte de carboidratos na dieta humana em todo o mundo 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).

Dois macromoléculas formam o grânulo de amido, a amilose (Figura 1) e a amilopectina (Figura 2). A relação dos dois polissacarídeos varia de acordo com a origem botânica do amido. Os amidos cerosos contêm menos de 15% de amilose, o normal 20-35% e os amidos com elevado teor de amilose apresentam mais que 40% de amilose (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

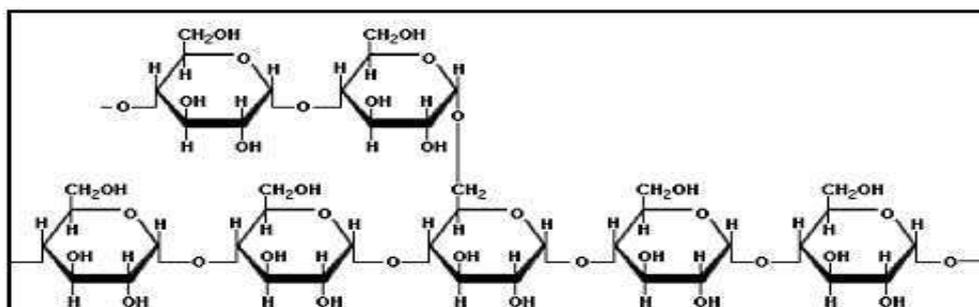
A amilose, macromolécula essencialmente linear, é formada por unidades de D-glicose ligadas em α -1,4, com menos de 0,1% de ramificação (ligações α -1,6). Apresenta grau de polimerização entre 500 e 2000 unidades de glicose e massa molecular média de $1,5 \times 10^5$ a 10^6 . A amilopectina, componente ramificado do amido, é formada por unidades de D-glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, sendo essa última responsável pela ramificação da molécula. Apresenta grau de polimerização da ordem de 10^4 a 10^5 , massa molecular média de $0,5 \times 10^8$ a 10^9 e comprimento variável das ramificações, sendo comum a presença de 20 a 30 unidades de glicose (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006b; POLESÌ, 2011).

Figura 1 – Estrutura linear da amilose



Fonte: ZAMORA (2013).

Figura 2 – Estrutura ramificada da amilopectina



Fonte: ZAMORA (2013).

As diferenças na funcionalidade podem ser atribuídas à morfologia e ao tamanho dos grânulos de amido, mas também à estrutura das moléculas dentro do amido. Muitos estudos têm mostrado que a razão entre a amilose e amilopectina é um parâmetro que apresenta um efeito profundo na funcionalidade do amido (WISCHMANN et al., 2005).

O grânulo de amido possui um alto grau de organização molecular, característica responsável pela birrefringência quando visto microscopicamente sob luz polarizada, e cristalinidade, que pode ser observada pela cruz de malta, o que caracteriza a orientação radial das macromoléculas (TESTER; KARKALAS; QI, 2004). Embora a forma e o tamanho dos grânulos de amido sejam distintos entre as espécies vegetais, os grânulos são organizados em zonas cristalinas alternadas por outras semi-cristalinas devido à alternância dos períodos de síntese ocorridos nos amiloplastos (FREITAS; TAVARES, 2005).

A biossíntese do amido ocorre em uma organela subcelular especializada, o amiloplasto, que possui uma membrana lipoprotéica limitante. Dentro dos amiloplastos estão as enzimas que catalisam a biossíntese da amilose e da amilopectina que são seus principais constituintes. O desenvolvimento do grânulo de amido dentro do amiloplasto ocupa uma proporção crescente do volume até que, com o grânulo totalmente desenvolvido, o volume interno é completamente ocupado pelo amido (GALLIARD; BOWLER, 1987).

Em seu estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, seus grânulos são parcialmente cristalinos cuja morfologia, composição química, e estrutura supramolecular são características de cada espécie em particular. Existe uma variação de tamanhos dos grânulos especialmente entre as diferentes fontes botânicas, podendo variar de 0,5 a 100 μm de tamanho, possuindo ainda variados formatos como: forma esférica, elipsoidal, irregular, esférico ovalado, ovalado e poliédrico poligonal. Estas características aliadas ao arranjo dos componentes nas regiões amorfas e cristalinas influenciam fortemente nas propriedades funcionais dos grânulos de amido (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006b).

Lindeboom, Chang e Tyler (2004) classificaram grânulos grandes com diâmetro maiores que 25 μm , médios com valores entre 10 e 25 μm , pequenos entre 5 e 10 μm e bem pequenos com tamanhos menores que 5 μm . Geralmente, o tamanho granular se refere à média do comprimento do maior e menor eixo, mas também pode ser expresso pelo diâmetro maior, pelo volume do grânulo ou pela área superficial. O conteúdo de amilose é mais alto em grânulos maiores, entretanto, o conteúdo de lipídeos é mais elevado em grânulos menores.

A escolha da técnica e do microscópio, para uma visualização de alta resolução da estrutura dos grânulos de amido depende do tipo de informação requerida (superfície ou estrutura interna). Com a microscopia eletrônica de varredura (MEV), ou por microscopia de

força atômica (AFM) são obtidas informações sobre a superfície dos grânulos. Já informações sobre estrutura interna, requerem o uso da microscopia eletrônica de transmissão (TEM) (GALLANT; BOUCHET; BALDWIN, 1997).

Nos grânulos do amido de banana predominam formas lisas, ovais, alongadas e tamanhos diferenciados (FREITAS; TAVARES, 2005), a diversidade no tamanho do grânulo ocorre devido ao processo de formação, já que os frutos são colhidos no estágio verde (IZIDORO, 2011).

Tester, Karkalas e Qi (2004) observaram por MEV que os grânulos de amido de banana verde apresentam uma superfície lisa e densa, aspecto este que pode contribuir para sua resistência. Os grânulos de amido de banana verde diferem por possuir uma camada externa mais grossa (mais densa que as camadas internas do grânulo) formada por abundantes blocklets que impedem a ação das enzimas reduzindo a taxa de hidrólise.

3.2.1 Amido Resistente

O amido é classificado em função da sua estrutura físico-química e da sua susceptibilidade a hidrólise enzimática. De acordo com a velocidade com o qual o alimento é digerido *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível, quando ao ser submetido à incubação com α -amilase pancreática e amiloglicosidase a 37°C, converte-se em glucose em 20 minutos; lentamente digerível, se nas condições anteriores é convertido em glucose em 120 minutos e amido resistente (AR), quando resiste à ação das enzimas digestivas (ALMEIDA, 2009).

O principal interesse em relação ao amido resistente envolve seu papel fisiológico, por não ser digerido no intestino delgado, torna-se substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon, produzindo efeitos benéficos atribuídos à fibra alimentar no trato gastrointestinal. Os produtos dessa fermentação são os ácidos graxos de cadeia curta, acético, propiônico e butírico, além de gases como hidrogênio, dióxido de carbono e metano (TOPPING; CLIFTON, 2001; POLES, 2011).

O amido resistente pode ser dividido em três tipos: o tipo 1, que representa o grânulo de amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas, pertencendo a este grupo grãos inteiros, ou parcialmente moídos, de cereais e leguminosas; o tipo 2, presente na batata crua e banana verde, refere-se aos grânulos de amido nativo encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido às características intrínsecas da estrutura cristalina dos seus grânulos; e

o tipo 3 (presente em alimentos como batata cozida resfriada, pão e em amido modificado hidrotermicamente) consiste em polímeros de amido retrogradado (principalmente amilose), produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização (LEONEL, 2009). Este amido é de particular interesse como ingrediente na indústria de alimentos por causa de sua funcionalidade física e nutricional e estabilidade no processamento (THOMPSON, 2000).

Os três tipos de amido resistente podem coexistir em um mesmo alimento. Como em bananas verdes, que são encontrados os tipos 1 e 2 (ALMEIDA, 2009).

Além desses três tipos de amidos citados anteriormente, segundo Sajilata, Singhal e Kulkarni (2006), existe um quarto tipo de amido resistente, formado através de modificações químicas, físicas ou enzimáticas. Esses produtos incluem os amidos substituídos quimicamente com grupamentos ésteres, fosfatos e éteres, bem como amidos com ligações cruzadas, sendo esses também resistentes à digestão no intestino delgado.

O amido resistente geralmente é encontrado como componente do alimento, formado durante seu processamento ou como ingrediente contendo amido resistente. O objetivo de incluir ingrediente com alto teor de amido está relacionado com a funcionalidade física, estabilidade de processamento e funcionalidade nutricional. A funcionalidade física do ingrediente contendo amido resistente envolve as características físicas apropriadas do alimento, tais como textura, capacidade de se ligar à água, etc. A estabilidade de processamento do amido resistente torna-se importante para preservar a sua funcionalidade nutricional. A funcionalidade nutricional, por sua vez, pode envolver tanto a resistência à digestão no intestino delgado quanto à resistência à fermentação no cólon (THOMPSON, 2000; POLESI, 2011).

Estudos têm demonstrado que a incorporação de amido resistente na dieta pode trazer enormes benefícios para a saúde. Uma das mais importantes aplicações de produtos com alto teor de amido resistente é para o diabetes. Estudos comprovaram que o amido resistente diminui os níveis de glicose sanguínea. Uma pesquisa conduzida por Brouns et al. (2007), mostrou que de 20 pessoas que tomaram bebida com 50 g de maltodextrina retrogradada (AR tipo 3) mostraram redução de 59% nos níveis de glicose sanguínea ao passo que ao que tomaram bebida controle, apresentaram redução de 35%.

Outra pesquisa (BEHALL et al. 2006) mostrou que 10 pessoas normais e 10 pessoas obesas, todos saudáveis se alimentaram com bolinhos tipo “muffin” contendo 5 g de AR (amido de milho com alto teor de amilose retrogradada – tipo 3) e os resultados mostraram decréscimo nos níveis de glicose sanguínea para ambos os grupos. Esse estudo sugere que pessoas com sobrepeso, também são beneficiadas com a ingestão de AR, que pode ser

incorporado em vários alimentos. Estes benefícios foram comprovados em estudos realizados por Willis et al. (2009) e Grandfeldt, Wu e Björck, (2009), onde constatou-se que o amido resistente é importante no tratamento da obesidade, haja vista que aumenta a saciedade devido a habilidade de ser fermentado somente no intestino grosso, produzindo ácidos graxos de cadeia curta.

Um estudo conduzido no Brasil, por Cardenette (2006), mostrou que a ingestão de produtos derivados de banana verde como farinha e massa de banana verde aumentaram a resposta glicêmica em humanos, indicando a importância do amido resistente na prevenção de doenças crônicas não-transmissíveis como a diabetes tipo 2. Além disso, comprovou-se o grande potencial da banana verde e produtos derivados como fonte de amido resistente.

Devido as suas propriedades físicas, químicas e funcionais exclusivas, este carboidrato tem grande importância nos mais diversos setores industriais. Vem sendo largamente utilizado pela indústria de alimentos como agente espessante, de enchimento, para aumentar ou alterar a viscosidade de alguns produtos. Na indústria de alimentos nacional e na internacional o amido é utilizado como ingrediente, podendo, entre outras funções, facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão ou proteger os alimentos durante o processamento (LEONEL, 2009).

3.2.2 Amido modificado

Os amidos nativos comercializados são provenientes de milho, trigo, arroz, batata, batata doce e mandioca (LEONEL, 2009). São utilizados no processamento de diversos tipos de alimentos servindo-lhes de agente espessante e gelificante. No entanto, segundo Silva et al., (2006) na forma não modificada, o amido nativo tem uso limitado na indústria alimentícia.

Nos últimos anos, tem se verificado o esforço de pesquisadores em encontrar novas fontes de amido nativos não convencionais, com propriedades necessárias para a indústria alimentícia, tais como ausência de sinérese, transparência, estabilidade e solubilidade a frio, por exemplo (ZHANG et al. 2005). Porém, estes amidos apesar de serem bons estabilizadores de textura e regulador em sistemas alimentícios, possuem limitações como baixa resistência e decomposição térmica e alta tendência à retrogradação, que limita o seu uso para algumas aplicações industriais.

No caso do amido de banana, pesquisas tem revelado que devido à alta quantidade de amilose e alta retrogradação, esse amido torna-se inapropriado para aplicação em produtos

refrigerados e congelados, pela exibição de sinerése. Modificações químicas no amido de banana verde melhoraram essas características (IZIDORO, 2011).

Os fabricantes de amidos usam vários métodos químicos e físicos para efetuarem as modificações, sendo que, apesar da modificação química ser muito utilizada, há um crescente interesse na modificação física do amido, especialmente para aplicação em alimento, pois é considerado material natural de alta segurança alimentar e não é limitado pela legislação quanto às quantidades utilizadas, sendo considerado como ingrediente (ZAVAREZE et al., 2009).

Tratamentos hidrotérmicos (Tratamento Térmico em Baixa Umidade e *annealing*) são modificações físicas que alteram as propriedades físico-químicas do amido, sem ocorrerem mudanças na estrutura molecular, promovendo desta forma, um aumento na estabilidade térmica e redução na capacidade de retrogradação em alimentos enlatados e congelados (ADEBOWALE et al., 2005) apresentando vantagens em relação aos amidos nativos.

No Tratamento Térmico em Baixa Umidade, o amido é aquecido a temperatura acima da temperatura de transição vítrea e da temperatura de gelatinização, variando de 84 a 120°C, mas com umidade insuficiente para gelatinizá-lo, geralmente em níveis menores que 35% de umidade, durante um período de tempo que pode variar de 15 minutos a 16 horas (CEREDA; VILPOUX, 2003). Esse tratamento promove a interação das cadeias poliméricas, através do rompimento da estrutura cristalina e dissociação das estruturas de duplas hélices na região amorfa e posterior rearranjo dos cristais rompidos durante o tratamento, proporcionando ao amido modificado um aumento na suscetibilidade enzimática quando utilizado α -amilase, aumento na temperatura de pasta e redução na viscosidade máxima, na viscosidade final, na quebra e na capacidade de retrogradação do amido (WATCHARATEWINKUL et al., 2009).

O *annealing* é uma modificação hidrotérmica, no qual uma suspensão de amido é submetida à temperatura superior à de transição vítrea e ligeiramente inferior à temperatura de gelatinização, em excesso de água por um período de tempo que pode variar de 5 a 168 horas (JAYAKODY; HOOVER, 2008), permitindo uma discreta reorganização molecular, levando as duplas hélices da amilopectina adquirirem uma configuração mais organizada (GOMES; SILVA; RICARDO, 2005).

Assim como o Tratamento Térmico em Baixa Umidade e o *annealing* confere ao amido características de interesse comercial tais como: aumento da temperatura de gelatinização e diminuição da faixa de gelatinização, redução do poder de inchamento dos grânulos e redução do potencial e da extensão da lixiviação da amilose, bem como, redução

da tendência a retrogradação (GOMES; SILVA; RICARDO, 2005), essas mudanças dependem da fonte do amido.

O tratamento hidrotérmico por *annealing* e tratamento térmico em baixa umidade além de corrigir algumas propriedades indesejáveis do amido nativo, têm sido utilizado conforme relato de Chung, Liu e Hoover (2009) para aumentar os níveis de amido resistente, melhorando a qualidade desse polissacarídeo em alimentos processados por aumentar o teor de fibra alimentar.

3.3 Propriedades do Amido

3.3.1 Poder de inchamento e solubilidade

A capacidade de inchamento ou de intumescimento é a relação entre o peso do grânulo de amido intumescido (inchado ou expandido) e de sua água oclusa e o peso seco do amido (ASAOKA; BLANSHARD; RICKARD, 1992).

Para a determinação do PI (Poder de Inchamento), suspensão de amido é submetida a elevadas temperaturas onde o grânulo absorve água de forma irreversível, perdendo sua estrutura cristalina que é corrompida devido ao relaxamento de pontes de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, acarretando um aumento do tamanho dos grânulos em virtude do inchamento ocorrendo ainda, parcial solubilização (SANTOS, 2009). A solubilidade do amido também pode ser determinada na mesma suspensão, ela é expressa como a porcentagem (em peso) da amostra de amido que é dissolvida após aquecimento (LEACH; McCOWEN; SCHOCH, 1959).

O PI e a solubilidade dependem das forças envolvidas nas interações entre as cadeias poliméricas que relaxam a diferentes temperaturas e, segundo Leach, Mccowen e Schoch (1959) essas interações são fortemente influenciadas pelos fatores característicos de cada fonte botânica como: taxa de amilose e amilopectina, características de cada fração em termos de distribuição de peso molecular, grau de extensão de ramificação e as conformações. Estes autores, a fim de estabelecer evidências do grau de associação molecular dentro do grânulo de amido, analisaram vários amidos no intervalo de 50 a 95 °C e observaram diferenças no comportamento destes amidos quanto ao PI e a solubilidade.

A qualidade de um alimento está frequentemente associada com a retenção de água pelos grânulos de amido expandidos (CIACCO; CRUZ 1982). O intumescimento contribui

para importantes características na maioria dos produtos alimentícios à base de amido, tais como empastamento e comportamento reológico. O fluxo de água restrito devido ao enorme inchaço do grânulo que ocupa mais espaço, contribui para o aumento da viscosidade do amido em sistemas em aquecimento (MILES et al., 1985). Alta capacidade de absorção de água é desejável para o preparo de sopas, mingaus e pudins instantâneos.

3.3.2 Capacidade de absorção de água e óleo

Segundo Rickard, Asaoka e Blanshard (1991) as moléculas absorvidas nas macromoléculas são denominadas de “água ligada” e refletem a capacidade de uma superfície molecular em formar ligações fracas não covalentes com a água. O teor de água ligada associada aos grânulos de amido, influencia nas características de expansão dos mesmos. E a habilidade do amido em absorver óleo é um indicativo do potencial emulsificante do amido (ADEBOWALE et al., 2005). A capacidade de absorção de água (CAA) e a capacidade de absorção de óleo (CAO) é medida pela relação entre a massa do sedimentado em gramas e a massa seca da amostra.

Uma elevada capacidade de absorção de óleo é essencial para a formulação de produtos emulsionados, massas de bolos, maionese e outros molhos para salada, contribuindo para a palatabilidade e retenção de sabor destes produtos (CHANDI; SOGI, 2007). O amido com baixa capacidade de absorção de água é indicado como ingrediente em produtos que requerem tanto baixa retenção de água como gordura, melhorando características como, por exemplo, a crocância do produto (IZIDORO, 2011).

3.3.3 Claridade da pasta

A claridade da pasta pode variar de clara a opaca e esta propriedade está relacionada à dispersão da luz resultante da associação da amilose e de outros componentes presentes no amido (CRAIG et al., 2005). A pasta transparente possui pouca associação das cadeias após a formação de pasta, sem estrutura granular, o que favorece a passagem de luz através dela. A pasta opaca apresenta uma estrutura granular mais organizada, com maior associação entre as cadeias, o que dificulta a passagem de luz. Entre essas pode haver variações na claridade de acordo com a associação molecular.

A medida deste parâmetro é realizada pelo percentual de transmitância diretamente ligado à claridade da pasta de amido. Assim, se a luz passa através de uma solução sem

absorção nenhuma, a absorbância é zero e a transmitância é 100% e, se toda a luz é absorvida a transmitância é zero e a absorbância é infinita (MENDES, 2011).

A transparência ou opacidades da pasta de amido é um atributo importante de qualidade deste produto e varia consideravelmente de acordo com a fonte botânica (CEREDA, 2002). Pastas mais opacas, seriam ideais na aplicação para confecção de pudins e sobremesas prontas, já, pastas transparentes poderiam ser aplicadas na cobertura de tortas (HOOVER, 2001).

3.3.4 Gelificação

Nas aplicações de amido durante o processamento de alimentos é muito comum que seja suspenso em água e submetido ao aquecimento. O amido é o espessante mais utilizado na indústria de alimentos. O espessamento de uma dispersão de amido durante o tratamento térmico em excesso de água (> 60%) é o resultado de mudanças irreversíveis que ocorrem geralmente a uma temperatura compreendida entre 60 °C e 70 °C sendo conhecido como gelatinização (LAGARRIGUE et al., 2008). A temperatura varia de acordo com o amido utilizado (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006). A desorganização pelo tratamento térmico dos grânulos de amido envolve diversos estágios durante o aquecimento e cada grânulo apresenta uma cinética própria (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Os grânulos, devido à heterogeneidade dos seus cristais, não gelatinizam a mesma temperatura. Os grânulos maiores geralmente gelatinizam primeiro, portanto, a temperatura de gelatinização representa uma soma de fatores particulares e a gelatinização ocorre em uma faixa de temperatura (SANTOS, 2009).

A gelatinização pode ser caracterizada por uma endoterma obtida através da calorimetria diferencial de varredura (DSC) pela perda da birrefringência, observada usando-se microscopia de luz polarizada (Cruz de Malta), desaparecimento da cristalinidade, inchamento dos grânulos, lixiviação da amilose na fase contínua e eventual ruptura da estrutura dos grânulos (GARCIA et al., 1997).

Após a gelatinização, as moléculas de amilose, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para formar pontes de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros adjacentes. Com isso, há diminuição de volume e a afinidade do polímero pela água é reduzida, o que permite ao amido gelatinizado formar filmes estáveis e flexíveis (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

3.3.5 Sinérese

A sinérese dos géis de amido é determinada pela quantidade de água liberada dos géis durante o armazenamento e sua ocorrência é consequência da retrogradação de géis de amido quando submetido a ciclos de congelamento e descongelamento (SODHI; SINGH, 2003).

Ishiguro, Noda e Kitahara (2000) afirmaram que a retrogradação está correlacionada com teor de amilose e distribuição do tamanho da cadeia, ou seja, ela ocorre preferencialmente na amilose e nas cadeias mais longas de amilopectina. A retrogradação da amilose ocorre em três estágios, iniciando com estiramento da hélice por quebra das pontes intramoleculares, em seguida ocorre à perda das pontes de água e a reorientação das moléculas com formação de pontes de hidrogênio entre moléculas adjacentes. Neste processo ocorre o fenômeno chamado sinérese, que corresponde à expulsão da água para fora do gel (FRANCO et al., 2001).

