UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Desenho e avaliação de formulações de achocolatados
processados por processo convencional e instantâneo

Danielle Jéssica Melo de Barros

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientador:
Prof^a. Dr^a. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2013

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

**Desenho e avaliação de formulações de achocolatados
processados por processo convencional e instantâneo**

Versão corrigida da Tese conforme Resolução CoPGr 5890. O original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação da FCF/USP.

Danielle Jéssica Melo de Barros

São Paulo
2013

Danielle Jéssica Melo de Barros

Desenho e avaliação de formulações de achocolatados processados por
processo convencional e instantâneo

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof^a. Dr^a. Suzana Caetano da Silva Lannes
orientador/presidente

1º. examinador

2º. examinador

São Paulo, _____ de _____.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus queridos e amados pais, Diva e Marcelo, que sempre fizeram o possível e o impossível pela minha felicidade. Se não fossem eles nada disso seria possível. Ao meu amado irmão Lucas e minha metade Bruno. Aos meus queridos avôs, Marion, Isaltina, Rodolpho e Leolino pelo amor e força que sempre me deram, e aos futuros pesquisadores da área de alimentos.

Agradecimentos

À Deus por me amar e sempre ter me iluminado, dando-me sabedoria para fazer as escolhas certas e humildade para agradecê-lo por tudo na minha vida.

À USP – FCF e à USP – FZEA por terem me proporcionado conhecimento, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica – Área de Tecnologia de Alimentos, por ter possibilitado a realização desta tese.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para a realização deste curso.

À minha família (mãe, pai, irmão, Bruno, avós, tios e primos) pelo apoio e amor incondicional.

Aos meus amigos de longa data (Bianca, Adriana, Ana Claudia, Nathália, Helene, Priscila, Cássia, Geisa, Daniel, Reginaldo e Gislaine) e aos colegas de laboratório (Alline, Adelaida, Beatriz e Fernando), pela força, paciência e companheirismo.

Aos funcionários Alexandre, Nilton, Juarez, Elsa e Miriam pela atenção e auxílio.

A minha orientadora pela oportunidade e orientação.

A todos aqueles que indireta ou diretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada !!!!

RESUMO

BARROS, D.J.M. **Desenho de avaliação de formulações de achocolatados processados por processo convencional e instantâneo.** 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

O achocolatado é um alimento bem aceito pelo mercado consumidor, sendo encontrado e consumido por todo o mundo. Outro fator importante no mercado de alimentos é a tendência de diminuição do uso de açúcar e o incentivo ao uso de adoçantes, com o intuito principal de atender aos consumidores em dieta com restrição de glicose e, ainda, de redução calórica; também a adequação dos produtos às exigências atuais de produtos mais saudáveis, já que o consumo de açúcar pode estar relacionado com o efeito negativo à saúde. Em vista da carência no mercado brasileiro de achocolatados em pó com características diferenciadas dos comumente comercializados, os objetivos principais deste projeto são desenvolver produtos achocolatados com formulações diferenciadas devido ao uso de espessantes, utilizando ainda dois tipos diferentes de processamento, bem como analisar as principais características envolvidas em sua formulação e produção através do entendimento das propriedades físicas. Foram utilizados como espessantes goma guar, goma tara, goma xantana e amido pré gelatinizado, além de stevia e isomalte como adoçantes variantes da sacarose. Foi testado e sugerido um método de instantaneização baseado na aplicação de álcool de cereal ao produto. Os resultados sugeriram que, para os produtos em estudo, o isomalte é um bom adoçante substituto à sacarose, diferentemente da stevia que apresentou resultados não satisfatórios. O processo de instantaneização proposto apresentou melhores resultados que o processamento convencional para os testes físicos aplicados (molhabilidade, solubilidade, ângulo de repouso, densidade acomodada, compactação, distribuição granulométrica) mostrando ser uma boa alternativa de processo para a obtenção de um produto de fácil reconstituição como os achocolatados devem ser, além de os adoçantes não terem mostrado influencia na viscosidade do produto, diferentemente do tipo de espessante, no qual a goma guar se mostrou mais viscosa em comparação aos outros espessantes.

Palavras-chave: Achocolatado. Hidrocolóides. Adoçantes. Processo de instantaneização.

ABSTRACT

BARROS, D.J.M. **Design and evaluation of cocoa drink powder formulations processed by conventional and instant process.** 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Chocolate is a food well accepted by the consumer market, being found and consumed all over the world. Another important factor about food market is the tendency to reduce the use of sugar and the encourage the use of sweeteners, with the main aim to cater to consumers in dietary glucose restriction and also the calorie reduction, also the suitability of the products the current requirements of healthier products, since the sugar consumption may be related to the negative effect on health. In view of the shortage of chocolate powder with different characteristics in the common market of Brazil, the main objectives of this project are to develop chocolate products with different formulations due to the use of thickeners, even using two different types of processing and analyzing the main features involved in their design and production through the understanding of the physical properties. Were used as thickeners, guar gum, tara gum, xanthan gum and pre-gelatinized starch, and as sweeteners stevia and isomalt variants of sucrose. Was tested and suggested a instantization method based on the application of alcohol cereal to the product. The results suggested that, for the products studied, isomalt is a good substitute for sucrose, stevia unlike that showed unsatisfactory results. The instantisation process proposed gave better results than conventional processing for the physical tests applied (wettability, solubility, angle of repose, accommodated density, compaction, particle size distribution) showing be a good alternative process for obtaining a easy reconstitution product, as a chocolate drink must be, in addition the sweeteners have shown no influence on product viscosity, unlike the type of thickener, whose the guar gum was more viscous in comparison to other thickeners.

Keywords: Chocolate Drink. Hydrocolloids. Sweeteners. Instantisation process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de processamento das amostras convencionais-----	43
Figura 2- Fluxograma de processamento das amostras instantâneas -----	43
Figura 3- Mini processador utilizado (Arno, Brazil) -----	44
Figura 4- Granulômetro (Granutest, Brasil) -----	44
Figura 5- Agitador do tipo tambor (Indústria Paulista de Motores LTDA, Brasil) -----	45
Figura 6- Texturômetro TA – XT2 (Stable Micro System, UK)-----	54
Figura 7– Reômetro (Rheotest modelo RN 3.1, Alemanha)-----	59
Figura 8 - Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados A1 e A1I-----	72
Figura 9-Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados S1 e S1I-----	72
Figura 10-Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados I1 e I1I-----	72
Figura 11– Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 150 x-----	76
Figura 12 - Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 3500 x-----	77
Figura 13- Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 10000 x-----	78
Figura 14- Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 12000 x-----	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Identificação dos hidrocolóides segundo o Sistema Internacional de Numeração - INS -----	22
Tabela 2-Matérias primas e seus respectivos fornecedores e tipo -----	40
Tabela 3-Poder adoçante em relação à sacarose -----	40
Tabela 4 - Quantidade de hidrocolóide utilizada nas formulações-----	41
Tabela 5 - Formulações dos achocolatados desenvolvidos -----	42
Tabela 6- Especificações do equipamento Granutest-----	45
Tabela 7- Especificações do agitador do tipo tambor -----	45
Tabela 8 - Quantidade de álcool utilizada nas formulações -----	46
Tabela 9- Dados da câmara climática -----	47
Tabela 10- Tempo de permanência na câmara climática -----	47
Tabela 11-Quantidade de sacarose retida na tamise nas quatro determinações -----	48
Tabela 12- Dados para o cálculo do tempo mínimo de mistura-----	50
Tabela 13– Reagentes utilizados nas análises físico-químicas -----	56
Tabela 14- Tempo de molhabilidade dos achocolatados-----	61
Tabela 15– Efeito do adoçante e do processamento no tempo de molhabilidade -----	62
Tabela 16- Desdobramento da interação entre os fatores no tempo de molhabilidade -----	62
Tabela 17- Índice de retenção dos achocolatados-----	63
Tabela 18– Efeito do adoçante e do processamento no índice de retenção -----	64
Tabela 19– Médias para o parâmetro adoçante em relação ao índice de retenção -----	64
Tabela 20– Médias para o parâmetro processamento em relação ao índice de retenção -----	64
Tabela 21- Ângulo de repouso dos achocolatados-----	65
Tabela 22– Efeito do adoçante e do processamento no ângulo de repouso. -----	66
Tabela 23– Médias para o parâmetro adoçante em relação ao ângulo de repouso -----	66
Tabela 24 – Médias para o parâmetro processamento em relação ao ângulo de repouso -----	66

Tabela 25- Densidade acomodada dos achocolatados-----	67
Tabela 26- Efeito do adoçante e do processamento na densidade acomodada. -----	67
Tabela 27- Desdobramento da interação entre os fatores na densidade acomodada. -----	68
Tabela 28- Abertura media das tamises -----	69
Tabela 29- Porcentagem retida para amostras formuladas com sacarose-----	70
Tabela 30- Porcentagem retida para amostras formuladas com stevia-----	70
Tabela 31- Porcentagem retida para amostras formuladas com isomalte-----	70
Tabela 32- Diâmetro médio das amostras-----	71
Tabela 33- Força máxima de compressão para os achocolatados-----	73
Tabela 34- Efeito do adoçante e do processamento na força de compactação. -----	74
Tabela 35- Médias para o parâmetro processamento em relação à força de compactação ---	74
Tabela 36- Médias para o parâmetro adoçante em relação à força de compactação -----	74
Tabela 37- Teor de cinzas dos achocolatados -----	79
Tabela 38- Efeito do adoçante e do processamento na porcentagem de cinzas -----	79
Tabela 39- Desdobramento da interação entre os fatores na porcentagem de cinzas. -----	80
Tabela 40- Teor de umidade dos achocolatados-----	81
Tabela 41- Efeito do adoçante e do processamento no teor de umidade-----	81
Tabela 42- pH dos achocolatados -----	82
Tabela 43- Efeito do adoçante e do processamento no teor de pH -----	83
Tabela 44- Teor de lipídeos totais dos achocolatados -----	84
Tabela 45- Efeito do adoçante e do processamento no teor de lipídeos -----	84
Tabela 46- Médias para o parâmetro adoçante em relação ao teor de lipídeos -----	85
Tabela 47- Teor protéico das amostras analisadas -----	86
Tabela 48- Efeito do adoçante e do processamento no teor protéico-----	86
Tabela 49- Teor de carboidrato das amostras analisadas -----	87
Tabela 50- Parâmetros reológicos do modelo de Ostwald-de-Waale para os achocolatados formulados -----	88

Tabela 51– Viscosidade aparente pelo modelo de Ostwald-de-Waale para os achocolatados formulados diluídos em leite -----	89
Tabela 52– Efeito do espessante e do adoçante na viscosidade -----	90
Tabela 53– Médias para o parâmetro espessante em relação à viscosidade -----	90
Tabela 54- Parâmetros reológicos do modelo de Ostwald-de-Waale para achocolatados comerciais diluídos em leite-----	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CACAU	14
1.1.1 <i>Cacau em pó</i>	15
1.2 ACHOCOLATADO.....	15
1.2.1 <i>Ingredientes</i>	17
1.2.1.1 <i>Adoçantes</i>	17
1.2.1.1.1 <i>Sacarose</i>	18
1.2.1.1.2 <i>Isomalte</i>	19
1.2.1.1.3 <i>Stevia</i>	20
1.2.1.2 <i>Maltodextrina</i>	20
1.2.1.3 <i>Espessantes</i>	21
1.2.1.3.1 <i>Amido</i>	22
1.2.1.3.2 <i>Galactomananas</i>	23
1.2.1.3.2.1 <i>Goma guar</i>	24
1.2.1.3.2.2 <i>Goma tara</i>	24
1.2.1.3.3 <i>Goma xantana</i>	25
1.2.1.4 <i>Álcool de cereais</i>	26
1.3 PROCESSAMENTO.....	27
1.3.1 <i>Redução de tamanho</i>	27
1.3.2 <i>Tamisação</i>	28
1.3.3 <i>Mistura e Modelagem</i>	28
1.3.4 <i>Instantaneização</i>	30
1.4 TECNOLOGIA DE PRODUTOS EM PÓ	32
1.5 PROPRIEDADES FÍSICAS.....	32
1.5.1 <i>Molhabilidade</i>	33
1.5.2 <i>Solubilidade</i>	34
1.5.3 <i>Tamanho de partícula e distribuição granulométrica</i>	34
1.5.4 <i>Compactação</i>	35
1.6 ESTUDO DA SUPERFÍCIE DA PARTÍCULA.....	35
1.6.1 <i>Microscopia eletrônica de varredura</i>	36
1.7 REOLOGIA.....	38
2 OBJETIVOS	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 PARTE EXPERIMENTAL	40
3.1.1 <i>Formulações</i>	40
3.1.2 <i>Processamento das amostras</i>	42
3.1.2.1 <i>Moagem</i>	43
3.1.2.2 <i>Tamisação</i>	44
3.1.2.3 <i>Mistura</i>	45
3.1.2.4 <i>Instantaneização</i>	46
3.1.3 <i>Tempo de mistura</i>	48
3.2 ANÁLISES DO PRODUTO PRONTO	50
3.2.1 <i>Análises físicas</i>	50
3.2.1.1 <i>Molhabilidade</i>	51

3.2.1.2	Solubilidade	51
3.2.1.3	Ângulo de repouso	52
3.2.1.4	Densidade acomodada	52
3.2.1.5	Tamanho de partícula e distribuição granulométrica	53
3.2.1.6	Compactação	54
3.2.1.7	Microscopia eletrônica de varredura	55
3.2.2	<i>Análises físico-químicas</i>	55
3.2.2.1	Cinzas	56
3.2.2.2	Umidade	56
3.2.2.3	pH	57
3.2.2.4	Extração e determinação do teor de lipídeos	57
3.2.2.5	Determinação do teor de proteína	57
3.2.2.6	Determinação de fibras e carboidratos	58
3.2.3	<i>Avaliação reológica</i>	58
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	ANÁLISES FÍSICAS	61
4.1.1	<i>Molhabilidade</i>	61
4.1.2	<i>Solubilidade</i>	63
4.1.3	<i>Ângulo de repouso</i>	65
4.1.4	<i>Densidade acomodada</i>	67
4.1.5	<i>Tamanho de partícula e distribuição granulométrica</i>	69
4.1.6	<i>Compactação</i>	73
4.1.7	<i>Microscopia eletrônica de varredura</i>	76
4.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	78
4.2.1	<i>Cinzas</i>	78
4.2.2	<i>Umidade</i>	80
4.2.3	<i>PH</i>	82
4.2.4	<i>Determinação do teor de lipídeos</i>	83
4.2.5	<i>Determinação do teor de proteína</i>	85
4.2.6	<i>Carboidratos</i>	87
4.3	REOLOGIA	87
5	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cacau

As árvores de cacau foram primeiramente cultivadas pelos maias e astecas no México, onde o cacau era apreciado como moeda e para a produção de chocolate (BECKETT, 1994). Os astecas acreditavam que esta árvore tinha uma origem divina, crença que ajudou na sua denominação *Theobroma*, que significa alimento dos deuses (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

O beneficiamento do cacau consta de três etapas principais, a fermentação, a secagem e a torrefação. Durante a fermentação, as sementes retiradas dos frutos sofrem fermentação alcoólica dos açúcares da polpa por ação de leveduras naturais e fermentação acética do álcool por ação de bactérias contaminantes, sendo este álcool formado o precursor da formação da cor, do aroma e do sabor característico do cacau (FILHO, 2010).