A análise de resistência a ciclos de congelamento de acordo com Silva et al. (2006), é importante para caracterizar um tipo de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ou congelados, visto que a liberação de água é geralmente prejudicial à qualidade do produto final.

Em muitos alimentos congelados, o amido é usado como agente espessante e exerce a função de melhorar a consistência e a textura, devido às suas propriedades de pasta e capacidade de gelificação (HOLMES; SOLENDER, 1981), porém, amidos nativos que apresentam baixa resistência ao estresse de cisalhamento, baixa decomposição, retrogradação e sinérese elevadas, prejudicam a qualidade de tais alimentos. Assim, a ocorrência de sinérese e as formas de evitá-las são estudadas por vários autores. Sánchez-Rivera et al. (2005) afirmam que estas deficiências podem ser superadas submetendo o amido à modificações.

3.4 Fontes não Convencionais de Amido e Aplicações nos Alimentos

As principais fontes comerciais de amido no mundo, são os órgãos de reserva de algumas plantas, dentre os quais os grãos de cereais (milho e arroz), algumas raízes (mandioca), tubérculos (batata) e sementes de leguminosas (feijões e ervilhas) (PEREIRA, 2008). No Brasil 36,4% da produção de amido é proveniente de mandioca (LEONEL, 2007).

Embora o Brasil produza cerca de 1,5 milhões de toneladas de amido e, 68% dessa produção sejam destinadas a indústria alimentícia (LEONEL, 2007), atualmente busca-se fontes não convencionais como alternativa para obtenção de amidos que apresentem

características físico-químicas, estruturais e funcionais que ampliem a gama de utilização na indústria (HERNANDEZ-MEDINA et al., 2008). Uma outra alternativa de se adquirir amidos com propriedades funcionais específicas que atendam os diversos segmentos industriais é a modificação.

Os amidos nativos são comumente modificados por processos físicos, químicos, enzimáticos ou por meios genéticos. Sendo que, a modificação física apresenta grandes vantagens sobre as químicas, pois os amidos modificados por processos físicos não são limitados pela legislação quanto às quantidades utilizadas, sendo considerado como ingrediente, uma vez que não são utilizados reagentes químicos (ZAVAREZE et al., 2009).

Para atender as necessidades das indústrias alimentícias, o mercado de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências (FONTAN, 2008). No processamento de alimentos a quantidade, o tipo e a qualidade dos ingredientes utilizados são importantes para a obtenção de um produto de qualidade e sensorialmente aceitável.

Alguns ingredientes apresentam características peculiares como é o caso dos amidos, que dependendo da fonte botânica apresentam propriedades bastante diversificadas, assim, o conhecimento destas propriedades é imprescindível para a escolha de sua aplicação como ingrediente.

Desta forma, estudos com amidos vem sendo desenvolvidos como no caso da pesquisa sobre a estabilidade de géis de amido de milho com diferentes teores de amilose adicionados de gomas guar e xantana desenvolvida por Weber, Queiroz e Chang (2008). Eles concluíram que a adição de goma xantana nas suspensões de amido reduz a sinérese, podendo ser utilizados em alimentos congelados.

Hernandez-Medina et al. (2008) pesquisaram fontes não convencionais de amido como: makal, batata-doce, mandioca e sagu e observaram que os amidos extraídos destas tuberosas apresentaram diferentes propriedades físico-químicas e funcionais que os tornam possível na utilização de vários sistemas de alimentos ou outras aplicações industriais. Os amidos de makal e sagu por apresentarem elevadas temperaturas de gelatinização podem ser utilizados em produtos que requerem altas temperaturas, tais como alimentos enlatados, comida para bebês etc. O amido de mandioca devido seu grande poder de intumescimento é ideal para alimentos que requerem retenção de água, a exemplo dos embutidos, geleias, etc. O amido de batata-doce e de mandioca por apresentarem pastas claras pode ser aplicado em produtos de confeitaria.

Galdeano et al. (2009) verificaram que o amido de aveia apresenta comportamento diferenciado dos amidos provenientes de cereais, podendo ser usado em produtos refrigerados, devido a sua alta estabilidade à retrogradação.

Zhang e Hamaker (2012) em estudo realizado com amido de banana verde, relataram que se trata de um amido com potenciais para ser comercializado por apresentar características tanto funcionais como nutricionais, principalmente, pelo teor de amido resistente presente. Este tipo de amido pode ser usado como ingrediente em produtos que requerem tanto baixa retenção de água e gordura, melhorando características como, por exemplo, a crocância do produto. Assim como, pela quantidade de amido resistente, permite sua aplicação como fonte de fibra alimentar, sendo bastante resistente à digestão, proporcionando melhor textura ao produto comparado às fibras (IZIDORO, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais

As bananas (*Musa* AAB, 'Prata') verdes imaturas foram obtidas no município de Pombal, Paraíba, Brasil, imediatamente após sua colheita, sem qualquer tratamento pós-colheita.

A escolha da banana foi realizada conforme seu estágio de maturação segundo a escala de maturação de Von Loesecke (1950), referente ao estágio 1 com casca totalmente verde, como observado na Figura 3.

Figura 3 – Banana verde Pombal-PB



Fonte: A Autora

O amido de milho comercial (marca Maizena- lote UG 06/09/2014) foi adquirido em supermercado do município de Pombal, Paraíba, Brasil.

Os reagentes utilizados foram: hexano, ácido sulfúrico e iodo (marca-Química Moderna); glucose anidra, ácido málico, ácido clorídrico, hidróxido de potássio, azida de sódio puríssima e cloreto de cálcio $2\text{H}_2\text{O}$ (marca-Vetec); hidróxido de sódio, iodeto de potássio, fenolftaleína, alaranjado de metila, verde de bromocresol, sulfato de potássio, sulfato de cobre, ácido acético e ácido bórico (marca-Impex); ácido tânico (marca-Cinética); folin-ciocalteau (marca-Imbralab); bissulfito de sódio (marca-Nuclear); álcool etílico (marca-Quimex). A enzima α -amilase pancreática from porcine pâncreas (Sigma – Aldrich Brasil Ltda – A3176 – 500KU); amiloglicosidase from *aspergillus niger* (Sigma – Aldrich Brasil Ltda – A7095 – 300 unit/mL); amylose from potato (Sigma – Aldrich Brasil Ltda – A0512) e glucose PAP liquiform 1 e 2 (Labtest).

4.2 Métodos

As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Grãos e Cereais e demais Laboratórios do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande no município de Pombal - PB.

4.2.1 Caracterização da matéria-prima

A polpa da banana verde foi caracterizada através de análises física e físico-químicas para se determinar o estágio de maturação e assim servir como matéria-prima para a extração do amido.

A umidade foi determinada pelo método n° 44-15A, da AACC (1995), utilizando estufa a 130 °C por uma hora. O teor de cinza foi analisado pelo método n° 08-01, da AACC (1995), usando mufla a 600 °C até peso constante. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl n° 46-13, da AACC (1995), sendo o teor de proteína bruta obtido pela multiplicação do fator 6,25. O teor de lipídios foi determinado pelo método n° 30-20, da AACC (1995), em extrator Soxhlet utilizando hexano como solvente.

O teor de açúcares totais foi determinado pelo método de antrona proposto por Yemm e Willis (1954) com algumas modificações. O teor de açúcares solúvel total presente na banana foi extraído com de água destilada por meio de maceração e posterior filtração. A curva padrão foi preparada com glicose PA, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro digital (Biopectro SP-220) a 620 nm e os resultados expressos em percentagem.

Determinou-se a acidez total por titulação com NaOH 0,1 N padronizado e o resultado foi expresso em g de ácido málico/100 g de amostra e o pH pelo processo potenciométrico em phmetro (marca Logen - modelo LS), segundo AOAC (1995).

A determinação dos compostos fenólicos seguiu o procedimento de Goldstein e Swain (1963) utilizando ácido tânico como padrão. O teor em g de ácido tânico/100 g de banana foi determinado em espectrofotômetro digital (Biopectro SP-220) a 765 nm. A firmeza da banana foi determinada conforme descrito por Santos e Chitarra (1998), onde a medida foi realizada transversalmente na região mediana da polpa da banana (Figura 4) com penetrometro (Instrutherm PTR – 100) com ponteira 7,90 mm. Os valores encontrados em libras/pol² foram multiplicados por 4,11 para expressar em Newton.

Figura 4 – Determinação da firmeza da banana



Fonte: A Autora

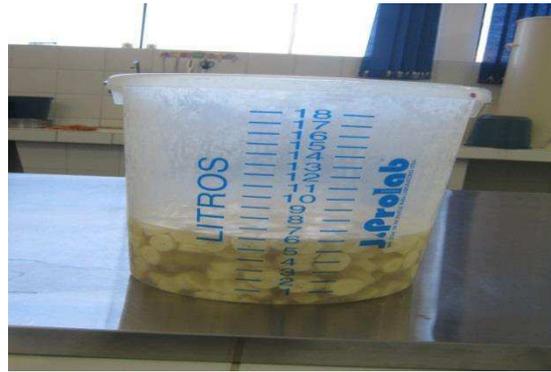
4.2.2 Extração do amido

O amido foi obtido pelos métodos descrito por Whistler (1998) e Sánchez-Hernández (1999) com algumas modificações, onde as bananas verdes foram lavadas, descascadas, cortadas em rodelas e imersas em solução de bissulfito de sódio 1%, sendo uma parte da fruta para duas de solução (m/v) e deixadas em repouso por 24 horas sob refrigeração (4 ± 2 °C). A adição de bissulfito de sódio teve o objetivo de evitar o escurecimento enzimático e manter o pH da solução entre 4,0 e 5,2. Esta faixa de pH proporciona condições ótimas para ativação das enzimas naturais da banana como a poligalacturonase e pectinase, que ajudam na hidrólise das paredes celulares da polpa permitindo a liberação dos grânulos de amido sem degradá-los (WHISTLER, 1998). Após esse período, a polpa foi processada em liquidificador industrial (marca Urano - modelo UCB 950F), por 8 segundos com massa filtrada em peneira granulométrica de 200 mesh, onde o resíduo retido foi lavado, até que o líquido de saída se apresentasse límpido. O filtrado permaneceu em repouso por 30 minutos e o sobrenadante foi descartado. A massa decantada foi submetida à secagem em estufa de secagem e renovação de ar (marca Solab – modelo SL 102) a 40 °C por aproximadamente 4 horas (tempo necessário para atingir umidade entre 12 e 13 %) (CHIANG, CHU; CHU, 1987). O pó resultante foi pesado, etiquetado e armazenado. As etapas de extração estão apresentadas na Figura 5.

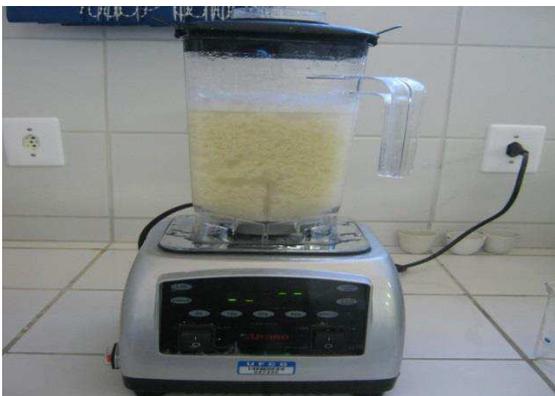
Figura 5 – Etapas de extração do amido da banana verde



1- Corte em rodelas



2- Imersão em solução de bissulfito de sódio 1%



3- Trituração em liquidificador



4- Filtração em peneira granulométrica de 200 mesh



5- Obtenção do “leite do amido”



6- Repouso para a decantação do amido



7- Amido decantado

Fonte: A Autora



8- Amido seco

4.2.3 Rendimento de extração

O rendimento da extração do amido foi avaliado pela massa de amido final (b.s.) dividida pela massa da banana utilizada para extrair (b.s.) e expressa em porcentagem.

4.2.4 Modificação hidrotérmica do amido

4.2.4.1 Modificação por tratamento térmico em baixa umidade

O tratamento térmico em baixa umidade do amido da banana-prata verde (*Musa* ABB Subgrupo 'Prata') foi realizado segundo método descrito por Horndok e Noomhorm (2007). Os amidos foram condicionados em 15, 20 e 25% de umidade para posterior tratamento térmico. A água necessária para atingir a umidade desejada do amido foi adicionada aos poucos com auxílio de uma bureta, ocorrendo a mistura em batedeira planetária (marca-Arno) durante 15 minutos, com velocidade baixa. Após a mistura, o amido foi colocado em recipientes de vidro hermeticamente fechado e armazenados a 4 °C por quatro dias para uniformização da umidade. As amostras foram autoclavadas a 110 °C durante uma hora e posteriormente secas em estufa de secagem e renovação de ar a 40 °C até aproximadamente 10% de umidade, em seguida, foram maceradas e armazenadas em recipientes herméticos para posterior avaliação.

A quantidade de água para se atingir a umidade necessária foi calculada através da equação 1.

$$H = [(100 - I) / (100 - D) - 1] * Q \quad (1)$$

Onde:

H = quantidade de água adicionada em mL;

I = umidade inicial da amostra;

D = umidade desejada;

Q = quantidade de amostra em g.

4.2.4.2 Modificação por *annealing*

O amido da banana foi tratado com excesso de água (1:9 amido/água) em banho-maria durante 16 horas em temperaturas de 45, 50 e 55 °C, segundo método de Horndok e Noomhorm (2007). Após o tratamento hidrotérmico, a suspensão de amido e água foi centrifugada e o amido foi suspenso em água e centrifugado novamente para posterior secagem em estufa de secagem e renovação de ar a 40 °C até aproximadamente 10% de umidade. As amostras foram maceradas e armazenadas em recipientes herméticos para posterior avaliação.

4.2.5 Caracterização físico-química dos amidos

Os amidos da banana verde nativo, modificados hidrotermicamente e o amido de milho comercial foram avaliados quanto ao teor de umidade (AACC nº 44-15A, 1995), teor de cinzas (AACC nº 08-01, 1995), teor de proteína (AACC nº 46-13, 1995), acidez total e pH (AOAC, 1995).

O teor de compostos fenólicos seguiu o procedimento de Goldstein e Swain (1963) utilizando ácido tânico como padrão e o método para a determinação do amido total foi realizado conforme determinado pela Instrução Normativa nº 20 (BRASIL, 1999) com algumas modificações, o procedimento detalhado encontra-se no Anexo 1.

O teor de lipídios no amido nativo foi determinado pelo método nº 30-20, da AACC (1995), em extrator Soxhlet utilizando hexano como solvente.

4.2.6 Determinação do teor de amido resistente e amilose

A determinação de amido resistente foi realizada segundo a metodologia da AOAC, Method 2002.02 (McCLEARLY; MONAGHAN, 2002) com algumas modificações descritas detalhadamente no Anexo 2.

O teor de amilose foi determinado pelo método colorimétrico do iodo simplificado, que se baseia na transmissão da luz através de um complexo colorido que a amilose forma ao reagir com iodo, de acordo com a metodologia de Martinez e Cuevas (1989) com algumas modificações que estão descritas no Anexo 3.

4.2.7 Propriedades funcionais dos amidos

4.2.7.1 Poder de inchamento e solubilidade em função da temperatura

A solubilidade e o poder de inchamento 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 tarado e adicionou-se 10,00 mL de água destilada, homogeneizou-se as suspensões por 5 minutos em vortex. Após esse tempo, adicionou-se um agitador magnético em cada tubo e foram colocados para aquecer em banho-maria por 30 minutos nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 °C, sendo cada experimento em uma temperatura. Depois de gelatinizadas, as suspensões foram resfriadas e centrifugadas por 15 minutos a 2120 G.

Para a determinação da solubilidade (%) das amostras os sobrenadantes foram cuidadosamente colocados em cadinhos previamente tarados e o volume foi seco em estufa de secagem e esterilização a 105 °C até atingir massa constante.

O poder de intumescimento (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 intumescimentos foram obtidos a partir das equações (2) e (3), respectivamente.

$$S = \frac{M_{\text{sob. seco}}}{M_{\text{amido}}} \times 100 \quad (2)$$

$$PI = \frac{M_{\text{precipitado}}}{M_{\text{amido}}(100 - S)} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

S = solubilidade;

PI = poder de inchamento;

$M_{\text{sob. seco}}$ = massa do sobrenadante seco;

$M_{\text{precipitado}}$ = massa do precipitado;

M_{amido} = massa do amido.

4.2.7.2 Poder de inchamento e solubilidade em função do pH

O poder de inchamento (g água/g amostra seca) e a solubilidade (%) foram medidos em triplicatas seguindo-se as metodologias descritas por Sathe e Salunkhe (1981) e Lawal e Adebowale (2005) com algumas modificações. Pesou-se em triplicata 0,1 g do amido diretamente em tubo de centrífuga previamente tarado e adicionou-se 10,00 mL de água destilada, homogeneizaram-se as suspensões por 5 minutos em vortex. Após esse tempo os pHs das suspensões foram ajustados para 3, 5, 7, 9 e 12 com solução de HCl (0,1 M) e NaOH (0,1 M). As amostras foram deixadas em repouso por 1h a 30 °C e em seguida centrifugadas a 2120 G por 15 minutos.

Para a determinação da solubilidade das amostras os sobrenadantes, foram cuidadosamente colocados em cadinhos previamente tarados e o volume foi seco em estufa a 105 °C até atingir massa constante.

O poder de intumescimento (g água/g amostra seca) foi determinado através do precipitado (gel) que permaneceu no fundo dos tubos de centrífuga. O mesmo foi pesado, obtendo-se a massa do precipitado. Os cálculos para as determinações da solubilidade e poder de intumescimentos foram obtidos a partir das equações (2) e (3), descritas no item 4.2.7.1.

4.2.7.3 Capacidade de absorção de água e óleo

O método de Beuchat (1977) foi usado para a determinação da capacidade de retenção de água e óleo dos amido da banana verde com e sem modificação e do amido de milho comercial. Onde 10,00 mL de água destilada ou óleo (óleo de soja SOYA Bunge- Indústria Brasileira) foram adicionados a 1,00 g da amostra em tubos de centrífuga. As suspensões foram homogeneizadas durante 30 segundos e em seguida deixadas em repouso por 30 minutos. Posteriormente os tubos foram fechados e centrifugados por 30 minutos a 2600 rpm. O sedimento no tubo da centrífuga após separação do sobrenadante foi pesado e a capacidade de absorção da água ou do óleo foi calculada conforme equação (4) descrita abaixo:

$$\%CAA \text{ ou } CAO = PS/PAS \times 100 \quad (4)$$

Onde:

CAA = capacidade de absorção de água;

CAO = capacidade de absorção de óleo;

OS = massa do sedimentado em gramas;

PAS = massa de amostra seca em gramas.

4.2.7.4 Claridade da pasta

Na análise da claridade da pasta foram preparadas suspensões, em triplicata, de amido na concentração de 1% e gelatinizadas a 90 °C por 1 h, com agitação, e em seguida foram resfriadas por 1 hora a 30 °C.

As amostras foram mantidas em refrigerador a aproximadamente 4 °C. De cada amostra foi medida a absorvância em espectrofotômetro digital, no intervalo de luz visível a 640 nm, nos períodos de 24, 48, 72 e 120 horas (SINGH; SANDHU; KAUR, 2004). O percentual de transmitância (%T) foi calculado para cada amostra conforme equação (5).

$$(\%T)=10^{(2-A)} \quad (5)$$

Onde:

(%T) é o percentual de transmitância e A é a absorvância.

4.2.7.5 Capacidade de gelificação

O método utilizado por Lawal e Adebowale (2005) foi utilizado para o estudo de gelificação do amido da banana verde e do amido de milho comercial. Onde foram pesados de 2 a 14% (p/v) de amido em tubo de ensaio contendo 5,00 mL de água. A suspensão foi mixada em vortex e submetida à temperatura de 80 °C por 30 minutos em banho-maria. Após esse tempo a mistura permaneceu em repouso a 4 °C por 2 horas. A concentração mínima de gelificação foi determinada como aquela concentração em que a amostra do tubo invertido não escorregou pelo mesmo.

4.2.7.6 Sinérese

Para a medida da sinérese das amostras de amido, foram preparadas suspensões, em tubos de centrífuga. Os teores de amido utilizados para o preparo das suspensão foram de 10% (amido de milho), 6% (amido da banana nativo), 10% (amido modificado por TTBU 15% e TTBU 20%), 12% (amido modificado por TTBU 25%), 8% (amido modificado por ANN 45 °C e ANN 50 °C) e 10% (amido modificado por ANN 55 °C). Concentrações em que

a amostra não escorregou pelo tubo determinado previamente na análise de gelificação. As suspensões foram gelatinizadas a 85 °C por 30 minutos, com agitação, seguidas por resfriamento em banho de gelo até atingir temperatura ambiente. As amostras foram armazenadas a 4 °C por 24, 48, 72, 120 e 360 h. A sinérese foi medida como o percentual (%) de água liberado após a centrifugação das amostras a 1500 G por 15 minutos (SINGH; SANDHU; KAUR, 2004).

4.2.8 Microscopia eletrônica de varredura

A avaliação da morfologia do grânulo de amido foi realizada por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), que é um equipamento capaz de produzir imagens de alta ampliação (até 300.000 x) e resolução. A caracterização do amido, por MEV, foi realizada pelo Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UNICAMP, num equipamento fabricado pela HITACHI®, modelo TM 1000, acoplado com sistema para microanálise química por Espectroscopia de Energia Dispersiva – EDS, para conferir condutividade ao amido, as amostras foram recobertas em ouro.