Os principais objetivos de uma boa fermentação são a liquefação e eliminação da polpa mucilaginosa, a morte da semente e o início do desenvolvimento do aroma, sabor e cor, tendo esta etapa uma grande importância na determinação da qualidade do cacau em pó (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

A etapa de secagem é uma etapa importante que evita a deterioração das sementes durante o armazenamento e transporte, além de ser importante na determinação da qualidade do produto, sendo essa etapa realizada muitas vezes ao sol, ou a partir de desidratadores. Após a secagem, é feita a eliminação do tegumento e dos germes das sementes para então ser iniciada a etapa de torrefação, onde ocorre reação de Maillard e liberação de aroma. É uma etapa crítica na elaboração do cacau (VARNAM; SUTHERLAND, 1997; FILHO, 2010).

A massa de cacau é obtida a partir da trituração das sementes após a torrefação, onde então se faz a extração da manteiga de cacau por prensagem e tratamento alcalino, sendo a torta da extração da manteiga, moída, o cacau em pó (FILHO, 2010).

1.1.1 Cacau em pó

O cacau em pó é utilizado em diversos tipos de produtos, sendo obtido da pasta de cacau parcialmente desengordurada e moída (HEBBEL, 1981; ERUKAINURE et al., 2010), podendo ser classificado como cacau em pó, cacau em pó parcialmente desengordurado e cacau solúvel (BRASIL, 1987).

Para a obtenção de um cacau em pó que apresente coloração atrativa e boa característica de suspensão no leite é utilizada a pasta de cacau alcalinizada no momento de seu processamento (BECKETT, 1994), já que a alcalinização do cacau melhora, em certa parte, sua dispersibilidade, embora seu principal objetivo seja a mudança de cor do produto (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

No processo de alcalinização, o cacau é tratado com carbonatos alcalinos e posteriormente neutralizado, originando assim um cacau com maior poder de suspensão em água e leite, fato muito importante para este produto já que é bastante designado à utilização em bebidas, na qual requer características de rápida e fácil preparação e dispersão (HEBBEL, 1981).

1.2 Achocolatado

A primeira bebida de cacau foi elaborada pelos espanhóis, que depois se estendeu para Holanda, França e Inglaterra, onde era consumida apenas por pessoas muito ricas, já que seu preço era alto, sendo esta bebida uma mistura de sementes de cacau tostado e moído com água, milho e especiarias (VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

Com o passar dos anos, novas bebidas a base de cacau tem sido desenvolvidas, entre elas bebidas feitas com cacau desengordurado e adoçantes artificiais, com o intuito principal de redução calórica, além de facilidade de preparo e conveniência (VARNAM, SUTHERLAND, 1997).

Muitas pessoas preferem alimentos e bebidas instantâneas devido ao seu rápido preparo e longa vida de prateleira, sendo o achocolatado um exemplo de bebida instantânea muito consumida, que é preparado a partir da sua adição em leite (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

Segundo Medeiros e Lannes (2009), achocolatados são produtos em pó formulados à base de cacau, açúcar, aroma e outros ingredientes, destinados principalmente ao consumo na forma de bebida; sendo segundo Shittu e Lawal (2007), designado como um produto de conveniência que requer pouco esforço para ser reconstituído antes do consumo.

Segundo Eduardo e Lannes (2004), o achocolatado é um alimento bem aceito pelo mercado consumidor, sendo encontrado e consumido por todo o mundo. Devido ao amplo consumo, muitas indústrias têm produzido achocolatados, resultando em grande variedade deste produto no mercado, seja no seu processamento, tipos e concentrações de ingredientes.

Devido ao grande número de produtos de cacau disponíveis no mercado e ao crescimento de seu consumo, há um crescente investimento na melhoria de bebidas de cacau, destinado à mudança de seus constituintes (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

Segundo Shittu e Lawal (2007), há pouco entendimento sobre a relação entre propriedades físicas, composição química e o comportamento de instantaneização de achocolatados em pó, sendo de grande interesse estudos que discutam essas relações já que a previsão do comportamento de achocolatados em pó pode servir de guia para o desenvolvimento de produtos cada vez melhores, Medeiros e Lannes (2009) estudaram essas relações.

O uso de hidrocolóides e amido em achocolatados é um exemplo de investimento em melhoria, tendo como principal objetivo causar variações físicas e reológicas no produto final, modificando sua textura e auxiliando na sua estabilidade e espessamento, aumentando assim sua aceitação no mercado consumidor. Bebidas com espessantes em sua formulação tendem a apresentar um comportamento reológico não Newtoniano e pseudoplástico. Esse tipo de fluxo ocorre devido à ruptura de unidades estruturais em solução causada por forças hidrodinâmicas geradas durante o cisalhamento (EDUARDO, 2005; DAMIN; SIVIERI; LANNES, 2005; DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

Outro fato importante em produtos em pó é o estudo e melhoria de suas propriedades físicas, como sua distribuição granulométrica, compressão e densidade, já que estes parâmetros exercem grande influência na qualidade do produto como dissolução e instantaneidade (EDUARDO; LANNES, 2007).

1.2.1 Ingredientes

Os ingredientes da formulação do produto podem influenciar no desempenho global do achocolatado (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010), por isso é muito importante estudar cada ingrediente usado para se obter um produto final com características desejáveis e um bom desempenho.

1.2.1.1 Adoçantes

Os adoçantes, especialmente o açúcar, são importantes ingredientes constituintes de bebidas a base de cacau, devido ao sabor amargo que o cacau em pó fornece à bebida (OMOBUWAJO; BUSARI; OSEMWEGIE, 2000).

Como citado por Belitz e Grosch (1997), a escolha do uso de determinados adoçantes leva em consideração suas características físicas, químicas e organolépticas, sendo sua solubilidade e viscosidade as propriedades físicas mais importantes.

Segundo Belscak-cvitanovic et al. (2010), a sacarose é um ingrediente relativamente mais barato e abundante em comparação aos adoçantes, fazendo dos produtos a base de cacau uma fonte prontamente disponível desses ingredientes, que contribuem para o aumento da ingestão de açúcar na dieta, que podem implicar no desenvolvimento de cáries, obesidade e doenças metabólicas associadas a obesidade.

Devido ao grande número de produtos de cacau disponíveis no mercado e o crescimento da demanda pelo consumo destes produtos, há um crescente interesse na melhoria de bebidas de cacau, destinada principalmente à redução do conteúdo de açúcar (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

Segundo Belscak et al. (2009), com o passar dos anos os consumidores estão cada vez mais preocupados com os ingredientes dos alimentos que consomem, sendo que muitas pessoas acreditam que o consumo de açúcar pode estar relacionado com efeitos negativos à saúde (BLUNDELL; GRAAF, 1993), fazendo com que alternativas menos calóricas em substituição à sacarose ganhem cada vez mais investimento e espaço no mercado de alimentos (GUGGISBERG; PICCINALI; SCHREIER, 2011), sendo esta substituição basicamente

dependente da estabilidade do produto, custo e sabor do adoçante (JARDINE; EDWARDS; MCMENEMY, 1990).

Em vista desse crescente interesse no uso de substitutos de açúcares, dois adoçantes naturais vêm ganhando espaço no mercado consumidor, o isomalte e a stevia, que possuem duas qualidades importantes para os consumidores que são a diminuição da sacarose, ou seja, a saudabilidade, e o fato de ser um ingrediente natural (JARDINE; EDWARDS; MCMENEMY, 1990).

As principais características do isomalte são seu sabor e baixo conteúdo calórico, além de poder ser consumido por consumidores diabéticos sem causar um aumento significativo da glicose corporal (BOLHUIS; ENGELHART; ESSENS, 2009) e apresentar um poder adoçante cerca de 200-300 vezes maior que a sacarose (GUGGISBERG PICCINALI; SCHREIER., 2011).

No caso de bebidas que usam hidrocolóides com o intuito de melhoria de viscosidade, deve-se ter maior atenção à substituição da sacarose por outro tipo de adoçante, já que a presença de sacarose em sistemas que contem hidrocolóides pode causar a mudança da fluidez e da viscosidade do sistema (YANNES; DURÁN; COSTELL, 2002).

1.2.1.1.1 Sacarose

Segundo Belitz e Grosch (1997), dos açúcares existentes na natureza apenas alguns são utilizados em grande escala como adoçantes, sendo a sacarose o açúcar mais utilizado com esta finalidade além de, segundo Coultate (1998), ser o açúcar mais importante em alimentos devido sua capacidade adoçante e seu auxílio às qualidades organolépticas (JARDINE; EDWARDS; MCMENEMY, 1990).

A sacarose é um dissacarídeo cristalino de sabor doce que é extraído principalmente da cana de açúcar. Para sua obtenção, a cana de açúcar é primeiramente moída, obtendo-se um suco que é clarificado e concentrado, para então sofrer um processo de cristalização e centrifugação, para finalmente ser lavado, fundido e filtrado (MULLER; TOBIN, 1996; COULTATE, 1998).

Tem a capacidade de contribuir para propriedades de textura do produto (JARDINE; EDWARDS; MCMENEMY, 1990), além de apresentar baixo preço, mas ao mesmo tempo pode causar cárie dentária, além de ser intolerante aos diabéticos e poder

contribuir para o desenvolvimento de doenças do coração (BORNET, 1993), sendo estes uns dos principais motivos da procura por sua substituição em muitos alimentos.

De acordo com Glicksman e Farkas (1966), a substituição de açúcar por outros adoçantes oferece a necessidade de se adicionar outros ingredientes como forma de preenchimento, que pode causar aumento no volume do produto.

Em relação as suas características e seu comportamento em alimentos, uma das principais preocupações levadas em consideração no momento da formulação de determinados alimentos é seu comportamento em solução aquosa, sendo este geralmente solúvel em água (COULATE, 1998), além do tamanho de sua partícula, já que este é um fator importante na formulação de misturas, pois influencia na coesão, densidade, dispersibilidade e solubilidade do produto, sendo que quanto maior a quantidade de açúcar em um achocolatado, maior será sua solubilidade e molhabilidade (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

1.2.1.1.2 Isomalte

Existem alguns adoçantes que são utilizados, principalmente com a finalidade dietética, em substituição à sacarose, como é o caso do isomalte (BELITZ; GROSCH, 1997).

A partir da isomerização catalítica da sacarose, por meio de um sistema enzimático, é originada a isomaltose, sendo que da mistura de dois dissacarídeos derivados a partir da hidrogenação da isomaltose é originado o isomalte, que é um poliol comumente utilizado como substituto da sacarose, que não sofre reação de Maillard e é quimicamente mais estável que a sacarose, além de se apresentar reologicamente como um ingrediente com comportamento plástico e sofrer recuperação elástica (BORNET, 1993; BOLHUIS; ENGELHART; EISSENS, 2009).

O isomalte apresenta como principais propriedades seu gosto, sensação de preenchimento na boca e baixo conteúdo calórico (SÁSKA et al., 2010), originando consequentemente boa compactação (BOLHUIS; ENGELHART; EISSENS, 2009), além de apresentar baixa solubilidade em água (BORNET, 1993).

1.2.1.1.3 Stevia

Recentes estudos têm mostrado um forte aumento na atenção à qualidade adoçante do extrato da planta de stevia rebaudiana, ou stevia (GUGGISBERG; PICCINALI; SCHREIER, 2011), que é um arbusto natural do Paraguai e do Brasil e atualmente cultivado também na Ásia, Europa e Canadá (GARDANA et al., 2003).

A stevia é um adoçante natural, livre de calorias e muito usado em diferentes países. Possui stevioside (GARDANA et al., 2003), que segundo Guggisberg, Piccinali e Schreier. (2011), é um composto que possui um poder adoçante de cerca de 200-300 vezes maior que a sacarose.

Esse adoçante já era antigamente muito usado no Japão e atualmente vem sendo usado em todo o mundo, apresentando-se como uma alternativa de substituição à sacarose, por ter um poder adoçante maior, apresentar efeitos benéficos à saúde e ser considerado um ingrediente seguro para o uso em alimentos (GARDANA et al., 2003).

Levando em consideração seu poder de doçura, pode se disser que apresenta um custo comparável ao da sacarose (HOUGH, 1993).

1.2.1.2 Maltodextrina

Segundo Takeiti, Kieckbusch e Collares-Queiroz (2008), a maltodextrina possui suas propriedades físicas bem definidas e, ao contrário dos amidos naturais, é solúvel em água, popularizando assim seu uso como aditivo em alimentos, além de, segundo Williams e Phillips (2004), a maltodextrina fazer parte de uma das classes mais populares de substitutos de gordura e possuir a capacidade de reproduzir a sensação de gordura na boca.

É um bom agente de preenchimento de volume em formulações que apresentam baixo poder adoçante (MCKENNA, 2000), além de ser muito usado em formulações onde são empregados adoçantes artificiais com o propósito de conferir corpo ao produto (VARNAM, SUTHERLAND, 1997).

1.2.1.3 Espessantes

O paladar é uma propriedade muito importante em alimentos que está relacionada à impressão sensorial deste e conseqüentemente com sua aceitação pelo mercado consumidor, sendo esta propriedade muitas vezes relacionada à textura do produto. Por isso o crescente uso de espessantes, tais como amido e hidrocolóides, já que estes possuem a propriedade de auxiliar no controle e melhoria da textura de produtos (FOLKENBERG, BREDIE, MARTENS, 1999).

Segundo Funami et al. (2011), a textura e o aroma são os dois componentes mais importantes na palatabilidade de alimentos. Devido a isso, segundo Mckenna (2000), nos últimos anos as indústrias têm se concentrado no desenvolvimento de novas texturas em alimentos utilizando, por exemplo, os hidrocolóides já que, segundo Williams (2011), a sua principal aplicação em formulações de alimentos é o controle das propriedades reológicas deste.

A adição de hidrocolóides em pó em bebidas é um exemplo atual de uso destes com o intuito de melhoria reológica, causando diminuição da fluidez da bebida devido ao aumento da viscosidade do meio (O'LEARY; HANSON; SMITH, 2011; HOUGH; SANCHEZ, 1998), além de evitar a sedimentação e melhorar a consistência em bebidas achocolatadas (YANNES; DURÁN; COSTELL, 2002).

Mesmo em baixas concentrações os hidrocolóides são capazes de produzir soluções com alta viscosidade ou formar géis com variadas texturas; logo, devido a sua habilidade de aumentar a viscosidade de soluções, os hidrocolóides vêm sendo utilizados como estabilizadores de suspensão e emulsão, onde possuem a função de retardar a sedimentação de partículas (MCKENNA, 2000).

A escolha do hidrocolóide adequado a uma determinada formulação vai depender das suas propriedades físicas e químicas, além do sinergismo com outros hidrocolóides ou componentes do alimento, já que sua funcionalidade pode ser afetada por interações com outros componentes (DICKINSON, 2003).