4.3 Análise Estatística dos Dados

Os resultados do presente estudo, foram analisados por Análise de Variância (ANOVA), onde obteve-se a média e desvio padrão. As médias foram submetidas ao teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da Matéria-Prima

Os parâmetros de avaliação do estágio de maturação e de qualidade da banana utilizada como matéria-prima para extração do amido no presente estudo, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação física e físico-química da banana-prata (*Musa* AAB Subgrupo Prata)

Parâmetros analisados	
Umidade (%)	69,59 ± 0,25
Cinzas (%)	0,92 ± 0,01
Proteína (N x 6,25)	0,85 ± 0,01
Lipídios (%)	0,65 ± 0,02
Teor de amido (%)	37,13 ± 2,18
Açúcares solúveis totais (%)	0,96 ± 0,10
Amilose (%)	36,03 ± 1,11
pH	5,66 ± 0,02
Acidez (g ác. málico/100g amostra)	0,18 ± 0,01
Compostos fenólicos (g ác. tânico/100g amostra)	0,071 ± 0,00
Firmeza (N)	36,03 ± 1,11

No processo de maturação, a banana passa por mudanças físicas e químicas que caracterizam a maturidade da fruta. No presente estudo, os valores obtidos para o pH 5,66, acidez 0,18 g de ác. málico/100 g e firmeza de 36,03 N, conforme observado na Tabela 1, comparados aos resultados obtidos por Izidoro (2011), pH 5,52, acidez 0,16 g de ác. málico/100 g e firmeza de 31,35 N, em estudos realizados com banana verde, estágio 1 de maturação, indicam que a fruta em estudo, encontra-se no estágio inicial de maturação.

Os teores de cinzas e açúcares totais foram semelhantes aos encontrados por Leonel et al. (2011) em estudos com bananas de diferente genótipos. O teor de cinzas obtido foi de 0,94% para a banana Prata-Anã e 0,91% de açúcares totais para a banana Caipira. No entanto, os teores de amido e lipídios foram inferiores a este estudo, com valor máximo de 27,20% de amido para a banana Figo Cinza e 0,20% de lipídio para a banana Prata-Anã. Já os teores de proteínas foram superiores com valor mínimo de 1,07 para a banana Fhia. O conhecimento da quantidade de cinzas, proteínas, lipídios e amido da matéria-prima utilizada para extração do

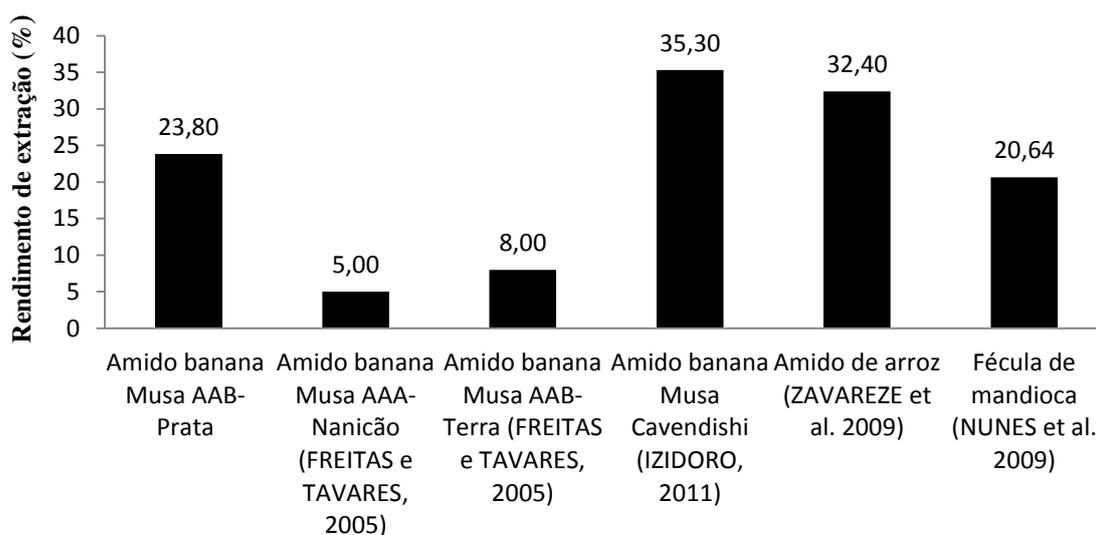
amido é de suma importância para a escolha do método de extração, purificação e análise da qualidade do amido obtido.

O conteúdo de compostos fenólicos (0,071 g ác. tânico/100 g de amostra) aproximou-se do encontrado por Nascimento Junior et al. (2008) em banana cv prata, com valor de 0,057 g ác. tânico/100 g de amostra.

5.2 Rendimento de Extração

Na Figura 6, estão apresentados os rendimentos de extração em base seca do amido da banana verde (*Musa AAB-prata*), analisada no presente estudo, de amidos de outras variedades de banana bem como, de amidos de outras fontes botânicas.

Figura 6 – Comparação do rendimento de extração do amido da banana verde e outras fontes botânicas



O rendimento de extração do amido obtido da banana (*Musa AAB-Prata*) foi de 23,80%, valor bastante superior comparado aos obtidos por Freitas e Tavares (2005) para as bananas (*Musa AAA-Nanicão*) que foi de 5,00% e (*Musa AAB-Terra*) com rendimento de 8,00%. Já o rendimento de extração da banana (*Musa Cavendishi*), determinado por Izidoro (2011), foi de 35,30%. Os diferentes valores obtidos para os rendimentos podem ser explicados pelos métodos de extração utilizados, assim como, as diferentes variedades utilizadas para a obtenção do amido (SINGH; SANDHU; KAUR, 2004).

Zavareze et al. (2009) e Nunes, Santos e Cruz. (2009) obtiveram rendimento de extração para os amidos de arroz de baixa amilose e fécula de mandioca variedade Eucalipto

de 32,4 e 20,64%, respectivamente. Esses resultados demonstraram que o amido extraído da banana verde quando comparados ao rendimento de amidos extraídos de fontes convencionais apresenta bom rendimento, mostrando viabilidade tecnológica.

5.3 Caracterização Físico-Química dos Amidos

Os resultados da caracterização físico-química do amido da banana nativo, dos amidos modificados por TTBU e *annealing*, e do amido de milho analisado para comparação com os demais amidos estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

O amido é constituído praticamente de carboidratos, embora, substâncias como proteínas, lipídios e cinzas estejam presentes em sua composição (CAVALCANTI et al., 2011), assim, a determinação destes constituintes é importante para avaliar a qualidade e a eficiência do método de extração do amido, bem como, o tratamento utilizado.

Tabela 2 – Comparação de médias e desvio padrão da caracterização físico-química do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por tratamento térmico em baixa umidade (TTBU), utilizando 15, 20 e 25% de umidade.

Amostras dos amidos	Parâmetros analisados							
	Umidade (%)	Teor de amido (%)	Proteína (N x 6,25)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	pH	Acidez (g ác. málico/100 g amostra)	Compostos fenólicos (g ác. tânico/100 g amostra)
AM	8,89 ± 0,19 ^b	93,77 ± 1,37 ^a	1,14 ± 0,24 ^a	-	0,07 ± 0,01 ^b	4,87 ± 0,10	0,17 ± 0,00 ^a	0,042 ± 0,00 ^a
ABPN	9,74 ± 0,36 ^a	71,29 ± 0,86 ^b	0,99 ± 0,26 ^{ab}	0,65 ± 0,02	0,19 ± 0,02 ^a	5,80 ± 0,14	0,13 ± 0,00 ^b	0,027 ± 0,00 ^b
TTBU 15%	8,68 ± 0,23 ^b	60,42 ± 1,30 ^c	0,57 ± 0,25 ^b	-	0,08 ± 0,00 ^b	5,71 ± 0,13	0,10 ± 0,00 ^c	0,019 ± 0,00 ^c
TTBU 20%	8,73 ± 0,08 ^b	63,55 ± 0,48 ^d	0,84 ± 0,00 ^{ab}	-	0,06 ± 0,00 ^b	5,58 ± 0,01	0,07 ± 0,00 ^d	0,013 ± 0,00 ^d
TTBU 25%	8,80 ± 0,16 ^b	67,32 ± 1,25 ^c	0,85 ± 0,00 ^{ab}	-	0,07 ± 0,00 ^b	5,65 ± 0,01	0,10 ± 0,00 ^c	0,010 ± 0,00 ^c

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de umidade dos amidos modificados por TTBU e do amido de milho foram semelhantes entre si, diferindo estatisticamente apenas em relação ao amido nativo da banana. O teor de umidade variou de 8,68 a 9,74%, estes percentuais estão abaixo do valor de 14% estipulado pela Instrução Normativa nº 23 de 2005. Nunes, Santos e Cruz (2009) reportaram em seu estudo teores de umidade entre 11,47 e 12,11% para fécula de mandioca e segundo os autores, baixos teores de umidade asseguram a estabilidade microbiológica do alimento conseguida à custa da baixa atividade de água.

Conforme se observa na Tabela 2, o teor de amido diferiu estatisticamente entre todos os amidos analisados. O maior teor observado foi para o amido de milho 93,77%, resultado bastante próximo ao reportado por Hernandez-Lauzard et al. (2004) que foi de 91,4%.

Os amidos da banana apresentaram teores de amidos inferiores aos obtidos por Bello-Pérez et al. (1998) e Nunez-Santiago, Bello-Perez e Tecante. (2004) para o amido extraído da banana (*Musa paradisiaca*) e, aproximado ao obtido por Cardenette (2006) para o amido extraído da banana (*Musa spp.* Nanica) 79,7%, isso em relação ao amido da banana nativo analisado no presente estudo. Muccillo (2009) reporta em seu trabalho que os diferentes resultados encontrados para os teores de amido podem ser explicado pela diferença de protocolos de extração utilizados, assim como, pelas diferenças da matéria-prima devido a fatores como: clima, solo e época da colheita.

A quantidade de proteínas do amido da banana nativo e dos modificados por TTBU 20 e 25% foi semelhante estatisticamente com o resultado obtido para o amido de milho. Houve diferença apenas entre o TTBU 15% e o amido de milho, já em relação ao teor de cinzas a diferença ocorreu entre o amido de banana nativo e o de milho, os demais foram estatisticamente semelhantes.

Conforme observado na Tabela 2 às quantidades dos constituintes proteínas e cinzas presentes no amido foram mínimas. Segundo Leonel e Cereda (2002), o amido, após sua extração e purificação sempre carrega consigo parte de tais constituintes presentes nos tecidos parenquimáticos e, embora estejam em pequenas quantidades no amido elas podem interferir nas propriedades físico-químicas e funcionais do mesmo. Desta forma quanto menor for o teor de proteínas, cinzas e lipídios maior a qualidade do amido extraído. Zavareze et al. (2009) obtiveram valores entre 0,40 e 1,03% para proteínas e quantidades entre 0,19 e 0,40% de cinzas em amido de arroz, estes valores foram próximos aos determinados neste trabalho. Galdeano et al. (2009) determinaram no amido de aveia teor de proteína inferior aos encontrados para o amido de milho e os amidos da banana com e sem modificação, já a quantidade de cinzas foi superior, os valores foram de 0,41% e 0,32%, respectivamente.

D'Agostini et al. (2008) reportaram em seu estudo com amidos extraídos de duas variedades de banana (nanica e maçã) valores de cinzas entre 0,40 e 1,29% e Izidoro (2011) obteve 0,36% de proteína e 0,11% de cinzas na banana (*Musa Cavendishi*).

O pH não diferiu estatisticamente entre os amidos da banana com e sem modificação. Os valores obtidos entre 5,58 e 5,80 foram próximos aos reportados por Rechsteiner (2009) para féculas de mandioca e batata, com valores de 5,91 e 5,55 respectivamente. A acidez variou de 0,07 a 0,17 g ác. málico/100 g de amostra, sendo o maior valor obtido para o amido de milho e o menor para o amido modificado por TTBU 20%.

A quantidade de compostos fenólicos determinados em gramas de ácido tânico por 100 gramas de amostra foi inferior à quantidade determinada no amido de milho para fins de comparação, os valores obtidos para os amidos da banana com e sem modificação variou entre 0,010 e 0,027 e, para o amido de milho o valor foi de 0,042 g ác tânico/100 g de amostra. O baixo teor deste composto nos amidos da banana é importante por não agir como componente antinutricional quando adicionado ao alimento. Segundo Silva e Silva (1999) fatores antinutricionais podem reduzir o valor nutricional dos alimentos, provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de certos nutrientes.

Quanto à caracterização físico-química dos amidos modificados por *annealing* comparada ao amido da banana nativo e ao amido de milho, os dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação de médias e desvio padrão da caracterização físico-química do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN), utilizando temperatura de 45, 50 e 55 °C.

Amostras de amidos	Parâmetros analisados							
	Umidade (%)	Teor de amido (%)	Proteína (N x 6,25)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	pH	Acidez (g ác. málico/100g amostra)	Compostos fenólicos (g ác. tânico/100g amostra)
AM	8,89 ± 0,19 ^b	93,77 ± 1,37 ^a	1,14 ± 0,24 ^a	-	0,07 ± 0,01 ^b	4,87 ± 0,10	0,166 ± 0,00 ^a	0,042 ± 0,00 ^a
ABPN	9,74 ± 0,36 ^a	71,29 ± 0,86 ^b	0,99 ± 0,26 ^a	0,65 ± 0,02	0,186 ± 0,02 ^a	5,80 ± 0,14	0,132 ± 0,00 ^b	0,0267 ± 0,00 ^b
ANN 45°C	9,41 ± 0,02 ^{ab}	67,32 ± 0,49 ^c	0,86 ± 0,01 ^a	-	0,035 ± 0,00 ^c	5,73 ± 0,10	0,082 ± 0,01 ^c	0,010 ± 0,00 ^c
ANN 50°C	9,33 ± 0,22 ^{ab}	64,65 ± 1,06 ^c	0,86 ± 0,01 ^a	-	0,007 ± 0,00 ^d	5,85 ± 0,11	0,066 ± 0,00 ^c	0,005 ± 0,00 ^e
ANN 55°C	9,09 ± 0,16 ^b	67,07 ± 1,40 ^c	0,86 ± 0,01 ^a	-	0,010 ± 0,00 ^{cd}	5,83 ± 0,03	0,066 ± 0,00 ^c	0,008 ± 0,00 ^d

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de umidade variou de 8,89 a 9,74%, havendo diferença estatística entre o amido de milho e o amido nativo da banana, já entre os amidos modificados e o amido de milho não ocorreu diferença. Estes valores são semelhantes ao apresentado por Rechsteiner (2009) para o amido de mandioca, com valor de 9,61% e inferior aos valores obtidos por Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009) para amidos de milho normal e ceroso com valor de 13,7%, assim como, em relação ao amido de milho de alto teor de amilose com umidade de 16,3%. Essas diferenças ocorrem provavelmente devido aos procedimentos analíticos e tempo de secagem.

Observou-se que com a modificação física o teor de amido foi reduzido de 71,29% (amido nativo) para 67,32, 64,65 e 67,075 nos amidos ANN 45 °C, ANN 50 °C ANN 55 °C, respectivamente, essa redução ocorreu provavelmente em decorrência da hidrólise do amido em açúcares solúvel.

O teor de proteína variou de 1,14 a 0,86%, não havendo diferença significativa entre as amostras analisadas, esses valores foram superiores aos determinados por Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009) em amidos de milho normal, ceroso e de alto teor de amilose, sendo estes valores de 0,05, 0,01 e 0,06%, respectivamente, e inferior ao teor de proteína do amido de amaranto obtido por Pereira (2004) que foi de 1,20%.

O conteúdo de cinzas foi semelhante estatisticamente entre os amidos ANN 55 °C e ANN 45 °C, bem como, entre ANN 55 °C e ANN 50 °C, variando entre 0,010 e 0,186%. Houve redução deste parâmetro nos amidos modificados em relação ao nativo, o decréscimo ocorreu em função do tratamento que provavelmente arrastou parte dos minerais ainda presentes no amido após sua extração e purificação.

O pH dos amidos modificados por *annealing* apresentaram semelhanças estatística entre si e em relação ao amido nativo de banana, variando entre 5,73 e 5,85, o amido de milho apresentou pH inferior com valor de 4,87, diferido estatisticamente em relação aos demais e a acidez dos amidos modificados não diferiu estatisticamente entre si, seus valores foram inferiores ao do amido de milho com 0,17 g de ác. málico/100 g de amostra, bem como em relação ao do amido da banana nativo com valor de 0,13 g de ác. málico/100 g de amostra, contra 0,082 g de ác. málico/100 g do amido ANN 45 °C e 0,066 g de ác. málico/100 g dos amidos ANN 50 e 55 °C.

As quantidades de compostos fenólicos do amido de milho e do amido nativo foram de 0,0420 e 0,0267 g de ác. tânico/100 g de amostra, valores superiores aos dos amidos modificados por *annealing*, que apresentaram teores de: 0,010, 0,005 e 0,008 g de ác. tânico/100 g de amostra para o amidos ANN 45 °C, ANN 50 °C e ANN 55 °C respectivamente. Todas as amostras diferiram estatisticamente entre si.

5.4 Teor de Amido Resistente e Amilose

Os valores obtidos para os teores de amido resistente e amilose dos amidos modificados, do amido nativo e amido de milho, encontram-se nas Tabelas 4 e 5 com suas médias e respectivos desvios padrão.

Tabela 4 – Comparação dos teores de amido resistente e amilose do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e dos amidos modificados por TTBU.

Parâmetros analisados (%)	Amostras de amido				
	AM	ABPN	TTBU 15%	TTBU 20%	TTBU 25%
Amido resistente	18,64 ± 0,65 ^d	24,92 ± 0,6 ^a	23,43 ± 0,15 ^b	23,92 ± 0,18 ^{ab}	20,74 ± 0,36 ^c
Amilose	29,84 ± 0,65 ^e	42,13 ± 0,65 ^b	37,33 ± 0,15 ^d	39,40 ± 0,18 ^e	47,10 ± 0,36 ^a

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A quantidade de amido resistente determinada nos amidos da banana com e sem modificação foi significativamente maior que a do amido de milho comercial. Houve redução no teor de amido resistente nos amidos modificados fisicamente por TTBU 15% e TTBU 25% em relação ao amido nativo de banana. O decréscimo foi maior na seguinte ordem: TTBU 25% (20,74%), TTBU 15% (23,43%), já o amido tratado por TTBU 20% (23,92%) não apresentou diferença significativa. Desta forma, as diferentes umidades utilizadas durante a modificação física influenciaram nos teores de amido resistente.

Silva (2008) determinou o teor de amido resistente em quatro variedades de fécula de mandioca, obtendo os seguintes valores: Fécula branca (in natura 10,53%; TTBU 18% 28,00%; TTBU 22% 37,41%; TTBU 25% 31,36%), Cascuda (in natura 19,76%; TTBU 18% 17,47%; TTBU 22% 6,94%; TTBU 25% 17,38%), Capora (in natura 20,18%; TTBU 18% 18,87%; TTBU 22% 17,56%; TTBU 25% 16,86%) e IAC 576/70 (in natura 21,34%; TTBU 18% 30,02%; TTBU 22% 15,71%; TTBU 25% 24,9%). Apesar destes amidos terem sido tratados com teores de umidade diferentes das utilizadas no presente estudo, observa-se que o TTBU dependendo da origem botânica, das características estruturais de cada amido, e do teor de umidade utilizada na modificação, poderá produzir resultados distintos quanto ao teor de amido resistente. É possível ainda que esta modificação afete a superfície dos grânulos com formação de poros ou fissuras tornando os grânulos mais susceptíveis a hidrólise enzimática.

O teor de amido resistente do amido nativo (24,92%) foi menor que os encontrados por Cardenette (2006) e Izidoro (2011) que foi de 66,1% (*Musa spp*) e 79,89% (*Musa*

cavendishi), respectivamente, e próximo ao reportado por Zhang e Hamaker (2012), com 27,00%. Os diferentes resultados no percentual podem ser explicados pelo diferente método de extração do amido, bem como, pela diferente variedade de banana utilizada e/ou estágio de maturação, solo, clima e cultivo. Para o amido de milho comercial o resultado de amido resistente (18,64%) foi próximo ao reportado por Zhang e Hamaker (2012) com valor de 16%.

Quanto aos resultados dos teores de amilose, os amidos da banana modificados por TTBU, com 15 e 20% de umidade, apresentaram teores de amilose significativamente menores que o amido nativo. Já o modificado com 25% de umidade aumentou o teor de amilose. Como o TTBU é um tratamento que utiliza calor e umidade, dependendo da origem botânica do amido, o teor de umidade utilizado no tratamento poderá produzir distintos resultados, neste caso o aumento no teor de amilose constatado no presente estudo, pode ser justificado segundo Miyoshi (2002), pela degradação das cadeias lineares mais externas da amilopectina que se tornam cadeias de amilose após o TTBU. Gonçalves et al. (2009) também avaliaram o teor de amilose do amido nativo e modificados por TTBU da batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) e observaram que o amido modificado com maior teor de umidade apresentou aumento significativo no teor de amilose (24,38%) em relação ao nativo (19,19%).

O valor de amilose (42,13%) do amido nativo da banana prata estudado, foi próximo ao encontrado por Waliszewski et al. (2003) para a banana (*Musa valery*) 40,70%, e superior aos encontrados por Leonel et al (2011) em estudos com sete genótipos de banana, com os seguintes resultados: Prata-Anã 29,55%, Fhia18 29,53%, Fhia01 28,96%, Nanicão 28,00%, Caipira 26,68%, Nam 32,07% e Figo Cinza 33,95%.

O amido de milho comercial analisado para comparação com os demais amidos no presente estudo apresentou 29,84% de amilose, valor significativamente inferior aos amidos da banana com e sem modificação. Comparando-se este valor com os da literatura observou-se que foi semelhante aos encontrados por Themeier et al. (2005), Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009) e Lee et al. (2013) com 30,00, 27,00, e 29,90% de amilose respectivamente e, superior aos reportados por Sandhu, Singh e Li (2008) entre 16,80 e 21,30% de amilose, em amidos de milho.

Os resultados de amido resistente e amilose dos amidos modificados por *annealing* estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação dos percentuais dos teores de amido resistente e amilose do amido de milho, amido de banana verde nativo e dos amidos modificados por *annealing*.