Em relação ao seu comportamento reológico, os hidrocolóides podem se apresentar como Newtoniano e não-Newtoniano. Fluidos com comportamento Newtoniano apresentam a viscosidade que é considerada uma constante do fluido, já em casos de fluido não-Newtoniano, estes não podem ser descritos por um simples valor de viscosidade,

dependendo então da taxa de deformação, sendo assim, são fluidos mais complexos (O'LEARY; HANSON; SMITH, 2011).

Os hidrocolóides são classificados como aditivos alimentares, onde são identificados de acordo com o Sistema Internacional de Numeração (INS) de aditivos alimentares elaborado pelo Comitê do Codex, que nada mais é que um sistema de identificação, onde cada aditivo recebe um número INS (CAC/MISC 6, 2011). Os números de identificação para cada hidrocolóide utilizado são mostrados na Tabela 1.

Tabela - Identificação dos hidrocolóides segundo o Sistema Internacional de Numeração - INS

Hidrocolóides	INS
Goma guar	12
Goma tara	17
Goma xantana	15

INS: Sistema Internacional de Numeração

1.2.1.3.1 Amido

O amido se encontra amplamente distribuído nos mais diversos órgãos das plantas como reserva de carboidrato, além de ser um ingrediente comum na maioria dos alimentos e a fonte mais importante de carboidratos da alimentação humana (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Segundo Belitz e Grosch (1997), o amido é uma mescla de dois glucanos, amilose e amilopectina, comumente utilizado como espessante em diversos alimentos, sendo o amido de milho o amido comestível mais importante, além de, segundo Williams (2011), ser o espessante mais estudado e usado na indústria de alimentos.

Durante a geleificação do amido, seu grão incha muito, causando o aumento da viscosidade da suspensão, sendo este aumento de viscosidade decorrente da alta resistência ao fluxo de água por parte dos grânulos inchados de amido, que durante a geleificação ocupam todo o volume da dispersão (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Suas propriedades funcionais variam com a espécie e variação do amido, em relação a sua propriedade estrutural, sendo o amido de milho modificado o amido que

apresenta maior capacidade de inchaço, devido principalmente a sua estrutura mais aberta em relação aos outros tipos de amido (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

As propriedades do amido e suas frações (amilose e amilopectina) podem ser melhoradas ou adaptadas às necessidades tecnológicas especificadas por modificações físicas ou químicas, como é o caso do amido pré-gelatinizado, que é obtido pelo aquecimento das suspensões de amido e posterior desidratação, obtendo-se um produto solúvel em água fria e capaz de formar gel, que é muito utilizado em produtos instantâneos (BELITZ; GROSH, 1997).

Segundo Ribeiro e Seravalli (2004), altas concentrações de açúcares reduzem a taxa de geleificação do amido e sua viscosidade no meio, já que estes reduzem a força do gel por ligarem água e interferirem na formação da estrutura do gel, sendo os dissacarídeos mais efetivos nesta redução que os monossacarídeos.

1.2.1.3.2 Galactomananas

Galactomananas são polissacarídeos neutros naturalmente presentes em algumas sementes de leguminosas (WU et al., 2009), sendo a goma guar e a goma tara pertencente a esse grupo (WU et al., 2011).

Essas duas gomas apresentam diferentes proporções de manose e galactose, sendo esta relação uma característica muito importante que afeta a conformação da cadeia produzida pela goma (WU et al., 2011) e é um fato dependente da fonte do polissacarídeo, que afeta seu peso molecular e viscosidade intrínseca, apresentando assim um papel essencial na reologia deste (WU et al., 2009).

Além da relação de manose e galactose afetarem a reologia do produto, esta também tem uma relação importante com a solubilidade, já que quanto maior a relação de manose e galactose menor será a sua solubilidade (GARTI et al., 1997). Tipicamente a goma guar apresenta uma relação de manose e galactose de aproximadamente 2, enquanto a goma tara apresenta uma relação de aproximadamente 3. Uma das possíveis explicações da relação de manose e galactose com relação à solubilidade é que quanto maior a concentração de galactose, menor é a tensão superficial da goma com a água, sendo assim maior será sua solubilidade (WU et al., 2009).

Tanto a goma guar quanto a goma tara são gomas muito usadas em alimentos como espessantes e emulsificantes devido seu alto poder ligante em água e fácil interação sinérgica com outros componentes, como carboidratos e proteínas, aumentando assim a viscosidade do meio (WU et al., 2011).

1.2.1.3.2.1 Goma guar

Segundo Ribeiro e Seravalli (2004), a goma guar é um polissacarídeo extraído das sementes de *Cyamopsis tetragonolobus*, sendo uma galactomanana que contém unidades de manose e galactose em uma relação estimada de 1,8 a 2,0 : 1,0, respectivamente.

A goma guar apresenta propriedade geleificante e atua como espessante e estabilizante, apresentando alta viscosidade quando hidratada em água fria (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

Sua viscosidade é pouco afetada pelo pH e por sais, entretanto grandes quantidades de sacarose podem reduzir sua viscosidade (RIBEIRO; SARAVALLI, 2004), além de apresentar sinergismo com amido e outras gomas como, segundo McKenna (2000), a goma xantana.

Segundo Dogan, Toker e Goksel (2011), a goma guar apresenta uma alta capacidade de absorção de água, além de costumeiramente apresentar baixo índice de consistência e alto índice de fluidez.

1.2.1.3.2.2 Goma tara

Segundo McKenna (2000), a goma tara é um agente espessante que apresenta boa dispersão em água e bom sinergismo com a goma xantana, além de apresentar boa estabilidade em alimentos e exibir alta viscosidade em baixa concentração.

É uma goma muito utilizada em alimentos por apresentar alta capacidade de espessamento, ligação com água e estabilização de emulsões (DICKINSON, 2003).

1.2.1.3.3 Goma xantana

Segundo Williams e Phillips (2004), a goma Xantana é um polímero produzido por fermentação de bactérias *Xanthomonas campestris*, que apresenta como principais propriedades a capacidade de conferir às soluções alta viscosidade em baixa concentração e acentuada insensibilidade a variações de concentração de sais, pH e temperatura do meio, além de, segundo Ribeiro e Saravalli (2004), ser uma goma totalmente solúvel em água quente ou fria.

A eficiência da sua propriedade de estabilização é relacionada com suas características estruturais, tais como alto peso molecular e conformação estendida (WILLIAMNS; PHILLIPS, 2004) que, de acordo com Belitz e Grosch (1997), são mais bem aproveitadas em sobremesas instantâneas quando utilizada com leite.

Uma de suas principais utilizações é como espessante em alimentos (WILLIAMNS, 2011), onde apresenta boa solubilidade e alta viscosidade, além de sua propriedade estabilizante, que auxilia na manutenção de partículas em suspensão (MCKENNA, 2000).

A goma xantana apresenta uma boa interação com galactomananas, como a goma guar e a goma tara, sendo uma das possíveis causas dessa boa interação a complexação da goma xantana, que apresenta uma configuração de dupla hélice, com as gomas galactomananas, que apresentam uma conformação suave (GLICKSMAN, 1982).

Em relação as suas propriedades reológicas, a goma xantana apresenta alto grau de plasticidade, que se mostra quase que independente da sua concentração e taxa de cisalhamento (GLICKSMAN, 1982) além de, segundo MacKenna (2000), a goma xantana tender a produzir uma reologia chamada de “longa”, e muitas vezes uma textura viscosa, diferentemente do amido, que apresenta uma reologia “curta”.