Parâmetros analisados (%)	Amostras de amido				
	AM	ABPN	ANN 45°C	ANN 50°C	ANN 55°C
Amido resistente	18,64 ± 0,65 ^c	24,92 ± 0,65 ^b	25,81 ± 0,44 ^{ab}	26,95 ± 0,62 ^a	25,25 ± 0,31 ^b
Amilose	29,84 ± 0,10 ^c	42,13 ± 0,26 ^a	41,21 ± 0,21 ^a	38,60 ± 0,50 ^b	39,12 ± 0,85 ^b

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme se observa na Tabela 5, a modificação por *annealing* promoveu aumento no teor de amido resistente no amido modificado a 50 °C. Provavelmente devido à retrogradação dos grânulos de amido após tratamento hidrotérmico houve formação de amido resistente do tipo AR₃. Esse dado é corroborado pela diminuição no teor de amilose que foi lixiviada na gelatinização do amido modificado a 50 °C. Para os modificados a 45 e 55 °C não houve alteração no teor de amido resistente em relação ao amido nativo. O aumento na quantidade de amido resistente em amidos de milho, ervilha e lentilha modificados por *annealing* a 15 °C também foi verificado por Chung, Liu e Hoover (2009) em relação ao nativo que era de 4,6, 10,0 e 9,10% passando para 8,00, 10,90 e 9,20% respectivamente. Esse aumento segundo o autor se deve as interações reforçadas entre as cadeias de amilose-amilose e/ou amilose-amilopectina proporcionada pelo *annealing*.

Com relação ao teor de amilose, a modificação hidrotérmica por *annealing* a 45 °C não promoveu alteração significativa quanto ao teor de amilose em relação ao amido nativo. Provavelmente, não ocorreu lixiviação da amilose para o meio, indicando que não ocorreu gelatinização dos grânulos de amido durante o tratamento por *annealing* a 45 °C (SERRANO; FRANCO, 2005). Já para os amidos modificados nas temperaturas de 50 e 55 °C houve redução na quantidade de amilose. Chung, Liu e Hoover (2009) estudando amidos de milho, ervilha e lentilha tratados por *annealing* e TTBU também verificou diminuição no teor de amilose. O decréscimo foi justificado pelo aumento na interação entre as cadeias de amilose e amilopectina, bem como, pela formação de complexos entre a amilose e lipídios, porém, este último apresenta menor influencia uma vez que apenas quantidades vestigiais de lipídios estavam associadas com os grânulos dos amidos por ele estudado.

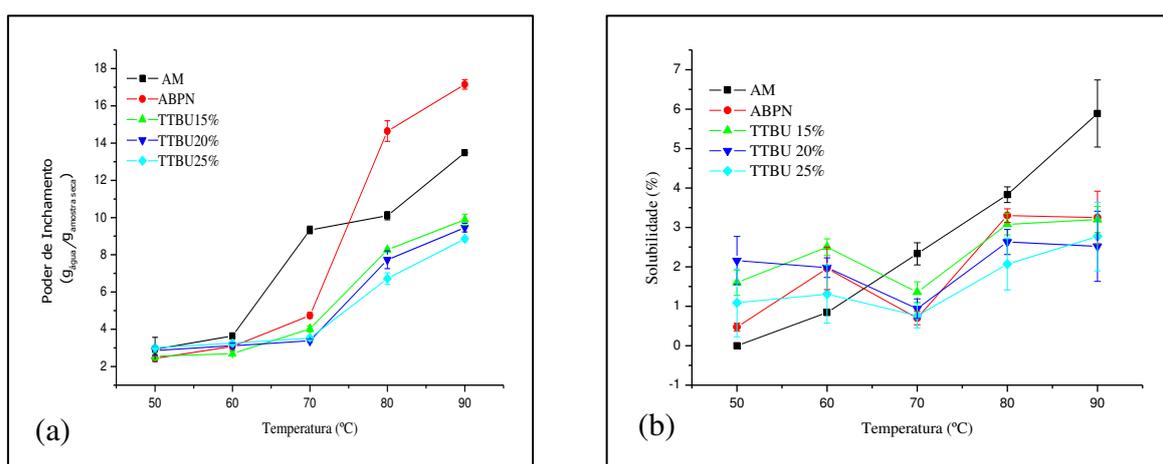
5.5 Propriedades Funcionais

5.5.1 Poder de inchamento e solubilidade em função da temperatura

O poder de inchamento (PI) e a solubilidade apresentam-se relacionados e são determinados pelo fornecimento de calor ao sistema (amido em excesso de água).

A temperatura elevada o grânulo de amido absorve água de forma irreversível, perdendo sua estrutura cristalina que é corrompida devido ao relaxamento de pontes de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina, acarretando um aumento do tamanho dos grânulos em virtude do inchamento, ocorrendo ainda, parcial solubilização (SANTOS, 2009). Os valores obtidos para o poder de inchamento e solubilidade em função da temperatura dos amidos nativos e modificados fisicamente por TTBU e *annealing* encontram-se representados nos gráficos das Figuras 7a, 7b, 8a e 8b.

Figura 7 – Poder de inchamento (a) e solubilidade em função da temperatura (b) do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana modificado fisicamente por TTBU.



O Tratamento Térmico em Baixa Umidade conforme observado na Figura 7a, proporcionou uma redução no poder de inchamento nos amidos modificados em relação ao amido nativo. Comportamento semelhante também foi constatado por Zavareze (2009) com amidos de arroz de diferentes teores de amilose e por Gonçalves et al. (2009) com amidos de batata-doce, ambos modificados por TTBU.

A diminuição foi mais pronunciada no amido que foi tratado com maior teor de umidade (TTBU 25%) a partir de 70 °C. Chung, Liu e Hoover (2009) estudando amidos modificados por *annealing* e TTBU também verificou diminuição do PI destes amidos em relação ao nativo principalmente para o modificado com maior teor de umidade. A redução

foi justificada pelo aumento da cristalinidade e maior interação entre as cadeias de amilose e amilopectina proporcionada pela modificação que limita a capacidade de intumescimento.

O aumento da temperatura elevou o PI de todos os amidos analisados no presente estudo, este fato também foi observado por Hernandez-Medina et al. (2008) em amidos provenientes de tubérculos. Isso ocorre devido à ativação termodinâmica das moléculas do amido, aumentando a mobilidade granular e por consequência da penetração da água, facilitando a capacidade de inchamento (RIBEIRO, 2011). Os valores obtidos do poder de inchamento em gramas de água por gramas de amostra seca nas temperaturas 80 e 90 °C, respectivamente, (TTBU 15% 8,27 e 9,89; TTBU 20% 7,73 e 9,46; TTBU 25% 6,72 e 8,85 g de água/g de amostra seca) se encontram dentro dos intervalos reportados por Izidoro (2011) em estudos com amido de banana verde variedade nanica, seco em estufa, que foi de 7,54 e 10,43 g de água/g de amostra seca para as temperaturas de 80 e 90 °C respectivamente. Já para as temperaturas entre 50 e 70 °C, o amido estudado por Izidoro (2011) 4,32 e 9,46 g de água/g de amostra seca, respectivamente, apresentou maior capacidade de retenção de água que o apresentado neste estudo (TTBU 15% 2,55 e 4,02; TTBU 20% 2,86 e 3,38; TTBU 25% 3,01 e 3,53 g de água/g de amostra seca).

O PI além de dar indícios da capacidade do grânulo em reter água, também estabelece evidências do grau da interação molecular dentro do grânulo de amido. Em consequência disto, o amido de milho, segundo Albuquerque (2011), apresenta intumescimento limitado, que ocorre em dois estágios, sugerindo dois tipos de forças envolvidas nas interações entre as cadeias poliméricas que relaxam a diferentes temperaturas. Isso corrobora com os resultados aqui apresentados, onde o amido de milho comercial analisado apresentou incremento no PI em dois intervalos de temperatura (60-70 °C e 80-90 °C). O intumescimento para este amido foi maior entre as temperaturas 50-70 °C em relação aos amidos de banana com e sem modificação, sendo superado pelo amido da banana nativo em temperaturas superiores a 70 °C.

Quanto à solubilidade, pelo gráfico da Figura 7b, observou-se que a curva do amido de milho é crescente e as curvas dos amidos da banana nativo e modificados apresentaram algumas oscilações com crescimento e decréscimo em alguns intervalos de temperatura. Concordando com o fato de que intumescimento e solubilidade estão relacionados. Isso é melhor observado no comportamento obtido pelos amidos da banana a 70 °C, esta temperatura representou um divisor no comportamento do amido, dando indícios de que ela representa a temperatura aproximada de gelatinização dos amidos da banana analisados no presente trabalho. A análise de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) seria necessária

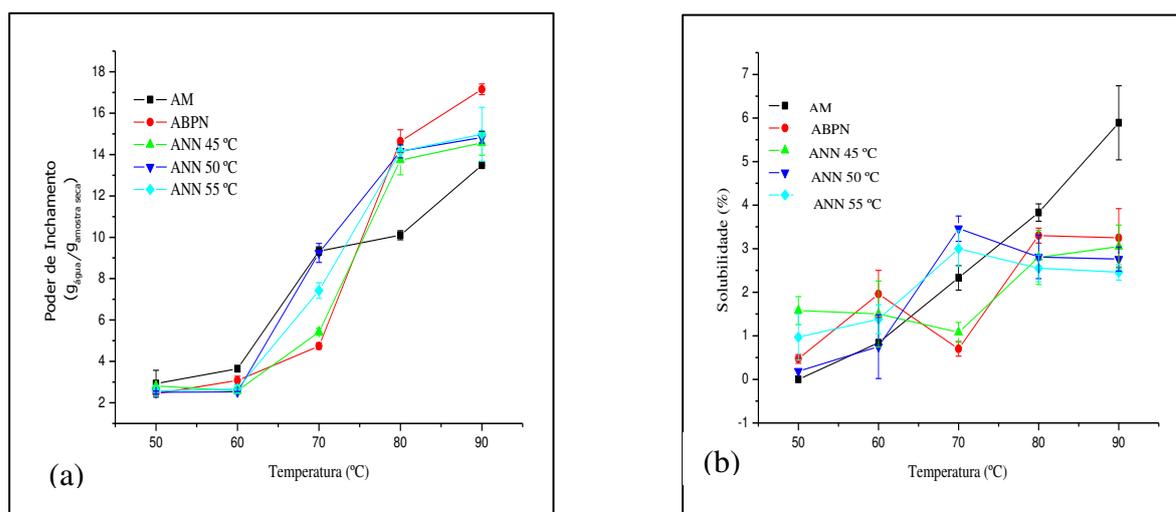
para confirmar a real temperatura de gelatinização. Os resultados para temperatura de gelificação ($T_i = 62,75 \text{ }^\circ\text{C}$ e $T_f = 71,29 \text{ }^\circ\text{C}$) obtidos por Izidoro (2011) se mostram coerentes com tal conclusão.

Os valores apresentados no presente estudo (Figura 7a e 7b) mostram que o PI e a solubilização até $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ainda não estão bem definidos e que só a partir da referida temperatura se observa valores mais acentuados. Este comportamento foi justificado por Hashim (1992), ele relata que durante a faixa de temperatura de gelatinização, o grânulo de amido tem um limitado intumescimento onde somente uma quantidade de carboidratos é solubilizada, mas à medida que a temperatura aumenta, acima da temperatura de gelatinização, existe um aumento do poder de intumescimento.

O amido de milho comercial analisado para fins de comparação com os amidos da banana mostrou-se mais solúvel. O percentual máximo de solubilidade dos amidos nativo e modificados (ABPN 3,30%; TTBU 15% 3,20%; TTBU 20% 2,63% e TTBU 25% 2,77%) analisados no presente estudo foi menor que o reportado por Waliszewski et al. (2003) em estudos com amido nativo da banana (*Musa valery*) 8,7%.

Quanto ao PI e a solubilidade dos amidos tratados por *annealing*, a Figura 8 mostra o comportamento desses amidos em relação ao similar nativo e ao amido de milho comercial.

Figura 8 – Poder de inchamento (a) e solubilidade (b) em função da temperatura do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido de banana verde modificado por *annealing* (ANN).



Entre 50 e $60 \text{ }^\circ\text{C}$ os amidos modificados apresentaram valores de PI muito próximos ao amido nativo de banana e ao amido de milho. A $70 \text{ }^\circ\text{C}$, os modificados obtiveram maiores PI em relação ao nativo, já o amido de milho nessa temperatura foi o que obteve maior valor

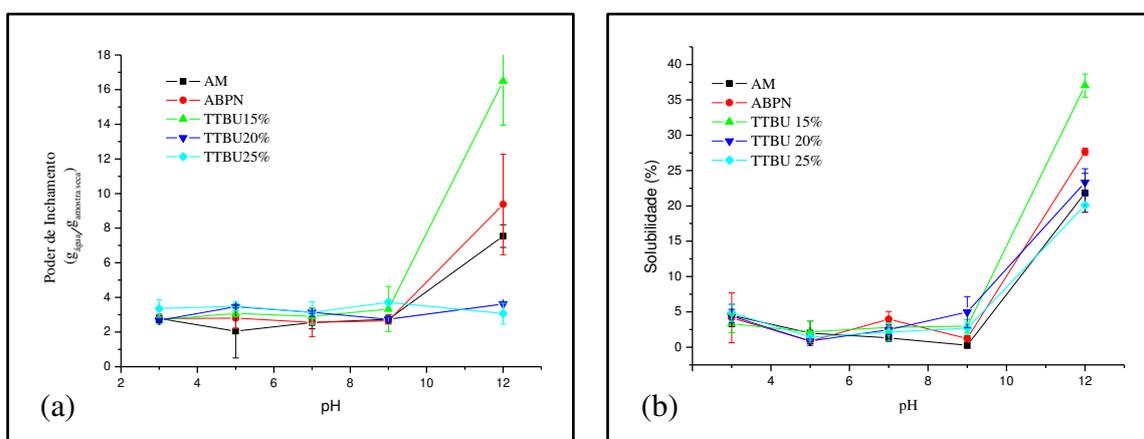
de PI, embora muito semelhante ao ANN 50 °C. Entre 80 e 90 °C os amidos com e sem modificação superaram os valores do PI do amido de milho, sendo que, o nativo foi o que mostrou maior capacidade de retenção de água e o ANN 45 °C o de menor capacidade. De modo geral os amidos submetidos ao *annealing* só obtiveram seus PIs reduzidos em relação ao amido nativo a 90 °C, a temperaturas inferiores, seus valores foram bem próximos ao nativo, exceto a 70 °C. Comportamento parecido também foi obtido por Zavareze (2009) em estudo com amido de arroz de alta amilose modificado por *annealing*.

Os valores obtidos para a solubilidade a 50, 60, 80 e 90 °C para o amido nativo da banana e os modificados fisicamente por *annealing* foram inferiores aos valores (1,8, 2,2, 7,8 e 8,7%) encontrados por Waliszewski et al. (2003) para amido de banana (*Musa valary*) nativo nas temperaturas de 50, 60, 80 e 90 °C, respectivamente. Já na temperatura de 70 °C os amidos modificados por ANN 50 °C e 55 °C apresentaram solubilidade (3,46 e 3,00%) próximas aos dos referidos autores (2,90%) .

5.5.2 Poder de inchamento e solubilidade em função do pH

O efeito do pH sobre o poder de inchamento e a solubilidade no amido de milho, no amido da banana nativo e nos amidos modificados por TTBU e *annealing*, estão apresentados nos gráficos das Figuras 9a, 9b, 10a, e 10b, respectivamente.

Figura 9 – Poder de inchamento (a) e solubilidade (b) em função do pH do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.



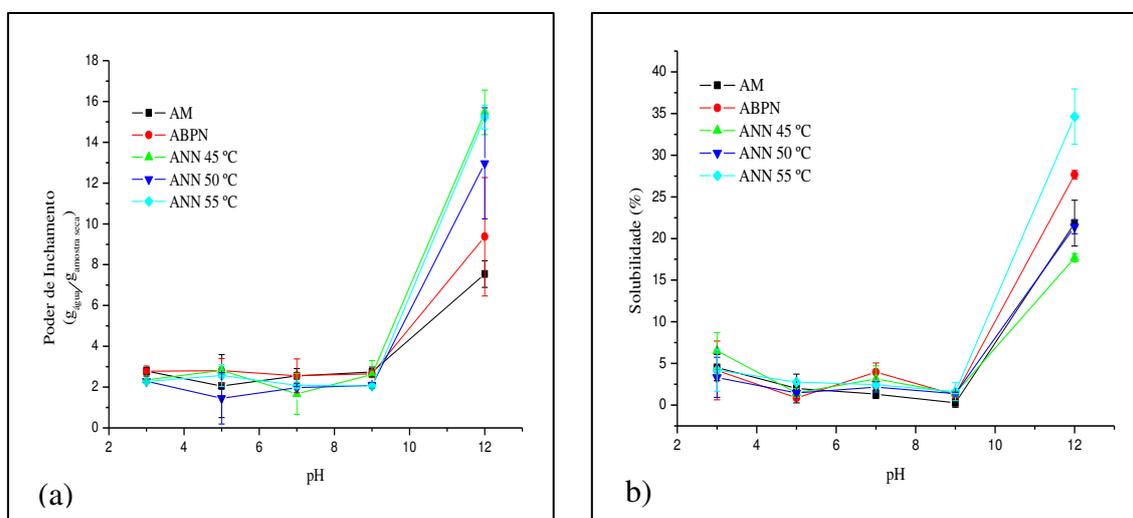
A variação do pH produziu diferentes efeitos entre os amidos modificados por TTBU, indicando que a umidade utilizada na modificação influenciou na propriedade de

intumescimento do amido. Estes efeitos foram os seguintes: houve pouca variação nos valores dos PIs dos amidos TTBU 20 e 25%, mostrando-se estáveis frente as oscilações do pH; o amido de milho, amido de banana nativo e o amido modificado por TTBU 15% mantiveram-se praticamente constantes até o pH 9 e, a partir deste, houve um aumento brusco nos PIs de 3,33 para 16,49 g água/g amostra seca no caso do TTBU 15%, de 2,65 para 9,37 g água/g amostra seca no amido nativo e de 2,74 para 7,54 g água/g amostra seca no amido de milho. Assim, o amido TTBU 15% mostrou-se com maior poder de inchamento em relação ao amido nativo da banana e ao de milho. Adebowale et al. (2005) também verificaram em seus estudos com amidos nativo e modificados por TTBU e *annealing* pouco aumento dos PIs entre pHs 2 e 6 e, aumento dessa propriedade em pHs alcalinos entre 8 e 12. Segundo Lawal e Adebowale (2005) em pH alcalino pode ocorrer gelatinização parcial do amido provocando aumento no inchaço e solubilidade dos amidos nestes pHs, como observado neste estudo.

A solubilidade dos amidos estudados obtiveram pouca variação entre os pHs 3 e 9. No entanto em pH 12 houve incremento, a ordem crescente do poder de solubilização conforme o gráfico da Figura 10b foi de: TTBU 25% < AM < TTBU 20% < ABPN < TTBU 15%. Adebowale et al. (2005) observaram que os maiores PIs ocorreram no amido nativo e modificados por TTBU 18 e 21% e os menores nos amidos modificados por TTBU 24 e 27%, corroborando com os resultados aqui apresentados para o PI em função do pH 12, onde os amidos modificados com menor teor de umidade obtiveram maiores solubilidades.

O poder de intumescimento e a solubilidade dos amidos modificados por *annealing*, do amido de milho e do amido da banana nativo representados nos gráficos das Figuras 10a e 10b, permaneceram praticamente constantes frente às variações de pH.

Figura 10 – Poder de inchamento (a) e solubilidade (b) em função do pH do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN).



Em pH 3 todos os amidos obtiveram PI entre 2,29 e 2,7 g água/g amostra seca. Em pH 5 o PI dos amidos ficou entre 1,45 e 2,82 g água/g amostra seca, no pH 7 os amidos alcançaram PI entre 1,66 e 2,56 g água/g amostra seca e em pH 9 os valores dos PIs ficaram entre 2,05 e 2,74 g água/g amostra seca. Pelos dados observou-se que no intervalo de pH 3 a pH 9 os amidos modificados de banana, o amido de banana nativo e o de milho obtiveram semelhanças.

Em pH 12 os amidos da banana com e sem modificação demonstraram maior poder de intumescimento em relação ao amido de milho e, com a modificação essa propriedade de intumescimento foi aumentada. Os amidos ANN 45 °C e ANN 55 °C foram os que obtiveram os maiores valores, sendo estes de 15,47 e 15,23 g água/g amostra seca respectivamente. O PI do ANN 50 °C foi de 12,97 g água/g amostra seca contra 9,37 e 7,54 g água/g amostra seca dos amidos da banana nativo e do amido de milho respectivamente. Esse aumento em pH alcalino ocorreu possivelmente devido a parcial gelatinização promovendo intumescimento nos grânulos dos amidos conforme já reportado neste trabalho. Comportamento semelhante foi observado por Araújo (2008) no amido nativo de batata-doce, onde o aumento considerável do PI do amido ocorreu entre os pHs 9 e 12.

A solubilidade assim como o poder de intumescimento dos amidos, obtiveram poucas variações entre os pHs 3 e 9 e aumento brusco em pH 12 para todos os amidos analisados sendo que, o ANN 55 °C obteve a maior solubilidade (34,64%) tornando-se superior ao amido nativo (27,66%), já o amido ANN 45 °C (17,68%) reduziu a solubilidade em relação ao amido nativo. O amido ANN 50 °C apresentou solubilização semelhante ao amido de milho, eles

apresentaram valores de 21,41 e 21,84%, respectivamente. Araújo (2008) obteve aumento da solubilização dos amidos de batata-doce nativo e succinilado desde o pH 7, o incremento manteve-se até o pH 12.

5.5.3 Capacidade de absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água e óleo do amido de milho, do amido da banana nativo e dos amidos modificados por TTBU são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação de médias e desvio padrão da capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU

Amostra	CAA (g _{água} /g amido)	CAO (g _{óleo} /g amido)
AM	1,72 ±0,02 ^c	1,73 ±0,00 ^c
ABPN	1,98 ±0,01 ^d	1,69 ±0,01 ^d
TTBU 15%	2,32 ±0,03 ^c	1,71 ±0,00 ^{cd}
TTBU 20%	2,44 ±0,02 ^b	1,77 ±0,01 ^b
TTBU 25%	2,67 ±0,04 ^a	1,93 ±0,02 ^a

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os amidos modificados por TTBU obtiveram sua capacidade de absorção de água aumentada em relação ao amido nativo. Todos esses amidos apresentaram diferença significativa, indicando que o teor de umidade usada no tratamento influenciou na propriedade de absorção de água do amido. Adebowale et al. (2009) também verificou incremento da capacidade de absorção de água em amido de feijão tratado por TTBU com diferentes teores de umidade, onde a menor CAA foi de 2,60 g água/g amido para o amido modificado por TTBU 18% e a maior CAA foi de 4,8 g água/g amido para o amido modificado por TTBU 27%. Esse comportamento também foi corroborado por Olayinka, Adebowale e Olu-Owolabi (2008) em amido de sorgo.