Segundo Williams e Phillips (2004), a goma xantana apresenta elevado grau de pseudoplasticidade que, segundo Glicksman (1982), é um fator importante que contribui para uma boa qualidade sensorial em alimentos, além disso, tende a apresentar alto índice de consistência e baixo índice de fluidez (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

Em bebidas, tende a apresentar um modelo reológico mais efetivo em comparação à goma guar, muito possivelmente devido a sua conformação rígida e ordenada, comparada a estrutura extensa da goma guar (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

1.2.1.4 Álcool de cereais

O álcool de cereais é basicamente obtido pela fermentação de açúcares e é conhecido desde a antiguidade, mas foi na metade do século XII que foi obtido na forma pura a partir do processo de destilação (HERMULHEIM, 1981).

A tensão interfacial entre produtos químicos orgânicos, como óleo ou gordura, e água, desempenha um papel importante em muitos processos (YOON; OOSTRON; WERTH, 2009), sendo uma propriedade muito usada na determinação de muitas propriedades, como por exemplo, no comportamento de dispersões (KIM; BURGESS, 2001).

A tensão interfacial é dependente, entre outras coisas, da força de coesão existente entre as moléculas da fase gordurosa. Essa força de coesão pode ser alterada com a adição de líquidos orgânicos, como o álcool, resultando na mudança da composição da interface e, portanto, mudanças na força de coesão. A tentativa de diminuição da tensão superficial entre substâncias imiscíveis é muito praticada em alimentos, sendo que a capacidade de prever mudanças na tensão superficial com mudanças na sua formulação é útil para obter processos mais rápidos e com menos custos (KIM; BURGESS, 2001), além de se obter produtos com características diferenciadas.

A transesterificação de óleos e gorduras tem encontrado várias aplicações na indústria, entre elas a produção de surfactantes, já que a transesterificação de óleos e gorduras com álcool metílico cria ésteres metílicos que são usados para a produção de tensoativos. Outro exemplo é a transesterificação da sacarose, que cria ésteres que possuem aplicações emulsificantes em alimentos (SHAHLA; CHENG; YUSOFF, 2010).

Um fator muito importante que tem sido observado por pesquisadores no processo de transesterificação é a necessidade da remoção de água, com o intuito de evitar a formação de subprodutos, além de a sua remoção provocar um aumento na produção de ésteres (SHAHLA; CHENG; YUSOFF, 2010), sendo que a remoção de água pode ser feita pelo processo de evaporação durante a reação. Devido à transesterificação com metanol produzir compostos tóxicos, este tem sido substituído por etanol para a aplicação em alimentos (CHO et al., 2006).

Geralmente o processo de transesterificação é feito com catalisadores, mas alguns processos também têm sido observados sem o uso de catalisadores, sendo a quantidade de éster etílico formado pela reação de transesterificação de óleos e gorduras com álcool etílico

dependente de alguns fatores, como a razão molar, a temperatura, o catalisador e o tempo utilizado para a reação ocorrer (SHAHLA; CHENG; YUSOFF, 2010).

Os surfactantes, ou tensoativos, são substâncias que auxiliam na interação entre substâncias imiscíveis, como água e óleo, tendo a função de auxiliar na reconstituição de produtos em pó no momento de sua solubilização (SHITTU; LAWAL, 2007).

1.3 Processamento

1.3.1 Redução de tamanho

A escolha do processamento utilizado para produtos em pó é de extrema importância na qualidade final do produto, já que este influencia nas suas propriedades físicas (EDUARDO; LANNES, 2007).

De acordo com Brenna et al. (1980), em muitas operações na indústria de alimentos há a necessidade frequente de reduzir o tamanho de sólidos mediante a aplicação de forças mecânicas, sendo esse processo classificado, segundo Fellows (2006), como uma operação unitária na qual o tamanho médio de partículas de alimentos é reduzido, por exemplo, pela aplicação de forças de moagem, que tem como vantagem o aumento da relação entre a área superficial e o volume do alimento, permitindo então uma mistura mais completa dos ingredientes.

Esse processo é usado para melhorar a qualidade sensorial e adequar o produto para processamento posterior, auxiliando no controle das propriedades reológicas ou de textura dos alimentos, além de aumentar a eficiência da mistura, sendo que os diferentes métodos de redução são classificados de acordo com a faixa de tamanho das partículas produzidas (FELLOWS, 2006).

De acordo com Brenna et al. (1980), existem três tipos de forças utilizadas para reduzir o tamanho das partículas dos alimentos, que são a força de compressão, a força de impacto e a força de cisalhamento, sendo a força de compressão usada para ruptura de produtos duros, a de impacto usada para realização de moenda média e a de cisalhamento usada para a moenda fina.

A avaliação do desempenho da redução do tamanho da partícula deve levar em consideração a distribuição do tamanho da partícula e o gasto de energia (BERK, 2009). Existem muitos tipos de equipamentos utilizados para a realização da redução do tamanho de produtos, sendo os moinhos os tipos mais utilizados para a moagem de alimentos secos (FELLOWS, 2006).

1.3.2 Tamisação

A tamisação é um método que pode ser utilizado para determinar a distribuição granulométrica das partículas, sendo muito simples e comumente utilizado (BERK, 2006). É uma operação básica onde uma mescla de partículas sólidas de diferentes tamanhos é separada em duas ou mais frações passando por uma tamise (BRENNA et al., 1980).

1.3.3 Mistura e Modelagem

De acordo com Pernenkil e Cooney (2006), a mistura de pós é uma operação unitária crucial na indústria de alimentos, além de segundo Singh e Heldman (2009), na maioria das vezes a qualidade do produto misto pode ser julgada pela distribuição uniforme dos ingredientes.

Segundo Fellows (2006), a partir da mistura se obtém um produto homogêneo, pela dispersão de um componente no outro, sendo o componente majoritário chamado de fase contínua e o minoritário de fase dispersa, tendo como única intenção auxiliar o processamento.

A mistura de sólidos é mais complexa que a de líquidos, pois estes apresentam a tendência de segregar, já que a mistura de pós consiste em partículas de diferentes tamanhos, formas e densidade, sendo assim, o movimento de pós pode promover, ao mesmo tempo, a mistura e a segregação (BERK, 2006), contrariando assim o objetivo pretendido (SINGH; HELDMAN, 2009).

A segregação de componentes tem um papel importante na mistura de pós, sendo importante avaliar o seu desempenho baseado na sua escala de segregação, com o intuito de

se obter uma mistura homogênea, sendo que uma mistura é tida como boa quando apresenta uma baixa escala de segregação (PERNENKIL; COONEY, 2006).

Segundo Fellows (2006), não é possível obter uma mistura completamente uniforme de produtos em pó ou sólido particulados, mas segundo Singh e Heldman (2009), o fato mais importante em uma mistura é a redução da variação de mistura aleatória.

Basicamente, o grau de mistura depende do tamanho, forma e densidade de cada componente, do teor de umidade, da sua tendência a aglomeração e da eficiência do misturador, no qual quanto mais similares os componentes forem, mais capaz será a mistura em ser uniforme (FELLOWS, 2006).

De acordo com Pernenkil e Cooney (2006), a mistura de sólidos pode cair em três tipos, que são a difusão, a convecção e a difusão com cisalhamento. Na difusão a homogeneização é alcançada pelo resultado de movimentos aleatórios das partículas que estão sob efeito gravitacional ou vibracional, sem agitação mecânica, onde quase não há cisalhamento, que é muito usado em partículas que requerem mistura suave, como as que são facilmente aglomeradas (BERK, 2006).

Na mistura convectiva, a mistura é alcançada pela agitação mecânica (BERK, 2006), geralmente causada por movimentos rotacionais, podendo ainda se aliar a forças de cisalhamento, gerando assim outro tipo de mistura (PERNENKIL; COONEY, 2006).