Os valores da CAA determinados no presente estudo para os amidos da banana foram inferiores ao reportado por Torre-Gutiérrez, Chel-Guerrero e Bentacur-Ancona (2008) em amido de banana da variedade (*Musa Balbisiana*), a qual apresentou CAA de aproximadamente 3,10 g água/g amido e, superior ao do amido da banana (*Musa valery*) que foi de 0,193 g água/g amido (WALISZEWSKI et al. 2003). Os diferentes resultados ocorreram provavelmente devido as diferentes variedades de banana, bem como, a metodologia empregada na determinação da CAA e extração do amido. A CAA do amido nativo foi de 1,98 g água/g amido, valor semelhante foi encontrado por Silva e Silva (2005) para a banana (*Musa Cavendish*), cujo valor foi de 1,98 g água/g amido.

A capacidade de absorção de água do amido de milho foi inferior aos outros amidos analisados, seu valor foi de 1,72 g água/g amido, valor próximo foi reportado por Fu et al, (2012), 2,19 g água/g amido.

Quanto à capacidade de absorção de óleo, foi observado que o TTBU aumentou o poder emulsificante desses amidos em relação ao amido nativo de banana e que quanto maior o teor de umidade utilizada na modificação maior a CAO. Este comportamento não foi observado por Adebowale et al. (2009) em amido de feijão modificado por TTBU, onde os amidos obtiveram suas CAO diminuída de 3,10 (amido nativo) para 2,70, 2,00, 1,80 e 1,00 g óleo/g amido nos amidos modificados por TTBU 18%, TTBU 21%, TTBU 24% e TTBU 27% respectivamente. Essa redução também foi verificada por Zavareze (2009) para os amidos de arroz de alto e médio teor de amilose tratados por TTBU, já para o amido de baixa amilose, o TTBU 25% promoveu aumento na CAO de 2,17 no amido nativo de arroz, para 2,25 g óleo/g amido.

A modificação física por tratamento térmico em baixa umidade proporcionou ao amido da banana estudado, aumento na natureza hidrofílica e lipofílica no grânulo do amido. Segundo Adebowale et al. (2005) as alterações nas propriedades do amido dependem da origem e condições de tratamento.

Em relação ao amido de milho verificou-se que ele apresentou maior CAO quando comparado ao amido nativo da banana e menor CAO em relação aos amidos modificados TTBU 20% e TTBU 25%. Quanto ao TTBU 15% não houve diferença significativa.

Estudos sobre a CAO em amidos de sorgo vermelho, sorgo modificado por TTBU 18% e feijão nativo foram realizados por Adebowale et al. (2005), Olayinka, Adebowale e Olu-Owolabi (2008) e Adebowale et al. (2009) respectivamente. Para o amido de sorgo vermelho nativo, a CAO foi de pouco mais de 1,50 g óleo/g amido, para o amido de sorgo modificado por TTBU 18% a CAO foi de 1,80 g óleo/g amido, valor semelhante ao amido modificado por TTBU 20% no presente estudo, e para o amido de feijão nativo a CAO foi 3,1 g óleo/g amido, valor bastante superior ao reportado no presente estudo para os amidos da banana com e sem tratamento.

Os dados sobre a capacidade de absorção de água e óleo dos amidos de banana modificados por *annealing*, estão na Tabela 7, eles foram comparados ao amido de milho e ao amido nativo similar.

Tabela 7 – Comparação de médias e desvio padrão da capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN).

Amostra	CAA (g _{água} /g amido)	CAO (g _{óleo} /g amido)
AM	1,72 ±0,02 ^b	1,73 ±0,00 ^a
ABPN	1,98 ±0,01 ^a	1,69 ±0,01 ^{bc}
ANN 45 °C	1,94 ±0,11 ^a	1,66 ±0,02 ^{cd}
ANN 50 °C	1,92 ±0,04 ^a	1,63 ±0,03 ^d
ANN 55 °C	1,98 ±0,02 ^a	1,72 ±0,01 ^{ab}

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados demonstram que a referida modificação não alterou a propriedade funcional do amido em absorver água em relação ao amido nativo de banana. Quanto à capacidade de absorção de óleo, o *annealing* reduziu essa a 50 °C e, não diferiu significativamente em relação as temperaturas de 45 e 55 °C. Indicando que o *annealing* nessas últimas temperaturas não promovem alteração do poder emulsificante do amido de banana nativo. Zavareze (2009) determinou a CAO de amidos de arroz de alta, média e baixa amilose modificado por *annealing* nas temperaturas de 45, 50 e 55 °C e observou distintos resultados, estes foram: não promoveu alteração nos amidos de alta amilose modificados a 45 e 50 °C e nos amidos de baixa amilose modificado a 55 °C; aumentou a CAO nos amidos de média amilose modificados a 45 e 50 °C e nos amidos de baixa amilose modificados a 45 e 50 °C; diminuiu a CAO nos amidos de alta amilose modificado a 55 °C e no amido de média amilose modificado a 55 °C.

Outros estudos com amidos modificados por *annealing* foram realizados onde se verificou aumento da natureza hidrofílica e lipofílica, como no caso do amido de sorgo vermelho estudado por Adebawale et al. (2005), onde a CAA aumentou de 1,50 (sorgo nativo), para pouco mais de 4,50 g água/g amido (sorgo modificado por *annealing* 50 °C). No caso da CAO aumentou de pouco mais de 1,50 para 2,25 g óleo/g amido.

Para o amido de feijão Adebawale et al. (2009) observou aumento da CAA de 1,40 para 5,00 g água/g amido e, redução da CAO de 3,10 para 1,50 g óleo/g amido.

Em relação ao amido de milho comercial, os amidos da banana apresentaram maior capacidade de absorção de água e menor capacidade de absorção de óleo para o amido nativo, ANN 45 °C e ANN 50 °C, o ANN 55 °C apresentou CAO semelhante.

5.5.4 Claridade da pasta

Os resultados da claridade das pastas dos géis do amido de milho, banana nativo e dos amidos modificados por TTBU e *annealing*, analisada em quatro diferentes tempos (24, 48, 72 e 120 horas), encontram-se na Tabela 8 e 9.

Tabela 8 – Comparação de médias e desvio padrão da claridade das pastas do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.

Amostra	Transmitância (%)			
	Tempo de Armazenamento			
	24h	48h	72h	120h
AM	44,60 ±0,53 ^{bA}	44,30 ±0,66 ^{cA}	43,03 ±,81 ^{cAB}	42,13 ±0,81 ^{cB}
ABPN	36,23 ±0,97 ^{cA}	27,60 ±0,40 ^{dB}	16,60 ±1,47 ^{dC}	7,43 ±2,15 ^{dD}
TTBU 15%	94,90 ±3,25 ^{aA}	93,97 ±3,21 ^{bA}	92,27 ±3,56 ^{bA}	87,37 ±3,07 ^{bA}
TTBU 20%	98,33 ±0,58 ^{aA}	97,67 ±0,99 ^{abA}	96,33 ±0,95 ^{abA}	90,67 ±0,45 ^{bb}
TTBU 25%	99,17 ±1,02 ^{aA}	98,40 ±0,53 ^{aA}	98,13 ±0,23 ^{aA}	97,93 ±0,21 ^{aA}

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Craig et al. (2005) estudando amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose, classificou as pastas em transparentes e opacas. A Transparente possui pouca associação das cadeias após a formação de pasta, sem estrutura granular, o que favorece a passagem de luz através desta. A pasta opaca apresenta uma estrutura granular mais organizada, com maior associação entre as cadeias, o que dificulta a passagem de luz.

Os valores da transmitância dos amidos modificados por TTBU observados na Tabela 8 revelaram aumento na transparência das pastas destes amidos em relação ao amido nativo, diferindo significativamente. Observou-se ainda que, para os amidos modificados, houve pouca variação na transmitância com o tempo de armazenamento, principalmente para o amido TTBU 15% e 25%, os quais apresentaram valores semelhantes entre os cinco tempos de armazenamento. O TTBU 20% apresentou valores semelhantes nos tempos de 24, 48 e 72 horas. A pouca variação também foi verificada para o amido de milho, onde nos tempos de 24 a 72 horas os valores foram semelhantes. Em relação a este, o amido modificado apresentou-se mais transparente, já o amido nativo apresentou-se mais opaco.

Entre os amidos modificados com diferentes teores de umidade (15, 20 e 25%), verificou-se que não houve diferença significativa no tempo de 24 horas, nos tempos de 48 e

72 horas TTBU 15% e TTBU 25% diferiram entre si e com 120 horas TTBU 15% e TTBU 20% diferiram do TTBU 25%.

Para todos os amidos a maior transmitância foi registrada no tempo de 24 horas, quais sejam: 44,60, 36,23, 94,90, 98,33 e 99,17% para o AM, ABPN, TTBU 15%, TTBU 20% e TTBU 25% respectivamente. A menor foi no tempo de 120 horas, quais sejam: 42,13, 7,43, 87,37, 90,67 e 97,93% para o AM, ABPN, TTBU 15%, TTBU 20% e TTBU 25% respectivamente. Waliszewski et al. (2003) e Torre-Gutiérrez, Chel-Guerrero e Bentacur-Ancona (2008) reportaram em seus estudos com amidos nativos de bananas *Musa valery* e *Musa balbisiana* valores máximos de transmitância de 1,2 e 17,5% respectivamente, sendo estes valores inferiores aos determinados no presente estudo para os amidos da banana com e sem modificação.

Segundo Santos (2009) maiores teores de amilose no amido resultam em pastas mais opacas enquanto que menores teores propiciam pastas mais claras. Este fato foi comprovado no presente estudo com o amido da banana nativo que apresentou menor transmitância que o amido de milho e maior teor de amilose. Porém, não foi observado os mesmos resultados para os amidos modificados por TTBU com teores de amilose superior ao do amido de milho analisado para fins de comparação. Rechsteiner (2009) encontrou 53,30 e 18,90% de transmitância a 650 nm para os amidos de mandioca e batata-doce respectivamente. Apesar destes amidos terem apresentado teores de amilose bastante semelhantes (18,61 e 18,85% respectivamente) suas transmitâncias foram bem divergentes. Santos (2009) cita que além do teor de amilose, o tamanho das cadeias pode explicar a claridade da pasta, pois quanto menor o tamanho das cadeias de amilose maior facilidade de alinhamento das cadeias lineares, o que favorece a rápida reassociação pelas pontes de hidrogênio aumentando a transmitância das pastas de amido.

A claridade da pasta pode ainda ser influenciada pela capacidade de absorção de água do grânulo de amido (TORRE-GUTIERREZ et al., 2008). Isto corrobora com os resultados do presente estudo, onde os amidos de maior CAA obtiveram maior transmitância.

Quanto aos amidos modificados por *annealing*, os resultados apresentados na Tabela 9 mostram que houve um decréscimo na transmitância no período de armazenamento (24 a 120h) tanto nos amidos modificados como no amido nativo.

Tabela 9 – Comparação de médias e desvio padrão da transmitância das pastas do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN).

Amostra	Transmitância (%)			
	Tempo de Armazenamento			
	24h	48h	72h	120h
AM	44,60 ±0,53 ^{bA}	44,30 ±0,66 ^{bA}	43,03 ±,81 ^{aAB}	42,13 ±0,81 ^{aB}
ABPN	36,23 ±0,97 ^{cA}	27,60 ±0,40 ^{dB}	16,60 ±1,47 ^{dC}	7,43 ±2,15 ^{cD}
ANN 45 °C	37,95 ±1,35 ^{cA}	30,77 ±0,75 ^{dB}	24,53 ±0,95 ^{cC}	17,85 ±0,85 ^{bD}
ANN 50 °C	38,00 ±3,12 ^{cA}	36,30 ±2,72 ^{cA}	31,17 ±2,36 ^{bA}	22,47 ±2,40 ^{bB}
ANN 55 °C	53,40 ±0,60 ^{aA}	49,20 ±2,00 ^{aA}	43,28 ±3,15 ^{aB}	22,40 ±2,42 ^{bC}

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O mesmo foi observado por Muccillo (2009) em amidos nativo e modificados de pinhão, e por Araújo (2008) em amidos de batata-doce, onde a transmitância diminuiu de 24,5% (1º dia) para 2% (9º dia). O fenômeno foi explicado pela tendência da pasta do amido em tornar-se opaca devido à retrogradação. Nesse sentido, no presente estudo observou-se que o decréscimo na transmitância foi mais acentuado no amido nativo de banana, o qual apresentou maior tendência a retrogradação.

Comparando-se os amidos da banana com e sem modificação com o amido de milho, verificou-se que o amido de milho apresentou maior percentual de transmitância, com exceção do amido ANN 55 °C que apresentou valores maiores de transmitância nos tempos de 24 horas, com 53,40% contra 44,60% transmitância do amido de milho, no tempo de 48 horas o ANN 55 °C obteve transmitância de 49,20% contra 44,30% transmitância do amido de milho e no tempo de 72 horas os dois amidos apresentaram transmitâncias semelhantes.

O valor da transmitância do amido de milho nativo obtido por Salay (1985) foi de 28%, valor inferior aos determinados no presente estudo, onde o percentual de transmitância ficou entre 44,60 e 42,13%.

Houve diferença nos resultados de transmitância entre os amidos modificados por *annealing* indicando que a temperatura utilizada na modificação influenciou nos resultados, pois quanto maior a temperatura, maior o percentual de transmitância obtido e consequentemente mais transparente foi à pasta, conforme observado na Tabela 9. Esses resultados refletem no aumento do leque de utilização deste amido na indústria de alimentos, podendo ser utilizado em alimento que exijam transparência, como geleias, doces de frutas, recheios de tortas entre outros.

5.5.5 Gelificação

A menor concentração de formação de gel (GLC) usada como índice de gelificação do amido de milho comercial, do amido de banana nativo e dos amidos da banana modificados por TTBU e *annealing* estão representados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 – Capacidade de gelificação do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.

Concentração (% p/v)	Amostras de amido				
	AM	ABPN	TTBU 15%	TTBU 20%	TTBU 25%
2	-líquido	-viscoso	-líquido	-líquido	-líquido
4	-viscoso	-viscoso	-viscoso	-líquido	-líquido
6	-viscoso	.gel	-viscoso	-viscoso	-viscoso
8	-viscoso	.gel	-viscoso	-viscoso	-viscoso
10	.gel	.gel firme	.gel	.gel	-viscoso
12	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel
14	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme
GLC*	10	6	10	10	12

* Concentração mínima de gelificação

Conforme se observa na Tabela 10, o tratamento hidrotérmico no qual se utilizou três teores de umidade (15, 20 e 25%), acarretou num aumento de concentração mínima de amido para gelificação, principalmente para o amido tratado por TTBU 25%, dobrando a quantidade de amido necessária para gelificação em relação ao amido nativo (6%). Quanto aos amidos modificados por TTBU 15% e TTBU 20% como já mencionado, a concentração mínima de amido necessária para a gelificação também aumentou ficando compatível com o amido de milho (10%). Notou-se ainda que, o TTBU 15% e TTBU 20% se comportaram de maneira praticamente semelhante, no entanto, na suspensão a 4% (p/v) o primeiro apareceu viscoso enquanto o TTBU 20% permaneceu líquido.

Adebowale et al. (2005) também observaram um aumento na GLC em amidos extraídos de sorgo vermelho modificados por TTBU, onde a concentração mínima de amido para formação de gel no amido nativo era de 15%, passando para 18, 21, 18 e 18% nos amidos tratados por TTBU a 18, 21, 24 e 27% de umidade, respectivamente.

Fatores como o tamanho, a proporção amilose/amilopectina, o tipo de organização cristalina e a estrutura do grânulo do amido, influenciam diretamente nas propriedades de gelificação (GONÇALVES, 2007). Um dos interesses na modificação dos amidos é a redução

da tendência das pastas em formarem géis (BEMILLER, 1997). O tratamento térmico em baixa umidade é umas das modificações físicas utilizadas com esse propósito.

Os resultados observados na Tabela 11 dos amidos modificados ANN 45 °C e ANN 50 °C mostraram que as diferentes temperaturas (45 e 50 °C) utilizadas no tratamento não influenciaram na concentração mínima de gelificação para esses dois amidos, os quais apresentaram GLC de 8% . Já o amido modificado ANN 55 °C diferiu dos outros dois com GLC de 10%.

Tabela 11 – Capacidade de gelificação do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing*.

Concentração (% p/v)	Amostras de amido				
	AM	ABPN	ANN 45°C	ANN 50°C	ANN 55°C
2	-líquido	-viscoso	-líquido	-líquido	-líquido
4	-viscoso	-viscoso	-viscoso	-viscoso	-viscoso
6	-viscoso	.gel	-viscoso	-viscoso	-viscoso
8	-viscoso	.gel	.gel	.gel	-viscoso
10	.gel	.gel firme	.gel firme	.gel firme	.gel
12	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme
14	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme	.gel muito firme
GLC*	10	6	8	8	10

* Concentração mínima de gelificação

Com a modificação, a concentração mínima de gelificação foi aumentada em relação ao amido nativo de banana. Com acréscimo máximo de 4% para o ANN 55 °C e mínimo de 2% para os ANN 45 °C e ANN 50 °C. Além do aumento na GLC, a modificação alterou o comportamento das suspensões de amido a 2%, nessa concentração a suspensão do amido nativo apresentava-se viscosa, já os amidos modificados apresentaram suspensões ainda líquida, comportando-se de maneira semelhante ao amido de milho.

No presente estudo, a concentração mínima de gelificação do amido de milho foi de 10%, valor inferior ao reportado por Cavalcanti (2011), que foi de 6%.

Diferentes resultados sobre o efeito do *annealing* nas propriedades de gelificação dos amidos são encontrados na literatura. Adebowale et al. (2005) verificaram que o *annealing* a 50 °C não alterou a propriedade de gelificação em amido de sorgo vermelho com GLC de 15%, permanecendo o mesmo após a modificação. Já para o amido de feijão modificado por *annealing* (50 °C), obteve seu GLC reduzido em relação ao nativo, que era de 8% passando para 2% (ADEBOWALE et al. (2009). O efeito do *annealing* sobre as propriedades de pasta

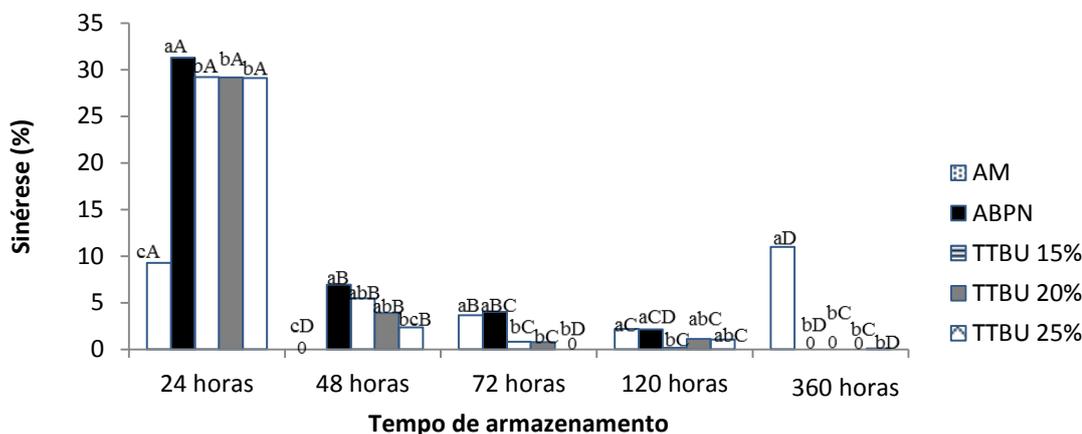
dos amidos ainda não está bem esclarecido. Alguns autores observaram redução da viscosidade a quente, enquanto outros observaram um aumento deste parâmetro, estando possivelmente essas diferenças relacionadas com as características estruturais dos amidos e em última análise, à fonte botânica dos mesmos (SERRANO; FRANCO, 2005).

5.5.6 Sinérese

Ao ocorrer o resfriamento, alguns polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar, formando um precipitado ou gel ocorrendo um aumento de opacidade da pasta. Este processo é conhecido como retrogradação (ALBUQUERQUE, 2011) e em consequência deste fenômeno ocorre a sinérese.

Os valores obtidos para a sinérese dos géis do amido de milho, amido nativo da banana e os modificados por TTBU e *annealing* encontram-se nas Figuras 11 e 12. Esses valores também estão representados nas Tabela 12 e 13, com suas médias e respectivos desvios padrão.

Figura 11 - Sinérese dos géis do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.



Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, no percentual de sinérese entre os amidos em tempos iguais. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, no percentual de sinérese de cada amido nos diferentes tempos analisados.

A sinérese dos géis dos amidos analisados no presente trabalho foi determinada em cinco tempos diferentes (24, 48, 72, 120 e 360 horas). Pelo gráfico da Figura 11 observa-se que houve diminuição na quantidade de água liberada pelos géis de amido no decorrer do armazenamento, exceto para o amido de milho, que com 360 horas registrou um aumento no

percentual, liberando uma maior quantidade de água em relação aos outros tempos, observou-se ainda que, no total, o amido de milho liberou menos água (26,08%) que os amidos de banana (32,58%) Desta forma, os resultados demonstraram uma diferença no comportamento entre o amido de milho e os da banana. Torre-Gutiérrez, Chel-Guerrero e Bentacur-Ancona (2008), em estudo das propriedades funcionais do amido na banana (*Musa balbisiana*) comparado ao amido de milho, observou que o amido da banana apresentou sinérese de até 25,00%, valor superior ao do amido de milho, o qual apresentou sinérese inferior a 5,00%. O estudo foi realizado num período de 5 dias.

Tabela 12 – Comparação de médias e desvio padrão da sinérese dos géis de amido do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por TTBU.

Amostras	Sinérese (%)					
	Tempo de Armazenamento					
	24h	48h	72h	120h	360h	Total
AM	9,27 ±0,63 ^{cA}	0,00 ±0,00 ^{cD}	3,65 ±0,16 ^{aB}	2,18 ±0,64 ^{aC}	10,98 ±1,61 ^{aD}	26,08
ABPN	31,27 ±0,44 ^{aA}	6,94 ±2,30 ^{aB}	4,01 ±0,60 ^{aBC}	2,13 ±0,52 ^{aCD}	0,00 ±0,00 ^{bD}	44,34
TTBU 15%	29,18 ±0,62 ^{bA}	5,47 ±1,28 ^{abB}	0,82 ±0,76 ^{bC}	0,14 ±0,25 ^{bC}	0,00 ±0,00 ^{bC}	35,61
TTBU 20%	29,17 ±0,26 ^{bA}	3,89 ±1,42 ^{abB}	0,77 ±0,55 ^{bC}	1,13 ±1,00 ^{abC}	0,00 ±0,00 ^{bC}	34,96
TTBU 25%	29,08 ±0,23 ^{bA}	2,36 ±0,62 ^{bcB}	0,00 ±0,00 ^{bD}	1,06 ±0,23 ^{abC}	0,08 ±0,02 ^{bD}	32,58

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade

O total de água liberada foi de 44,34%, 35,61%, 34,96% e 32,58% (Tabela 12) para o ABPN, TTBU 15%, TTBU 20% e TTBU 25%, respectivamente, esses resultados mostram que o tratamento térmico em baixa umidade foi eficiente chegando a reduzir em até 26,5% o teor de água liberada. Contudo, os amidos modificados ainda apresentaram sinérese superior a fontes não convencionais de amidos como: o amido de aveia variedade IAC7 (9,19%) (GALDEANO et al., 2009); amido de quirera de arroz (12,00%) (LIMBERGER et al., 2008); fruto-do-lobo (26,10%) (SANTOS, 2009); amido de pinhão (aproximadamente 15%) (MUCCILLO, 2009). Segundo Torre-Gutiérrez, Chel-Guerrero e Bentacur-Ancona (2008) a sinérese não é benéfica para a indústria de alimentos, uma vez que ela absorve e libera água com facilidade afetando a qualidade e vida útil dos alimentos.

Apesar do amido modificado TTBU 25% ter apresentado maior teor de amilose em relação aos outros amidos de banana com e sem modificação (Tabela 4), foi o que apresentou menor tendência a sinérese. Weber, Queiroz e Chang (2008) verificando a estabilidade de géis

de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose, observaram que os géis de amido de milho normal perderam mais água durante cinco ciclos de congelamento e descongelamento que o amido de milho com alto teor de amilose, os percentuais foram de 74,45% para o amido normal e 62,72% para o amido com alto teor de amilose. A comparação desses dados indica que além do teor de amilose, outros fatores podem influenciar na tendência dos géis de amido à sinérese durante a retrogradação, tais como: estrutura, grau de polimerização da amilose e amilopectina, bem como, proporção e comprimento das cadeias (SINGH; SANDHU; KAUR, 2004).

A sinérese ocorre pela saída de água do gel devido à substituição das ligações de água do amido gelatinizado por ligações de hidrogênio no amido retrogradado. Esse fenômeno foi, conforme pode ser observado na Tabela 13, bastante reduzido nos amidos da banana modificados por *annealing*.

Tabela 13 – Comparação de médias e desvio padrão da sinérese dos géis de amido do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN).

Amostras	Sinérese (%)					
	Tempo de Armazenamento					Total
	24h	48h	72h	120h	360h	
AM	9,27 ±0,63 ^{CA}	0,00 ±0,00 ^{CD}	3,65 ±0,16 ^{abB}	2,18 ±0,64 ^{aC}	0,00 ±0,00 ^{CD}	26,08
ABPN	31,27 ±0,44 ^{AA}	6,94 ±2,30 ^{AB}	4,01 ±0,60 ^{abBC}	2,13 ±0,52 ^{aCD}	6,94 ±2,30 ^{AB}	44,34
ANN 45 °C	17,28 ±0,99 ^{BA}	3,39 ±0,92 ^{BB}	4,11 ±1,02 ^{abB}	2,64 ±0,90 ^{AB}	3,39 ±0,92 ^{BB}	27,42
ANN 50 °C	8,82 ±0,94 ^{CA}	7,72 ±0,12 ^{AB}	5,60 ±1,51 ^{ABC}	3,70 ±1,01 ^{aCD}	7,72 ±0,12 ^{AB}	27,24
ANN 55 °C	8,24 ±1,00 ^{CA}	7,48 ±0,97 ^{AA}	2,99 ±0,39 ^{BB}	3,46 ±0,57 ^{AB}	7,48 ±0,97 ^{AA}	24,29

Médias seguidas de letras minúscula diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras maiúscula diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade

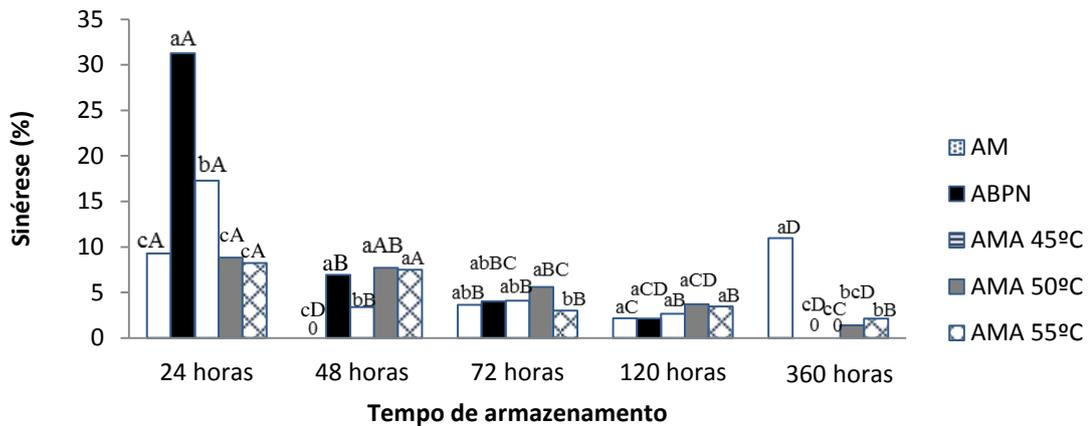
Com a modificação, essa tendência do amido da banana à retrogradação foi significativamente diminuída ficando com valores compatíveis ao amido de milho comercial analisado no presente estudo para fins de comparação. Este comportamento pode ser explicado pela possível organização das cadeias de amilose, já que segundo Ishiguro, Noda e Kitahara (2000) a conformação dessas cadeias no grânulo do amido influenciam no fenômeno da sinérese.

O percentual de sinérese no amido nativo foi de 44,35% na soma dos cinco períodos (total), os amidos nativos obtiveram 27,42%, 27,24% e 24,29% para o ANN 45 °C, ANN 50 °C e ANN 55 °C respectivamente. O ANN 55 °C foi o que obteve menor sinérese, indicando

que a temperatura utilizada na modificação influenciou na redução da liberação de água pelo gel de amido.

O amido de milho no total apresentou 26,08% de sinérese e conforme dados apresentados no gráfico da Figura 12 alguns dos amidos da banana com e sem tratamento se comportou de maneira semelhante a este amido nos tempos 24, 72 e 120 horas.

Figura 12– Sinérese dos géis do amido de milho (AM), amido de banana verde nativo (ABPN) e amido da banana verde modificado por *annealing* (ANN).



Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, no percentual de sinérese entre os amidos em tempos iguais. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, no percentual de sinérese de cada amido nos diferentes tempos analisados.

Os resultados obtidos para a sinérese dos amidos da banana comparados ao amido de milho nos referidos tempos podem ser descritos da seguinte forma: com 24h os amidos ANN 50 °C e ANN 55 °C não apresentaram diferença significativa em relação ao de milho; com 72 e 120 horas todos os amidos apresentaram resultados semelhantes. Já no tempo de 48h e no tempo de 360 horas o amido de milho divergiu dos amidos da banana, sendo que nesse último tempo houve um aumento progressivo de liberação de água pelo gel do amido de milho.

Os dados de sinérese apresentados por Izidoro (2011) dos géis de amido da banana (*Musa cavendish*) armazenados a 4 °C nos tempos de 24, 48, 72 e 120 horas foram superiores aos obtidos no presente estudo. A média do percentual de água liberada nos referidos tempos foram: 64,67 , 74,51, 68,22 e 73,15%.

5.6 Microscopia Eletrônica de Varredura

Nas Figuras de 13 a 19 estão apresentadas às micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do amido da banana Prata nativo e modificado hidrotermicamente por TTBU e *annealing* com aumento de 1000x.

Figura 13 - Grânulos do amido da banana verde nativo



Figura 14 - Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 15%



Figura 15 - Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 20%

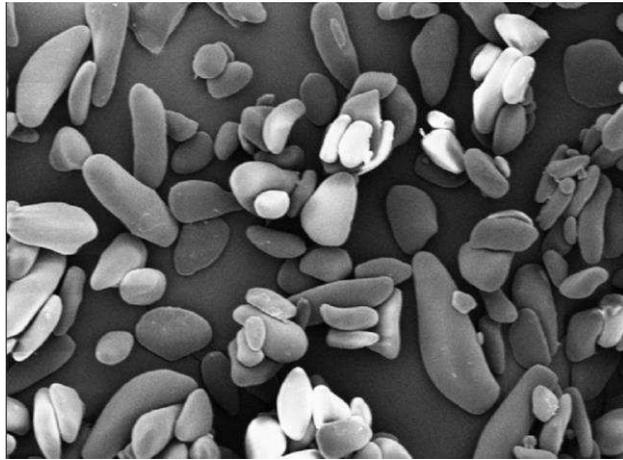


Figura 16 - Grânulos do amido da banana modificado por TTBU 25%

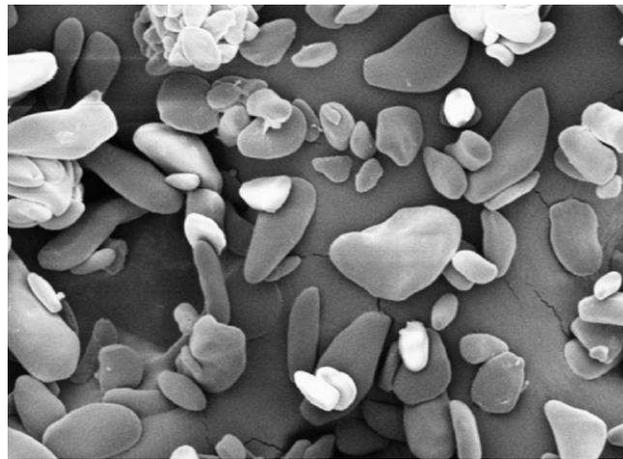


Figura 17 - Grânulos do amido da banana modificado por ANN 45 °C

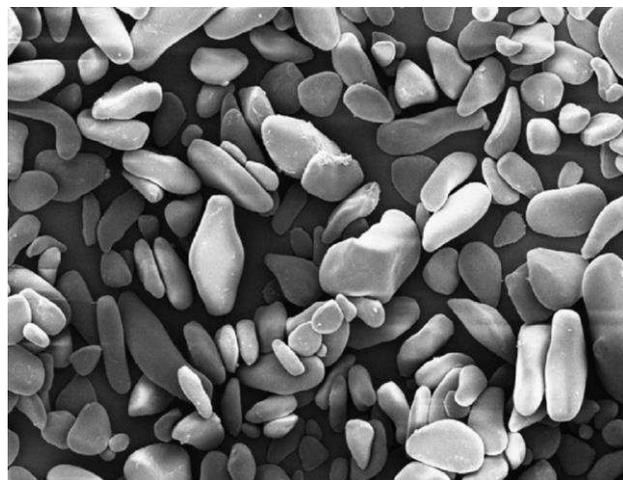


Figura 18 - Grânulos do amido da banana modificado por ANN 50 °C

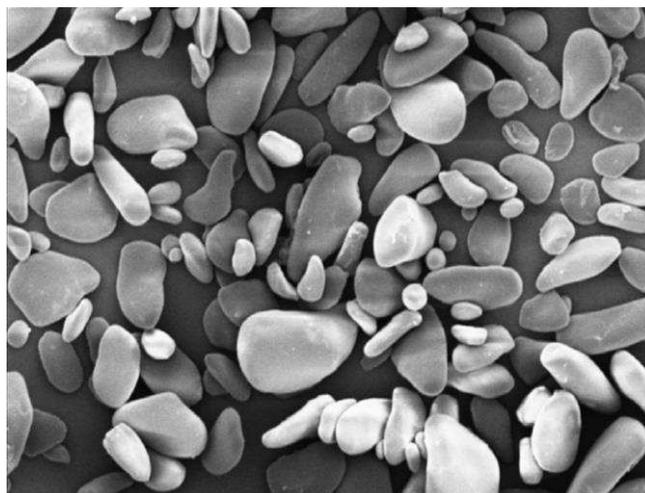
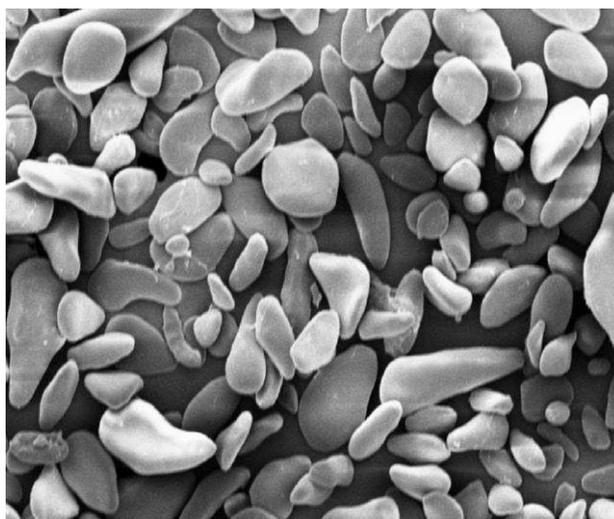


Figura 19 - Grânulos do amido da banana modificado por ANN 55 °C



Segundo Leonel (2007) o tamanho e formato dos grânulos dos amidos é uma das principais características comerciais. Através destes dados obtidos microscopicamente é possível identificar a fonte vegetal. Neste trabalho observou-se que o formato dos grânulos do amido da banana prata nativo e modificados apresentaram em sua maioria forma oval-elipsoidal de diâmetros irregulares e superfície lisa. Estes dados foram semelhantes aos observados por Freitas e Tavares (2005) em bananas (*Musa* AAA-Nanicão e *Musa* AAB-Terra, Isidoro (2011) em banana (*Musa Cavendishi*). Características como estas, ainda segundo Leonel (2007) são ideais na produção de filmes plásticos biodegradáveis.

Após o TTBU e o *annealing*, o formato e a superfície dos grânulos dos amidos permaneceram inalterados.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos experimentos realizados permitiram concluir que o amido proveniente de banana verde variedade 'Prata' é viável tecnologicamente por ter apresentado bom rendimento de extração e, por apresentar poucos teores dos constituintes menores como proteínas, cinzas e lipídios em sua composição, demonstrando pureza e qualidade no processo de extração.

Os variados resultados obtidos para as propriedades funcionais nos amidos analisados sugerem que eles podem ser utilizados em variados segmentos da indústria alimentícia. Desta forma segue abaixo os resultados e possíveis aplicações destes amidos na indústria de alimentos.

- O amido modificado por ANN 50 °C por ter apresentado um aumento no teor de amido resistente, poderá ser utilizado em alimentos com propriedades semelhantes aos das fibras alimentar;
- Os amidos modificados por TTBU e ANN proporcionaram tanto redução como aumento no teor de amilose, podendo ser usado no caso do amido rico em amilose, na produção de biofilmes;
- A redução do PI e aumento da CAA nos amidos modificados por TTBU, proporcionará a utilização destes amidos no processamento de sopas desidratadas. Já o amido nativo da banana e os modificados por ANN, por apresentarem maior PI poderão servir de ingrediente em produtos que exijam retenção de água, tais como: produtos cárneos e geleias;
- O amido ANN 50 °C poderá ser usado em produtos de fritura (crocantes) por apresentar baixa CAO;
- As modificações hidrotérmicas TTBU e ANN diminuiram a capacidade de formação de gel dos amidos. Esta característica é importante para o amido que é aplicado em, por exemplo: pudins, sobremesas prontas entre outros. Já o amido nativo com maior capacidade de formação de gel é necessário para as indústrias de balas e doces;

- Amidos que formam pastas claras são necessários para o processamento de produtos de confeitaria e os amidos que formam pastas opacas são usados em maioneses e molhos. Neste estudo observou-se que o TTBU apresentou pasta clara e o ANN pasta opaca;
- As modificações hidrotêmicas TTBU e ANN reduziram a tendência dos géis à sinérese. Assim, estes amidos poderão ser utilizados em produtos que serão submetidos à refrigeração.
- Com as modificações hidrotêmicas os grânulos dos amidos não foram alterados, permanecendo o formato e a superfície lisa.

REFERÊNCIAS

- AACC – American Association Cereal Chemists. **Approved methods**. 8. Ed. Saint Paul, 1995.
- ADEBOWALE, K. O.; HENLE, T.; SCHWARZENBOLZ, U. DOERT, T. Modification and properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa Hochst. Ex A. Rich*) Harms starch I: Heat moisture treatments and annealing. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1947-1957, 2009.
- ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAYINKA, O. O.; LAWAL, O. S. Effect of heat–moisture treatment and annealing on physicochemical properties of red sorghum starch. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n. 9, p. 928-933, 2005.
- ALBUQUERQUE, F. S. M. **Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) variedades “mole” e “dura”**. 2011. p. 75. Dissertação: (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2011.
- ALMEIDA, L. F. Amidos: Fontes, estruturas e propriedades funcionais. **Aditivos Ingredientes**. Editora Insumos, n. 63, 2009.
- ALVARES, V. S. **Amadurecimento e qualidade da banana ‘Prata’ (Musa AAB subgrupo prata) submetida a diferentes concentrações de etileno**. Tese (Doutorado para obtenção do título de “Magister Scientiae”). Universidade Federal Viçosa. Minas Gerais, 2003.
- AOAC. **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 16 ed. Arlington, 1995.
- ARAÚJO, V. Q. **Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) nativo e modificado quimicamente**. 2008. p. 90. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- ASAOKA, M.; BLANSHARD, J.M.V; RICKARD, J.E. The effects of cultivar and growth season on the gelatinisation properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. **J. Sci. Food agri.**, v.59, n.5, p.53-58, 1992.
- BEHALL, K. M.; SCHOLFIELD, D. J.; HALLFRISCH, J. G.; LILJEBERG-ELMSTÄL, H. G. Consumption of both resistant starch and beta-glucan improves postprandial plasma glucose and insulin in women. **Diabetes care**, v. 29, n.5, p. 976-981, 2006.
- BELLO-PEREZ, L. A.; LÉON, Y. P.; AGAMA-ACEVEDO, E.; PAREDES-LOPEZ, O. Isolation and partial characterization of amaranth and banana starches. **Starch/Starke**, v. 50, n. 10, p. 409-413, 1998.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; GARCÍA-SUÁREZ, F. J. L.; FLORES-HUICOCHEA, E. Aislamiento de almidón de plátano: escala de planta piloto e industrial. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Editora da USP, São Paulo, p.646, 2006a.

BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. G. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Editora da USP, São Paulo, p.646, 2006b.

BEMILLER, J. N. Starch modification: Challenges and prospecta. **Starch/Starke**, v. 49, p. 127-131, 1997.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**. v. 25, p.258-260. 1997.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 151 p, 1995.

BORGES, A. L.; ALVES, E. J.; SILVA, S. O.; SOUZA, L. S.; MATOS, A. P.; FANCELLI, M.; OLIVEIRA, A. M. G.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVEIRA, J. R. S.; COSTA, D. C.; MEDINE, V. M. **O cultivo da Banana. Cruz das Almas: Embrapa/CNPMF**, 1997. 109p. (Circular Técnica, 27).

BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Ceasaminas. **Escala de Maturação de Von Loesecke**. Contagem-MG. Disponível em: <
<http://www.ceasaminas.com.br/agroqualidade/banana.asp>>. Acesso em: 04 outubro. 2012.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 23**, de 14 de dez. de 2005 regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca. Diário oficial da União. Brasília, DF, 15 dez. 2005..

BROUNS, F.; ARRIGONI, E.; LANGKILDE, A. M.; VERKOOIJEN, I.; FÄSSLER, C.; ANDERSSON, H.; KETTLITZ, B.; VAN, N. M.; PHILIPSSON, H.; AMADO, R. Physiological and metabolic properties of a digestion resistant maltodextrin, classified as type 3 retrograded resistant starch. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.4, n. 55, p.1574-1581, 2007.

CARDENETTE, G. H. L. **Produtos derivados de banana verde (*Musa spp*) e sua influencia na tolerância à glicose e na fermentação colônica**. 2006. p. 180. Tese: (Tese em Nutrição Experimental) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

CAVALCANTI, M. T.; SILVA, V. C.; COSTA, T. S. FLORENCIO,; I. M. FLORENTINO, E. R. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo verde de Agricultura Alternativa (GVAA)**, v. 6, n. 5, p. 80-83, 2011.

CEREDA, M. P. Agricultura: **tuberosas amiláceas Latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, cap. 5, p. 83-99, 2002.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, Cap.12. p. 246-332, 2003.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran proteins concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 592-597 2007.

CHIANG, B.H.; CHU, W.C.; CHU, C.L. A pilot scale study for banana starch production. **Starch/Stärke**, v.39, n. 1, p.5-8, 1987.

CHUNG, H-J.; LIU, Q.; HOOVER, R. Impacto of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 436-447, 2009.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. Fabricação do amido e sua utilização. São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, p.152, 1982.

CRAIG, S.S.S.; MANINGAT, C.C.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, A.A.S.; MATTTOSO, L.H.C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polymeros: Ciência e Tecnologia**, v.15, n.4, p.268-273, 2005.