O desenho do misturador e sua operação devem ser escolhidos cuidadosamente para alcançar os resultados desejados (SINGH; HELDMAN, 2009), já que este influencia na qualidade final do produto (LAURENT; BRIDGWATER, 2002).

A seleção do tipo e do tamanho adequado de misturador depende do tipo e da quantidade de alimento a ser misturado e da velocidade da operação necessária para atingir o grau de mistura desejado com o menor consumo de energia, sendo que a mistura ideal para cada tipo de ingrediente depende da forma e da velocidade do equipamento, mas a velocidade deve ser menor que a velocidade crítica, quando a força centrífuga excede a gravitacional (FELLOWS, 2006).

Em aplicações industriais, a agitação é uma das formas mais utilizadas para misturar o produto, sendo definida como a aplicação de força mecânica para mover um material de forma circular (SINGH; HELDMAN, 2009) como, por exemplo, tambores.

Segundo Berk (2006), um tambor de mistura consiste em um cilindro rotativo horizontal em torno do seu eixo, no qual seu processo de mistura é essencialmente difusivo. O pó é misturado dentro do tambor, onde é levantado até seu ângulo de repouso ser excedido e depois cai sobre o resto da massa para entrar em um novo ciclo de levanta e cai.

1.3.4 Instantaneização

O termo “instantâneo” tem sido empregado para caracterizar alimentos de fácil solubilização em água fria, sendo essa propriedade muitas vezes obtida na operação de secagem, auxiliada pelo uso de substâncias dispersantes, ou a partir do processo de aglomeração (GAVA, 1984; LANNES; MEDEIROS, 2003; VISSOTTO et al., 2006).

De acordo com Dogan, Toker e Goksel (2011) e Schubert (1987), muitas pessoas preferem alimentos e bebidas instantâneas devido à facilidade de seu preparo, melhora da sua molhabilidade, solubilidade e dispersão, sendo os achocolatados um dos mais importantes dentre os produtos em pó instantâneos (KYAW HLA; HOGEKAMP, 1999), por isso a importância de se estudar novos métodos de instantaneização.

Vários métodos físicos e químicos vêm sendo empregados para melhorar as propriedades instantâneas de alimentos em pó (SHITTU; LAWAL, 2007), como é o caso do método proposto de adição de álcool de cereais com sua posterior evaporação, em condições controladas de tempo, temperatura e umidade relativa.

Um dos métodos mais utilizados para esse tipo de produto é a instantaneização pela tecnologia *spray-drying*, que consiste na atomização de uma solução a través de ar quente (TURCHIULI; JIMENÉZ; DUMOULIN, 2011).

A primeira menção do uso desta técnica vem dos anos 60, onde esse processo encontrava primitivos dispositivos e muitos problemas de eficiência. Mais de 150 anos de pesquisa sobre essa técnica resultou em uma das mais poderosas ferramentas tecnológicas utilizadas no meio de produtos em pó, mas que ainda se apresenta como um amplo e interessante meio de pesquisa e desenvolvimento nos dias de hoje (CAL; SOLLOHBUB, 2010).

A técnica do *spray-dryer* nada mais é que um processo de secagem, onde como toda técnica de secagem, envolve simultaneamente a aplicação de calor e remoção da umidade do alimento, sendo a capacidade de remoção da umidade dependente da temperatura e quantidade de vapor de água presente no ar de secagem (SCHUBERT, 1987).

Esta técnica é baseada em quatro fases: atomização do líquido, contato deste com ar quente, evaporação da água e separação do produto em pó por ar seco (MASTERS, 2002), sendo que a etapa de atomização pode ser realizada por diferentes formas, dependendo do produto a ser desidratado e os componentes que o constituem (CAL; SOLLOHBUB, 2010).

A forma como a gotícula do fluido entrará em contato com o ar quente é um elemento importante no processo, já que este afeta as características do produto final (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Há basicamente três tipos de contato entre a gotícula do fluido e o ar quente: secagem concorrente, secagem contra-corrente e secagem que mistura o fluxo cocorrente e contra-corrente (CAL; SOLLOHBUB, 2010). O fluxo cocorrente é o mais utilizado (ZBICINSKI; STRUMILLO; DELAG, 2002), sendo o tipo mais conhecido e geralmente utilizado para produtos de fácil secagem e no qual o uso de alta temperatura não ocasionará risco de superaquecimento ao produto (CAL; SOLLOHBUB, 2010), já o fluxo contra-corrente, no qual o ar é injetado no sentido oposto ao fluxo das gotículas do fluido (CAL; SOLLOHBUB, 2010), é mais utilizado para produtos sensíveis ao calor (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A coleta do produto seco ocorre em seguida à sua secagem, no qual as partículas do produto descem em direção ao fundo da câmara (CAL; SOLLOHBUB, 2010). Essa etapa de separação é muito importante, já que pode influenciar na fineza deste (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

O processo de secagem produz produtos porosos, caracterizados pela sua baixa densidade, assim como maior diâmetro médio, sendo a aglomeração um método de secagem muito comum (MUJUMDAR, 2006). Essa técnica de secagem permite a produção de partículas maiores a partir da agregação de pós finos, (MARTINS; KIECKBUSCH, 2008), modificando assim a estrutura física da partícula, sendo suas características dependentes dos seus constituintes, técnica e condições de processamento utilizadas (VISSOTTO et al., 2006).

A aglomeração é basicamente um fenômeno físico, que causa modificações físicas e químicas na superfície do produto (DHANALAKSHMI, GHOSAL, BHATTACHARYA, 2011). A estrutura porosa produzida por esse processo aumenta a absorção de líquido por capilaridade, acelerando desta forma sua dispersão e dissolução no meio de reconstituição (MARTINS; KIECKBUSCH, 2008).

A aglomeração é uma técnica muito utilizada na indústria de alimentos, sendo o achocolatado um exemplo de produto aglomerado, pois esse apresenta melhores propriedades físicas que achocolatados não aglomerados (DHANALAKSHMI, GHOSAL, BHATTACHARYA, 2011).

Esse método pode ser conduzido de diversas formas em conjunto com outras operações unitárias, tais como pulverização, vaporização e secagem, sendo a seleção do processo específico de aglomeração dependente das propriedades físicas e químicas do produto (DHANALAKSHMI, GHOSAL, BHATTACHARYA, 2011).

1.4 Tecnologia de produtos em pó

A tecnologia de alimentos é basicamente a tentativa de preservar, transformar, criar ou destruir estruturas por meio natural ou partir de processos (AGUILERA, 2005).

Produtos em pó, em especial alimentos em pó, possuem uma vasta aplicação além de possuírem uma enorme variedade disponível no mercado (CHEN; OZKAN, 2007).

A tecnologia de partículas é um ramo da engenharia de processos que se preocupa com a produção, processamento, análise e uso de partículas, sendo na indústria de alimentos um ramo muito importante, já que a partir desse estudo se obtém informações necessárias para o desenvolvimento de produtos melhores (SCHUBERT, 1987).

Quando o cacau em pó é escolhido para certa aplicação, a formulação do produto, bem como os parâmetros de processamento devem ser levados em consideração para que o produto atinja a característica final desejada (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010), mesmo as propriedades de sistemas de partículas se diferirem daquelas apresentadas pelos seus ingredientes em separado (SCHUBERT, 1987). Por isso a importância de se estudar as propriedades físicas do produto como um todo.

1.5 Propriedades físicas

Produtos em pó tais como achocolatados, podem ser originados com diferentes propriedades físicas, que devem ser mensuradas e estudadas para se defini-lo e então se obter um produto com características desejáveis (TEUNOU, FITZPATRICK, SYNNOTT, 1999).