D'AGOSTINI, P. S.; ZOLIN, L. G.; BOLSON, M. P. G.; DRAGUNSKI, D. C. Extração e caracterização dos amidos de banana maçã e nanica (*Musa spp*) obtidos por diferentes métodos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 31^a., 2008. Disponível em: <<http://sec.sbq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T0435-1.pdf>> Acesso em: 15 agosto 2013.

ELIASSON, A.C.; GUDMUNDSSON, M. Starch: physicochemical and functional aspects. In: ELIASSON, A.C (Ed.). **Carbohydrates in Food**, 2 ed., CRC Press, 2006. cap. 10, p. 391-469.

FONTAN, G. C. R. **Influência do uso de espessantes nas características sensoriais e físico-químicas de bebida láctea com polpa de umbu**. 2008. p. 57. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, P. F.; SARMENTO, S. B. S. Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: **Propriedades Gerais do Amido**. Fundação Cargill, v.1. 224p. Campinas, 2001.

FREITAS, M. C. J.; TAVARES, D. Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa* AAA-Nanicão e *Musa* AAB-Terra). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 2, p. 217-222, 2005.

FU, Z-q.; WARG, L-j.; LI, D.; ADHIKARI, B. Effects of partial gelatinization on structure and thermal properties of corn starch after spray drying. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, p. 1319-1325, 2012.

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; BELLO-PEREZ, L. A. Propriedades físico-químicas do amido de aveia da variedade brasileira IAC7. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 905-910, 2009.

- GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers**, v. 32, n. 3 4, p. 177- 191,1997.
- GALLIARD, T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch. In: GALLIARD, T. (Ed.) **Starch:properties and potential**. Society of Chemical Industry, p.55-78, 1987.
- GARCIA, V.; COLONNA, P.; BOUCHET, B.; GALLANT, D. J. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents. **Starch/Stärke**, v. 49, n. 5, p. 171-179, 1997.
- GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannis in ripening fruits. **Phytochemistry**, v. 2, p. 371-383, 1963.
- GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2005.
- GONÇALVES, M, F, V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. S.; MARQUEZINI, N. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) sob baixa umidade em microondas. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v.29, n. 2, p. 270-276, 2009.
- GONÇALVES, M. F. V. **Tratamento térmico dos amidos de batata-doce (*Ipomoea batatas L*) e mandioquinha-salsa (*Arracaccia xanthorrhiza*) sob baixa umidade em microondas**. 2007. p. 91. Dissertação: (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2007.
- GRANDFELDT, Y.; WU, X.; BJÖRCK, I. Determination of glycaemic index; some methodological aspects related to the analysis of carbohydrate load and characteristics of the previous evening meal. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 1 n. 60, p.102-112, 2009.
- HASHIM, D.B. The effect of low levels of antioxidants on the swelling and solubility of cassava starch. **Starch/ Starke**, v.44, n.3, p. 471-475, 1992.
- HERNANDEZ-LAUZARDO, A. N.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; DEL VALLE, M. G. V.; SOLORZA-FERIA, J.; BELLO-PEREZ, L. A. Isolation and partial characterization of Mexican *Oxalis tuberosa* starch. **Starch/Starke**, v. 56, p. 357-363, 2004.
- HERNANDEZ-MEDINA. M.; TORRUCO-UCO. J. G.; CHEL-GUERRERO. L.; BETANCUR-ANCONA. D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados em Yucatán, México. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008
- HOLMES, Z. A.; SOLENDER, A. Macrostructure of selected raw starches and selected heated starch dispersion. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 78, p. 153-160, 1981.
- HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carboydrates Polymers**, v.45, p. 253-267, 2001.

HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Brasileira de Banana 2011**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&n=0&n=i=P>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

ISHIGURO, K.; NODA, T.; KITAHARA, K. Retrogradation of sweet potato starch, **Starch**, v. 52, p. 13-17, 2000.

IZIDORO, D. R. **Influencia do pré-tratamento com ultra-som e da secagem nas propriedades químicas, físicas e funcionais do amido da banana verde**. 2011. p. 201. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

JAYAKODY, L.; HOOVER, R. Effect of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of starches from different botanical origins - A review, **Carbohydrate Polymers**, v. 74, n. 3, p. 691-703, 2008.

LAGARRIGUE, S.; ALVAREZ, G.; CUVELIER, G.; FLICK, D. Swelling kinetics of waxy maize and maize starches at high temperatures and heating rates. **Carbohydrate Polymers**, v.73, p. 148-155, 2008.

LAWAL, O.S.; ADEBOWALE, K.O. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (*Canavalia ensiformes*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n.3, p. 331-341, 2005.

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, n.6, p.534-544, 1959.

LEE, J-S.; EE, M-L. CHUNG, K-H.; OTHMAN, Z. Formation of resistant corn starches induced by gamma-irradiation. **Carbohydrate Polymers**, v. 97, p. 614-617, 2013.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 3, Campinas, 2007

LEONEL, M. **Desenvolvimento de Produtos Funcionais à Base de Mandioca**. CERAT/UNESP, Botucatu, 2009.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; CARM, E. L. C.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e Caracterização de diferentes genótipos de bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. especial, p. 599-605, 2011.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Quim. Nova**, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

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. 1, p. 89-99, 2004.

MARTINS, A. N.; FURLANETO, F. P. B. Bananicultura: Pesquisas voltadas para a agricultura familiar. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. p. 77-86, 2008.

MARTINEZ, C.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia de estudo**. CIAT, p. 75, 1989.

MCCLEARLY, B. V. E.; MONAGHAN, D. A. Measurement of resistant starch. **Journal of AOAC International**. v.85, nº03, p.665-675, 2002.

MENDES, M. L. M. **Caracterização para fins industriais ds amidoos nativos e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade “Tommy Atkins”**. 2011. p. 132. Dissertação: (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2011.

MILES, M. J.; MORRIS, V. J.; ORFORD, P. D.; RING, S. G. The role of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. **Carbohydrate Research**, v.135, p.271-281, 1985.

MIYOSHI, E. Effects of heat-moisture treatment and lipids on gelatinization and retrogradation of maize and potato starchs. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 72-77, 2002.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. p. 156. Tese: (Doutorado em Engenharia) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NASCIMENTO JUNIOR, B. B.; OZORIO, L. P.; REZENDE, C. M.; SOARES, A. G.; FONSECA, M. J. O. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 3; p. 649-658, 2008.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semi-árido Baiano. **Alim. Nutr.**, v. 20, n. 1, p. 129-134, 2009.

NUNEZ-SANTIAGO, M. C.; BELLO-PEREZ, L. A.; TECANTE, A. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiaca*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 65-75, 2004.

OLAYINKA, O. O.; ADEBOWALE, O. K.; OLU-OWOLABI, B. I. Effect of heat-moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 225-230, 2008.

OLIVEIRA, H. S. **Comportamento de cultivares de banana (*Musa spp*) resistentes a doença no processo de micropropagação.** 2010. p. 79. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

PEREIRA, L. B. **Caracterização de suspensões e géis de amido de amaranto: efeito da adição de sacarose e NaCl nas propriedades reológicas e térmicas.** 2004. p. 167. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PEREIRA, L.H.G. **Obtenção e estudo das propriedades físico-químicas de amidos de mandioca (*Manihot Esculenta*) oxidados e ácido-modificados.** 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

PÉREZ-SIRA, E. Characterization of starch isolated from plantain (*Musa paradisiaca normalis*). **Starch/Stärke**, v. 49, n. 2, p.45-49, 1997.

POLESI, L. F. Amido resistente: aplicações e métodos de produção. **B CEPPA**, v. 29, n. 2, p. 211-222, 2011.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata-doce e mandioca e aplicação como substitutos de gorduras em sorvetes.** 2009. p. 167. Tese: (Doutorado em agronomia) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Botucatu. 2009.

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.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v. 31. p. 189-207, 1991.

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, 2006.

SALAY, E. **Produção, caracterização e propriedades de pasta de amido fosfatado obtido por extrusão.** 1985. p. 105. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1985.

SÁNCHEZ-HERNANDEZ, L. **Desarrollo de un procedimiento tecnológico para la producción de maltodextrina a partir de almidón de plátano.** 1999. Tese (Doutorado) Instituto Tecnológico de Acapulco. México, 1999.

SÁNCHEZ-RIVERA, M.M.; GARCÍA-SUÁREZ, F.J.L.; VELÁZQUEZ DEL VALLE, M.; GUTIERREZ-MERAZ, F.; BELLO-PÉREZ, L.A. Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. **Carbohydrate Polymers**, v.62, p. 50 - 56, 2005.

SANDHU, K.S.; SINGH, N.; LI M, S. T. A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 40, p. 1527-1536, 2008.

SANTOS, J. E. S.; CHITARRA, M. I. F. Relação entre a idade do cacho de banana 'Prata' à colheita e a qualidade dos frutos após a colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1475-1480, 1998.

SANTOS, P. A. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) e elaboração de filmes**. 2009. p. 112. Dissertação: (Mestrado em Ciências Moleculares) da Universidade Estadual de Goiás, Goiás. 2009.

SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Isolation, partial characterisation and modification of the great Northern bean (*Phaseolus Vulgaris L.*) starch. **Journal of Food Science**, v.46, p.617-621, 1981.

SERRANO, P. O.; FRANCO, C. M. L. Modificação hidrotérmica annealing e hidrólise enzimática do amido de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 220-232, 2005.

SILVA, A. R. A; ARAÚJO, D.G. Suco Tropical com polpa de banana (*Musa spp*) verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**: Paraná, v. 3, n 2, p. 47-55, 2009.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSA, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 1, n. 26, p. 188-197, 2006.

SILVA, M. H. L. SILVA, C. O. Caracterização parcial de amido de banana-nanica (*Musa sp. AAA Cavendish*). **Revista Ceres**, v. 52, p. 762-762, 2005

SILVA, M. R.; SILVA, A. A. P. da. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista e Nutrição**, v. 4, p. 48-60, 1999.

SILVA, T. P. L. **Efeitos de Tratamentos hidrotérmicos nas propriedades viscosográficas e amido resistente em fécula de mandioca**. 2008. p. 94. Dissertação: (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu. 2008.

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

SODHI, N. S; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starchs separated from rice cultivars grown in India. **Food Chemistry**, v. 80, p. 99-108, 2003.

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

TEIXEIRA, M. A. V.; CIACCO, C. F.; TAVARES, D. Q.; BONEZZI, A. N. Ocorrência e Caracterização do Amido Resistente em Amidos de Milho e de Banana. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, v. 18, n. 2, 1998.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Review: Starch composition fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151-165, 2004.

THEMEIER, H.; HOLLMANN, J.; NEESE, U.; LINDHAUER, M.G. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. **Carbohydrate Polymers**, Germany, v. 61, p. 72-79, 2005.

THOMPSON, D.B. Strategies for the manufacture of resistant starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 245-253, 2000.

TOPPING, D.L.; CLIFTON, P.M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 3, p. 1031-1064, 2001.

TORRE-GUTIÉRREZ DE LA, L.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BENTACUR-ANCONA, B. Functional properties of aquare banana (*Musa balbisiana*) starch. **Food Chemistry**, v. 106, p. 1138-1144, 2008.

VILAS BOAS, E.V.B.; CHITARRA, A. B. CHITARRA, M. I. F. Modificação pós-colheita de banana 'Prata' γ -irradiada. **Pesq. Agrop. Bras.**, v. 31, n. 9, p. 599-607, 1996.

WALISZEWSKI, K. N.; APARICIO, M. A. BELLO, L. A.; MONROY, J. A. Changes of banana starch by chemical and physical modification. **Carbohydrate Polymers**, v. 52, , p. 237-242, 2003.

WATCHARATEWINKUL, Y.; PUTTANLEK, C.; RUNGSARDTHONG, V.; UTTAPAP, D. Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 3, p. 505-511, 2009.

WEBER, F. H. QUEIROZ, F. P. C. 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 os processos de congelamento e descongelamento. **Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 413-417, 2008.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, cerosos e com alto teor de amilose. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WHISTLER, R. L. **Banana starch production**. US Patent 5797985, 2p, 1998.

WILLIS, H. J.; ELDRIDGE, A. L.; BEISEIGEL, J.; THOMAS, W.; SLAVIN, J. L. Greater satiety response with resistant starch and corn bran in human subjects. **Nutrition Research**, v. 29, n. 2, p.100-105, 2009.

WISCHMANN, B.; BLENNOW A.; MADSEN, F.; JORGENSEN, K.; POULSEN, P.; BANDSOLM, O. Functional characterization of potato starch modified by specific in planta alteration of the amylopectin branching and phosphate substitution. **Food Hydrocolloids**. v. 19, p. 1016-1024, 2005.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal, Cochester**, v. 57, p.508-515, 1954.

ZAMORA, A. **Carbohydrates - Chemical Structure**. Disponível em: <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>> Acesso em: 02 de abril de 2013.

ZAVAREZE, E. R.; EI HALAL, S. L. M.; EREIRA, J. M.; RADUNZ, A. L.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Braz. J. Food Technol.**, v. II, p. 24-30, 2009.

ZAVAREZE, E. R. **Extração e tratamentos hidrotérmicos de amido de arroz**. 2009. p. 118. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) Universidade Federal de Pelotas, 2009.

ZHANG, P. HAMAKER, B. R. Banana starch structure and digestibility. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, p. 1552-1558, 2012.

ZHANG, P.; WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J.; HAMAKER, B. Banana starch: production physicochemical properties and digestibility - a review. **Carbohydrate Polymers**. V. 59, p.443-58, 2005.

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINAÇÃO DE AMIDO TOTAL

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.

As amostras da banana e do amido de banana verde foram embrulhadas em papel de filtro e mergulhadas em solução de hexano, permanecendo por 3 dias na geladeira para desengordurar. Pesou-se 0,5g das amostras desengorduradas diretamente em tubo de ensaio e adicionou-se 10,00 mL de H₂SO₄ 0,50 N. A mistura foi aquecida em banho-maria a 105 °C por 1 h, agitando o tubo ocasionalmente.

Decorrido o tempo estabelecido, transferiu-se quantitativamente o conteúdo do tubo para balão de 500,00 mL e completou-se o volume com água destilada, a mistura foi homogeneizada.

Pipetou-se 50,00 µL da solução contida no balão para tubo de ensaio previamente lavado com álcool etílico, adicionou-se 950,00 µL de água destilada e 2.000,00 µL de solução antrona, agitou-se levemente em vortex. Após, os tubos foram levados ao banho-maria a 100 °C por 3 minutos, retirou-se do banho e deixou-se esfriar. A leitura da cor desenvolvida foi feita em espectrofotômetro digital (marca Biospectro-modelo SP 220) a 620nm contra um branco preparado com 1.000,00 µL de água destilada e 2.000,00 µL de solução de antrona. Os valores obtidos foram o resultado da média de 3 leituras.

Cálculos

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

Onde:

A = absorbância da amostra;

F = fator de correção da curva; F=Média da Concentração do padrão/Média Absorbancia do padrão.

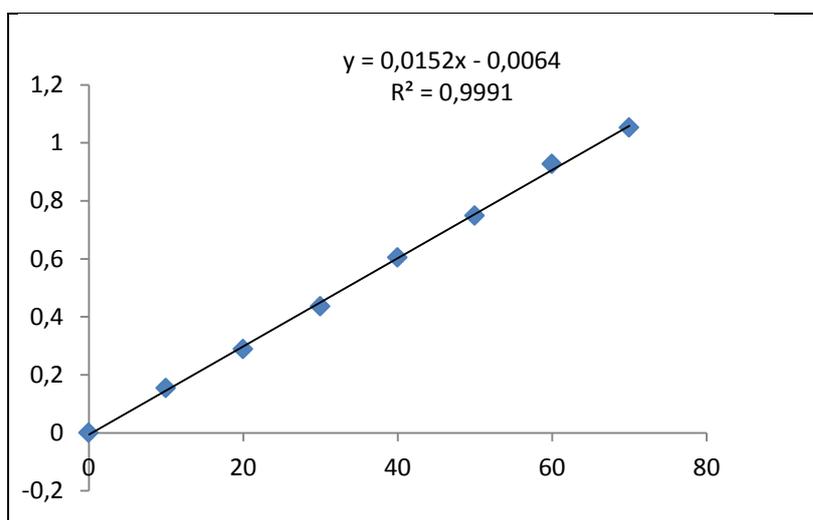
p = massa da amostra na alíquota em microgramas;

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

Preparo da curva padrão:

Pipetou-se alíquotas de 100,00 – 200,00 – 300,00 – 400,00 – 500,00 – 600,00 e 700,00 μL da solução de D-glicose (100,00 $\mu\text{g/ml}$) para tubo de ensaio, adicionou-se água, de modo que todos eles passaram a ter um volume final de 1,00 mL. Adicionou-se 2,00 mL de solução de antrona e em seguida, foram colocados por exatamente 3 minutos em um banho-maria a 100 °C. Retirou-se e esperou esfriar. As leituras foram realizadas numa absorvância de 620 nm contra um branco preparado de modo similar ao descrito, usando água em substituição ao padrão. Construiu-se uma curva de calibração, lançando no eixo das ordenadas os valores de absorvância e no eixo das abscissas as concentrações finais de glicose (10,00, 20,00, 30,00, 40,00, 50,00 e 70,00 μg de glicose/ mL). A curva está apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Curva padrão de glicose para a determinação de açúcares totais



Preparo da Solução de antrona:

Dissolveu-se 0,20 g de antrona em 100,00 mL de H_2SO_4 PA. Esta solução foi preparada em banho de gelo e mantida na geladeira.

ANEXO 2

DETERMINAÇÃO DE AMIDO RESISTENTE

Pesou-se 100,00 mg de cada amostra (duplicata) em tubo de ensaio com tampa, ao

qual foi adicionado 4,00 mL de α -amilase pancreática (10 mg/mL). A α -amilase foi diluída em 100,00 mL de tampão maleato de sódio pH 6,0. Agitou-se os tubos em agitador de tubos (vortex) e colocados em incubadora com agitação (marca Solab-modelo Shaker SL 222) a 37 °C no sentido horizontal alinhado a direção do movimento, com agitação contínua (100 rpm) por exatamente 16 h.

Após incubação o conteúdo contido no tubo de ensaio foi transferido para tubo falcon de 50,00 mL. Adicionou-se 4,00 mL de álcool etílico 99%, agitou-se o tubo e a mistura foi centrifugada a 1500 G por 10 min. Despejou-se o sobrenadante e o decantado foi tratado com 2,00 mL de etanol 50% e agitou-se em agitador de tubos. Em seguida, adicionou-se mais 6,00 mL de etanol 50%, seguido de centrifugação (1500 G) por 10 minutos. Despejou-se, o sobrenadante e o decantado foi novamente tratado com 2,00 mL de etanol 50%, seguido de agitação em agitador de tubos. Adicionou-se mais 6,00 mL de etanol 50%, seguido de centrifugação (1500 G) por 10 minutos. Despejou-se o sobrenadante, e ao amido resistente que ficou contido no decantado foi adicionado barra magnética 15 x 15 mm e 2,00 mL de KOH 2 M com o objetivo de dissolver o decantado, os tubos foram submetidos a agitação vigorosa para evitar formação de massa em banho com gelo em agitador magnético por 20 min. Em seguida, foi adicionado 8,00 mL de solução tampão acetato 1,2 M, pH 3,8 em cada tubo, e imediatamente adicionou-se 1,10 mL de amiloglicosidase (300 U/mL). Agitou-se bem os tubos e estes foram colocados em banho a 50 °C, por 30 min sob agitação intermitente em agitador de tubos.

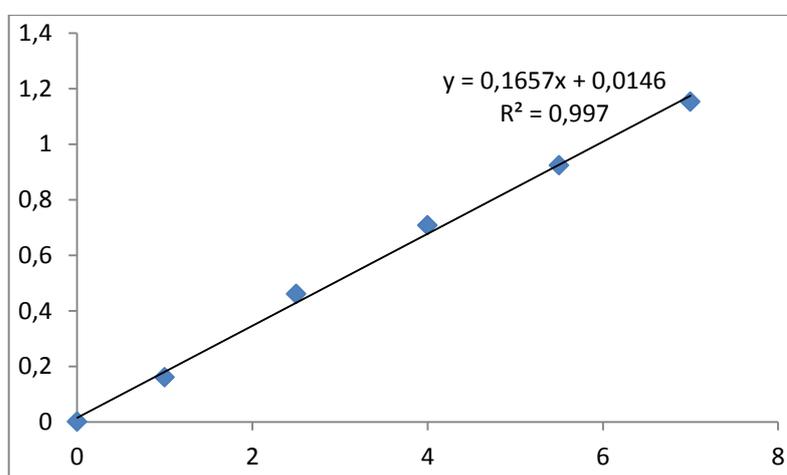
Após esse tempo o conteúdo dos tubos foi transferido para um balão volumétrico de 100,00 mL, o volume foi ajustado com água destilada e alíquotas foram centrifugadas (1500 G) por 10 minutos. O sobrenadante contendo o amido resistente hidrolisado em glicose foi separado. Deste, retirou-se 25,00 μ L para tubo de ensaio e adicionou-se 2.000,00 μ L de glicose PAP liquiform da Labtest (reagente 1), agitou-se os tubos e incubou-os a 37 °C por 15 min. Mediu-se a absorbância a 510 nm de cada tubo e do padrão contra um branco.

- Preparo do branco: Foi inserido em tubo de ensaio 2.000,00 μ L do reagente glicose PAP liqueforme (reagente 1). Os tubos foram agitados e incubados em banho-maria a 37°C por 15 min.

Os cálculos para a obtenção do percentual de amido resistente nas amostras dos amidos foram feitos a partir da equação da reta gerada pela curva padrão.

• Obtenção da curva padrão - Pipetou-se alíquotas de 10,00 – 25,00 – 40,00 – 55,00 e 70,00 μL do reagente glicose PAP liqueforme (reagente 2- D-glicose (100 $\mu\text{g}/\text{ml}$) para tubos de ensaio e misturou-se 2.000,00 μL do reagente glicose PAP liqueforme (reagente 1), em seguida, colocou-se os tubos por 3 minutos em um banho-maria a 37 °C. Retirou-se do banho-maria e aguardou esfriar. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 510 nm. Construiu-se uma curva de padrão (Figura 21), lançando no eixo das ordenadas os valores de absorbância e no eixo das abscissas as concentrações finais de glicose (1,00, 2,50, 4,00, 5,50 e 7,00 μg de glicose/mL). Obteve-se o R e equação da reta.

Figura 21 - Curva padrão de glicose para a determinação de amido resistente



ANEXO 3

DETERMINAÇÃO DA AMILOSE NA BANANA E NOS AMIDOS ANALISADOS

As amostras da polpa da banana verde e dos amidos analisados foram embrulhados em papel filtro e imersos em hexano por três dias na geladeira para desengordurar. Após esse tempo pesou-se 0,10 g de amostra em triplicata em bequer e adicionou-se 1,00 mL de etanol 95% lentamente para evitar a formação de grumos e 9,00 mL de hidróxido de sódio 1,0 N. À mistura foi aquecida em banho-maria a 100 °C por 9 minutos para a gelatinização do amido, transcorrido esse tempo e após atingir temperatura ambiente o gel foi transferido para balão de 100,00 ml onde se completou o volume com água destilada.

Da solução obtida, 200,00 μL foram transferidos para tubo de ensaio, onde adicionou-se 40,00 μL de ácido acético (1 N), seguido de agitação. Juntou-se então 80,00 μL de solução de iodo e 4.780,00 μL de água destilada. A suspensão foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 minutos. A leitura das absorvâncias do padrão, branco e amostra foi feita em espectrofotômetro digital (Biospectro SP-220), no intervalo de luz visível a 610 nm. Os valores obtidos foram o resultado da média de três leituras.

- Solução de iodo: Em beque pesou-se 0,20 g de iodo metálico, 2,00 g de iodeto de potássio. Adicionou-se 50,00 mL de água destilada e cobriu-se com papel alumínio deixando em repouso por 3 horas em ambiente sem luz.

- Preparo do branco: Em balão de 100,00 mL adicionou-se 1,00 mL de álcool etílico 96%, 9,00 mL de NaOH 1 N e 2,00 mL de solução de Iodo. Completou-se o volume para 100,00 mL com água destilada. A mistura foi deixada em repouso por 30 minutos.

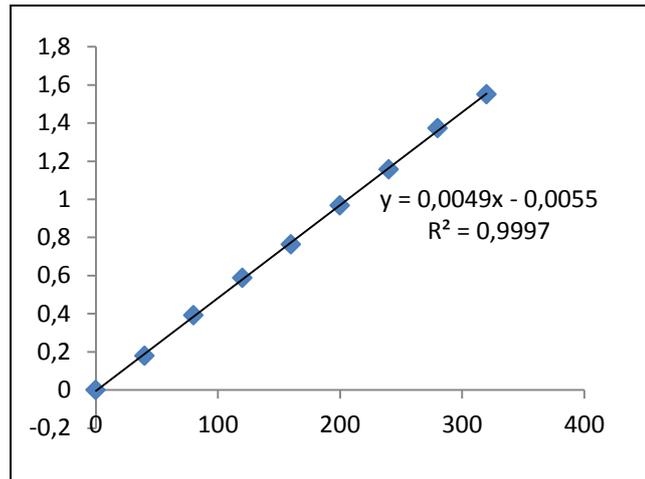
- Preparo da solução de amilose pura de batata: Pesou-se 40,00 mg de amilose (amylose from potato A0512-Sigma) diretamente em balão de 100,00 mL. Adicionou-se cuidadosamente e sem agitação 1,00 mL de álcool etílico 95%, 9,00 mL de NaOH (1N). A mistura foi aquecida em banho-maria a 100 °C por 10 minutos para gelatinização do amido. Após esse tempo retirou-se do banho e após atingir temperatura ambiente completou-se o volume com água destilada.

Os cálculos para a obtenção do percentual de amido resistente nas amostras dos amidos foram feitos a partir da equação da reta gerada pela curva padrão.

- Obtenção da curva padrão - Pipetou-se alíquotas de 100,00 – 200,00 – 300,00 – 400,00 – 500,00 – 600,00 – 700,00 – 800,00 – 900,00 e 1.000,00 μL da solução de amilose (400,00 $\mu\text{g}/\text{mL}$) para tubos de ensaio e adicionou-se 20,00 – 40,00 – 60,00 – 80,00 – 100,00 – 120,00 – 140,00 – 160,00 – 180,00 e 200,00 μL de ácido acético (1 N), seguido de agitação. Juntou-se então 40,00 – 80,00 – 120,00 – 160,00 – 200,00 – 240,00 – 280,00 – 320,00 – 360,00 e 400,00 μL solução de iodo e 4.940,00 – 4.780,00 – 4.620,00 – 4.460,00 – 4.300,00 – 4.140,00 – 3.980,00 – 3.820,00 – 3.660,00 e 3.500,00 de água destilada. A suspensão foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 minutos. A leitura das absorvâncias foi feita em espectrofotômetro digital (Biospectro SP-220), no intervalo de luz visível a 610 nm.

Construiu-se uma curva padrão (Figura 22), lançando no eixo das ordenadas os valores de absorvância e no eixo das abscissas as concentrações finais de amilose em 40,00, 80,00, 120,00, 160,00, 200,00, 240,00, 280,00, 320,00, 360,00, e 400 $\mu\text{g/mL}$. Obteve-se o R e equação da reta.

Figura 22 - Curva padrão de amilose pura de batata



Cálculos:

Pela equação da reta ($y = 0,0049x - 0,0055$) obtida da curva padrão calculou-se a concentração de amilose (μg) da amostra (μg) contida nos 0,20 mL (alíquota retirada da solução preparada com a amostra utilizada para a leitura no espectro). Esta concentração foi calculada substituindo o y pelas absorvâncias (três leituras). Após a obtenção do teor de amilose por regra de três obteve-se o percentual de amilose na amostra analisada.

ANEXO 4

ANÁLISE ESTATÍSTICA

UMIDADE DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2.31822	0.57956	11.6993 **
Resíduo	10	0.49537	0.04954	
Total	14	2.81359		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

UMIDADE DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.25761	0.31440	6.5786 **
Resíduo	10	0.47791	0.04779	
Total	14	1.73552		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMIDO TOTAL DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2097.47968	524.36992	431.6320 **
Resíduo	10	12.14854	1.21485	
Total	14	2109.62822		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMIDO TOTAL DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1713.28923	428.32231	361.8798 **
Resíduo	10	11.83604	1.18360	
Total	14	1725.12527		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PROTEÍNAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.53131	0.13283	3.4254 ns
Resíduo	10	0.38778	0.03878	
Total	14	0.91909		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PROTEÍNAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.18821	0.04705	1.8259 ns
Resíduo	10	0.25769	0.02577	
Total	14	0.44590		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CINZAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.03168	0.00792	94.6367 **
Resíduo	10	0.00084	0.00008	
Total	14	0.03252		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CINZAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.06518	0.01630	169.3948 **
Resíduo	10	0.00096	0.00010	
Total	14	0.06614		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

ACIDEZ DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.02398	0.00599	106.5394 **
Resíduo	10	0.00056	0.00006	
Total	14	0.02454		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

COMP. FENÓLICOS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.00322	0.00081	802.8115 **
Resíduo	20	0.00002	0.00000	
Total	24	0.00324		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

COMP. FENÓLICOS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.00484	0.00121	1311.0520 **
Resíduo	20	0.00002	0.00000	
Total	24	0.00485		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMIDO RESISTENTE DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	79.92982	19.98246	96.6801 **
Resíduo	10	2.06686	0.20669	
Total	14	81.99668		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMIDO RESISTENTE DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	127.86556	31.96639	105.0975 **
Resíduo	10	3.04159	0.30416	
Total	14	130.90715		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMILOSE DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	79.92982	19.98246	96.6801 **
Resíduo	10	2.06686	0.20669	
Total	14	81.99668		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

AMILOSE DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	285.94419	71.48605	327.8188 **
Resíduo	10	2.18066	0.21807	
Total	14	288.12485		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 50°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.73616	0.18404	1.7293 ns
Resíduo	10	1.06422	0.10642	
Total	14	1.80038		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 60°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.40205	0.35051	17.3772 **
Resíduo	10	0.20171	0.02017	
Total	14	1.60376		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 70°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	73.74377	18.43594	870.0011 **
Resíduo	10	0.21191	0.02119	
Total	14	73.95568		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 80°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	117.46850	29.36713	212.6097 **
Resíduo	10	1.38127	0.13813	
Total	14	118.84977		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 90°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	147.85942	36.96485	827.0484 **
Resíduo	10	0.44695	0.04469	
Total	14	148.30636		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 50°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.52580	0.13145	1.3208 ns
Resíduo	10	0.99525	0.09952	
Total	14	1.52105		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 60°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2.63539	0.65885	27.2620 **
Resíduo	10	0.24167	0.02417	
Total	14	2.87706		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 70°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	53.83480	13.45870	150.3132 **
Resíduo	10	0.89538	0.08954	
Total	14	54.73017		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 80°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	40.96072	10.24018	52.1506 **
Resíduo	10	1.96358	0.19636	
Total	14	42.92430		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X 90°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	21.47289	5.36822	12.2777 **
Resíduo	10	4.37235	0.43724	
Total	14	25.84524		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	578.31775	144.57944	1596.2066 **
Resíduo	10	0.90577	0.09058	
Total	14	579.22352		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	242.68080	60.67020	574.9492 **
Resíduo	10	1.05523	0.10552	
Total	14	243.73602		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	136.92098	34.23024	941.5851 **
Resíduo	10	0.36354	0.03635	
Total	14	137.28452		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	112.73977	28.18494	396.7819 **
Resíduo	10	0.71034	0.07103	
Total	14	113.45010		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	80.83009	20.20752	745.1748 **
Resíduo	10	0.27118	0.02712	
Total	14	81.10126		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO ANN 45°C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	415.87401	103.96850	563.4191 **
Resíduo	10	1.84531	0.18453	
Total	14	417.71932		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO ANN 50°C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	432.44767	108.11192	1365.5785 **
Resíduo	10	0.79169	0.07917	
Total	14	433.23936		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X TEMPERATURA DO ANN 55°C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	432.26357	108.06589	279.2237 **
Resíduo	10	3.87023	0.38702	
Total	14	436.13379		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 50°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	8.92185	2.23046	18.1016 **
Resíduo	10	1.23219	0.12322	
Total	14	10.15404		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 60°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	5.05772	1.26443	6.6541 **
Resíduo	10	1.90022	0.19002	
Total	14	6.95793		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 70°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	5.46189	1.36547	20.4413 **
Resíduo	10	0.66800	0.06680	
Total	14	6.12989		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 80°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	5.33567	1.33392	9.8398 **
Resíduo	10	1.35563	0.13556	
Total	14	6.69130		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 90°C DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	21.96927	5.49232	9.7939 **
Resíduo	10	5.60792	0.56079	
Total	14	27.57719		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	21.74460	5.43615	33.9379 **
Resíduo	10	1.60179	0.16018	
Total	14	23.34640		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo (p >= .05)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	66.73549	16.68387	100.9192 **
Resíduo	10	1.65319	0.16532	
Total	14	68.38869		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	8.52481	2.13120	26.6099 **
Resíduo	10	0.80091	0.08009	
Total	14	9.32572		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	5.44251	1.36063	4.8772 *
Resíduo	10	2.78977	0.27898	
Total	14	8.23227		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	7.94131	1.98533	5.0668 *
Resíduo	10	3.91830	0.39183	
Total	14	11.85961		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO ANN 45 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	9.02968	2.25742	8.3624 **
Resíduo	10	2.69950	0.26995	
Total	14	11.72918		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO ANN 50 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	24.53415	6.13354	32.0794 **
Resíduo	10	1.91199	0.19120	
Total	14	26.44614		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X TEMPERATURA DO ANN 55 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	8.76989	2.19247	15.9291 **
Resíduo	10	1.37639	0.13764	
Total	14	10.14628		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 50°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4.88028	1.22007	15.5714 **
Resíduo	10	0.78353	0.07835	
Total	14	5.66381		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 60°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2.97410	0.74353	2.4681 ns
Resíduo	10	3.01259	0.30126	
Total	14	5.98669		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 70°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	17.08417	4.27104	50.8281 **
Resíduo	10	0.84029	0.08403	
Total	14	17.92446		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 80°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	3.12074	0.78019	4.8497 *
Resíduo	10	1.60873	0.16087	
Total	14	4.72947		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X 90°C DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	22.77783	5.69446	18.9960 **
Resíduo	10	2.99772	0.29977	
Total	14	25.77555		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 3 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.94836	0.23709	2.6168 ns
Resíduo	10	0.90602	0.09060	
Total	14	1.85439		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 5 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4.19737	1.04934	1.8458 ns
Resíduo	10	5.68511	0.56851	
Total	14	9.88248		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 7 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.02674	0.25669	0.9116 ns
Resíduo	10	2.81591	0.28159	
Total	14	3.84265		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 9 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2.64008	0.66002	1.8023 ns
Resíduo	10	3.66216	0.36622	
Total	14	6.30224		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 12 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	353.03967	88.25992	28.2680 **
Resíduo	10	31.22254	3.12225	
Total	14	384.26221		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 3 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.82334	0.20583	9.1269 **
Resíduo	10	0.22553	0.02255	
Total	14	1.04886		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 5 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4.12422	1.03106	1.1116 ns
Resíduo	10	9.27544	0.92754	
Total	14	13.39966		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 7 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.79848	0.44962	1.2277 ns
Resíduo	10	3.66216	0.36622	
Total	14	5.46064		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 9 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.30404	0.32601	2.7660 ns
Resíduo	10	1.17864	0.11786	
Total	14	2.48269		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH 12 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	150.66893	37.66723	10.6161 **
Resíduo	10	35.48137	3.54814	
Total	14	186.15029		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	106.99124	26.74781	14.0578 **
Resíduo	10	19.02696	1.90270	
Total	14	126.01821		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	61.16525	15.29131	25.3622 **
Resíduo	10	6.02918	0.60292	
Total	14	67.19444		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	436.90621	109.22655	64.5137 **
Resíduo	10	16.93076	1.69308	
Total	14	453.83697		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2.13059	0.53265	51.4841 **
Resíduo	10	0.10346	0.01035	
Total	14	2.23405		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.85061	0.21265	0.9660 ns
Resíduo	10	2.20138	0.22014	
Total	14	3.05200		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR ANN 45 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	415.00107	103.75027	192.7585 **
Resíduo	10	5.38240	0.53824	
Total	14	420.38347		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR ANN 50 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	292.72095	73.18024	40.5489 **
Resíduo	10	18.04739	1.80474	
Total	14	310.76834		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

PI X PH DO AMIDO MODIFICADO POR ANN 55 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	404.93744	101.23436	757.0580 **
Resíduo	10	1.33721	0.13372	
Total	14	406.27465		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 3 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4.10767	1.02692	0.2707 ns
Resíduo	10	37.93162	3.79316	
Total	14	42.03929		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 5 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4.38887	1.09722	0.9718 ns
Resíduo	10	11.29073	1.12907	
Total	14	15.67960		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 7 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	11.37367	2.84342	3.5347 *
Resíduo	10	8.04421	0.80442	
Total	14	19.41789		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 9 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	38.89737	9.72434	7.2888 **
Resíduo	10	13.34146	1.33415	
Total	14	52.23882		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 12 DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	550.60915	137.65229	48.4938 **
Resíduo	10	28.38555	2.83855	
Total	14	578.99470		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 3 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	16.69903	4.17476	0.6506 ns
Resíduo	10	64.16945	6.41694	
Total	14	80.86848		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 5 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	6.12519	1.53130	2.3159 ns
Resíduo	10	6.61199	0.66120	
Total	14	12.73718		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 7 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	12.08400	3.02100	3.4343 ns
Resíduo	10	8.79660	0.87966	
Total	14	20.88060		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 9 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	3.37959	0.84490	2.7193 ns
Resíduo	10	3.10699	0.31070	
Total	14	6.48658		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH 12 DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	527.57953	131.89488	33.1601 **
Resíduo	10	39.77517	3.97752	
Total	14	567.35470		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1540.29685	385.07421	136.1486 **
Resíduo	10	28.28338	2.82834	
Total	14	1568.58023		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	972.51719	243.12930	90.4331 **
Resíduo	10	26.88499	2.68850	
Total	14	999.40218		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2810.06546	702.51637	438.8798 **
Resíduo	10	16.00704	1.60070	
Total	14	2826.07250		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1007.08698	251.77174	125.2131 **
Resíduo	10	20.10746	2.01075	
Total	14	1027.19444		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	738.43592	184.60898	239.4191 **
Resíduo	10	7.71070	0.77107	
Total	14	746.14662		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO ANN 45 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	559.04548	139.76137	87.0251 **
Resíduo	10	16.05988	1.60599	
Total	14	575.10537		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO ANN 50 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	903.99909	225.99977	163.0752 **
Resíduo	10	13.85862	1.38586	
Total	14	917.85772		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SOLUBILIDADE X PH DO ANN 55 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	2450.02410	612.50603	163.8886 **
Resíduo	10	37.37332	3.73733	
Total	14	2487.39742		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CAA DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.69669	0.42417	574.0410 **
Resíduo	10	0.00739	0.00074	
Total	14	1.70408		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CAA DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.14060	0.03515	12.3935 **
Resíduo	10	0.02836	0.00284	
Total	14	0.16896		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CAO DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.11371	0.02843	228.3803 **
Resíduo	10	0.00124	0.00012	
Total	14	0.11496		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

CAO DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	0.02198	0.00550	24.2617 **
Resíduo	10	0.00227	0.00023	
Total	14	0.02425		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 24 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	11852.61733	2963.15433	1124.9637 **
Resíduo	10	26.34000	2.63400	
Total	14	11878.95733		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 48 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	13728.52400	3432.13100	1410.4648 **
Resíduo	10	24.33333	2.43333	
Total	14	13752.85733		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 72 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	16670.56267	4167.64067	1268.0448 **
Resíduo	10	32.86667	3.28667	
Total	14	16703.42933		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 120 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	18241.19600	4560.29900	1525.5238 **
Resíduo	10	29.89333	2.98933	
Total	14	18271.08933		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 24 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	607.11067	151.77767	57.6407 **
Resíduo	10	26.33167	2.63317	
Total	14	633.44233		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 48 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	983.48667	245.87167	98.0089 **
Resíduo	10	25.08667	2.50867	
Total	14	1008.57333		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 72 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1626.81267	406.70317	105.7150 **
Resíduo	10	38.47167	3.84717	
Total	14	1665.28433		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA X 120 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1902.28933	475.57233	134.5515 **
Resíduo	10	35.34500	3.53450	
Total	14	1937.63433		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1425.87333	475.29111	240.1471 **
Resíduo	8	15.83333	1.97917	
Total	11	1441.70667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	11.80333	3.93444	7.8039 **
Resíduo	8	4.03333	0.50417	
Total	11	15.83667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	101.26250	33.75417	3.1436 ns
Resíduo	8	85.90000	10.73750	
Total	11	187.16250		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	109.58333	36.52778	60.5433 **
Resíduo	8	4.82667	0.60333	
Total	11	114.41000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	2.62917	0.87639	2.4687 ns
Resíduo	8	2.84000	0.35500	
Total	11	5.46917		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO ANN 45 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	664.48417	221.49472	220.8506 **
Resíduo	8	8.02333	1.00292	
Total	11	672.50750		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO ANN 50 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	438.20333	146.06778	20.4959 **
Resíduo	8	57.01333	7.12667	
Total	11	495.21667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

TRANSMITÂNCIA DO ANN 55 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1702.76063	567.58687	112.5839 **
Resíduo	8	40.33167	5.04146	
Total	11	1743.09229		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 24 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1009.35098	252.33774	1160.1421 **
Resíduo	10	2.17506	0.21751	
Total	14	1011.52604		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 48 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	87.50934	21.87733	11.7315 **
Resíduo	10	18.64840	1.86484	
Total	14	106.15774		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 72 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	40.63580	10.15895	39.8816 **
Resíduo	10	2.54728	0.25473	
Total	14	43.18308		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 120 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	8.68946	2.17237	6.1149 **
Resíduo	10	3.55258	0.35526	
Total	14	12.24204		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 360 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR TTBU, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	288.12373	72.03093	139.2060 **
Resíduo	10	5.17441	0.51744	
Total	14	293.29814		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 24 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1160.20249	290.05062	419.8255 **
Resíduo	10	6.90884	0.69088	
Total	14	1167.11133		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 48 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	134.79224	33.69806	23.7954 **
Resíduo	10	14.16156	1.41616	
Total	14	148.95380		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 72 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	11.05739	2.76435	3.5686 *
Resíduo	10	7.74639	0.77464	
Total	14	18.80377		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 120 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	6.28470	1.57118	2.7972 ns
Resíduo	10	5.61693	0.56169	
Total	14	11.90163		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X 360 HORAS DO AMIDO MODIFICADO POR ANN, ABPN E AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	254.75820	63.68955	103.5702 **
Resíduo	10	6.14941	0.61494	
Total	14	260.90761		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO ABPN

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1959.93641	489.98410	401.1773 **
Resíduo	10	12.21365	1.22137	
Total	14	1972.15006		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO AMIDO DE MILHO

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	175.30613	43.82653	265.4632 **
Resíduo	10	1.65095	0.16509	
Total	14	176.95708		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO TTBU 15%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1885.65002	471.41251	882.9444 **
Resíduo	10	5.33910	0.53391	
Total	14	1890.98912		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO TTBU 20%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1870.70910	467.67728	693.9080 **
Resíduo	10	6.73976	0.67398	
Total	14	1877.44886		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO TTBU 25%

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1919.69377	479.92344	4893.3295 **
Resíduo	10	0.98077	0.09808	
Total	14	1920.67454		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO ANN 45 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	550.56305	137.64076	187.3026 **
Resíduo	10	7.34858	0.73486	
Total	14	557.91163		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO ANN 50 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	108.38721	27.09680	29.7663 **
Resíduo	10	9.10319	0.91032	
Total	14	117.49040		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

SINÉRESE X TEMPO DO ANN 55 °C

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	93.59896	23.39974	45.9426 **
Resíduo	10	5.09325	0.50933	
Total	14	98.69221		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)