Segundo Aguilera (2001), algumas propriedades de produtos em pó, como a densidade, compactação e fluidez são características essenciais para sua manipulação, processamento e transporte, assim como o tamanho da partícula e sua instantaneidade são características relativas à sua qualidade e aceitação pelo público consumidor.

A compactação do pó pode ser usada para prever a fluidez deste, sendo que esta característica tem uma relação direta com o tamanho da partícula do produto (EDUARDO; LANNES, 2007).

Segundo Gutcho (1977), bebidas feitas com cacau em pó encaram algumas propriedades físicas como baixa molhabilidade, além de sedimentação de partículas de cacau

após a reconstituição do produto, sendo essas propriedades mais pronunciadas quando o produto é reconstituído em leite de vaca (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

De acordo com Jensen (1973), o processo de dissolução do pó envolve algumas propriedades, entre elas a molhabilidade e a solubilidade. Dependendo das propriedades do produto em pó, cada etapa pode levar mais ou menos tempo no processo de reidratação (GAIANI et al., 2006).

Com o aumento da qualidade de diferentes produtos em pó, tais como os achocolatados, há a necessidade de informações detalhadas sobre suas propriedades físicas, especialmente pelo fato de produtos em pó serem produtos complexos (DHANALAKSHMI, GHOSAL, BHATTACHARYA, 2011).

1.5.1 Molhabilidade

Dentre as etapas de reconstituição de produtos em pó, a molhabilidade é a etapa mais importante, ou seja, a etapa que tem mais influência no processo como um todo (KIM; BURGESS, 2001).

A molhabilidade pode ser entendida como a susceptibilidade das partículas em serem penetradas pelo líquido de reconstituição e está relacionada principalmente ao tamanho e forma das partículas, temperatura e tipo do líquido de reconstituição, característica de superfície da partícula e ao conteúdo e características da gordura presente no alimento, sendo inversa a correlação entre a molhabilidade e o conteúdo de gordura livre (GAVA, 1984; BERNHARDT, 1994).

Este tipo de análise é muito importante para produtos em pó que vão passar por processo de reconstituição, já que a partir da análise de molhabilidade pode se obter informações sobre o produto, como sua dispersibilidade e tendência de formação de grumos (BERNHARDT, 1994; MAIA; GOLGHER, 1983).

1.5.2 Solubilidade

A solubilidade de um pó é a capacidade relacionada com a velocidade de dissolução e com a solubilidade total, sendo este parâmetro muito utilizado para a verificação da capacidade do pó em se manter como uma mistura homogênea no meio dispersante (JENSEN, 1973; MAIA; GOLGHER, 1983).

Esse processo pode ser melhorado a partir da realização do processo de lecitinação, que contribui para que a reconstituição do pó em meio líquido ocorra de forma eficiente, já que a lecitina apresenta o radical ácido graxo, que é solúvel em óleo, e o radical fosfato-colina, que é solúvel em água, sendo assim apresenta como principal função a redução da tensão superficial entre as fases sólidas e líquidas (VISSOTTO et al., 2006), atuando desta forma como um emulsificante natural (ARAÚJO, 2004). Outra forma de se melhorar a solubilidade de produtos em pó é pelo processo de instanteneização (LANNES; MEDEIROS, 2003).

1.5.3 Tamanho de partícula e distribuição granulométrica

A versatilidade no manuseio, armazenamento e processamento de fabricação são alguns dos motivos da importância dos alimentos em pó, sendo o achocolatado um dos exemplos de alimentos que se enquadram nesta classe (VISSOTTO et al., 2006) e o tamanho da partícula do pó uma das características mais importantes para produtos em pó (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

Os alimentos consistem em materiais de diferentes tamanhos de partículas, sendo assim, para a sua caracterização é necessário determinar sua distribuição granulométrica e definir a média do tamanho das partículas, sendo a distribuição do tamanho das partículas referente à proporção de partículas em certa amostra da população total (BERK, 2006).

A forma geométrica dos grânulos influencia no volume ocupado pelo pó, assim como sua morfologia pode afetar as propriedades de compressão (BARCER et al., 2008), além de, segundo Belscak-Cvitanovic et al. (2010), o tamanho da partícula ter um efeito na coesividade, densidade e solubilidade em misturas de pós, sendo o tamanho da partícula geralmente caracterizado pela tamisação.

1.5.4 Compactação

De acordo com Eduardo e Lannes (2007), a compactação pode ser definida como a compressão de duas fases, no caso sólido-gás devido a uma força aplicada.

A compactação de produtos em pó é um fenômeno muito estudado, além de ser um importante segmento para pesquisas na área de alimentos em pó (BENKOVIC et al., 2011). Sua determinação é útil para a avaliação do fluxo, verificação da tendência ao atrito e à aglomeração dos pós (EDUARDO, 2005).

Segundo Belscak-Cvitanovic et al. (2010), a compactação aumenta com a diminuição do tamanho da partícula devido ao aumento da área superficial do pó e ao aumento da probabilidade das interações entre as partículas, além de achocolatados feitos com cacau com alto teor de gordura apresentarem maior compactação que achocolatados feitos com cacau com menor teor de gordura.

1.6 Estudo da superfície da partícula

Na maioria das vezes as partículas são irregulares no que diz respeito a sua forma e perfil (SCHUBERT, 1987), sendo que as propriedades dos materiais são muitas vezes determinadas pelas suas respectivas microestruturas, sendo assim o estudo da superfície de partículas uma etapa importante na análise de produtos particulados, já que a partir dela se obtém informações mais precisas sobre o material além de auxiliar na sua aplicação (WOODRUFF; DELCHAR, 1994; PADILHA; FILHO, 1992).

A superfície da partícula pode ser perfeitamente descrita com o uso de análises eletrônicas, como é o caso da microscopia eletrônica de varredura (WOODRUFF; DELCHAR, 1994).

1.6.1 Microscopia eletrônica de varredura

Os microscópios são classificados em três tipos básicos: óptico, elétricos e de íons, e de varredura (A INTRODUCTION [...], 2010).

Com o objetivo de melhorar a resolução de microscópios de luz, cientistas descobriram que o poder da resolução do microscópio não era limitado apenas pela qualidade e número de lentes, mas também pelo comprimento de onda da luz utilizada para iluminar. Em 1920, foi descoberto que elétrons acelerados se comportavam no vácuo como luz, com um comprimento de onda aproximadamente 100.000 vezes menor que a luz visível. Além de descobrirem que campos magnéticos e elétricos podem ser usados para moldar o caminho percorrido pelos elétrons, similar a maneira que as lentes de vidro são usadas para concentrar a luz visível. Logo, em 1931, o primeiro microscópio de transmissão eletrônica foi construído, por Ernst Ruska, combinando todas as descobertas citadas anteriormente. Atualmente os microscópios eletrônicos apresentam uma resolução de 0.05 nm, mais de 4000 vezes melhor que um microscópio de luz e mais de 4000000 vezes melhor que ao olho nu (A INTRODUCTION [...], 2010).

Microscópios eletrônicos ou de íons usam um feixe de partículas carregadas ao invés de luz, além de lentes eletromagnéticas ou eletroestáticas para focar a partícula. Pode ser usado para caracterizar partículas tão pequenas quanto um décimo de nanômetro, como por exemplo, um átomo individual (INTRODUCTION [...], 2010).

O Microscópio de varredura utiliza uma sonda física, que digitaliza acima da amostra ou perto do contato com a superfície. Mapeia interações entre a sonda e a amostra para criar uma imagem. É capaz de resoluções em escala atômica (A INTRODUCTION [...], 2010).

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é um poderoso instrumento o qual permite caracterizar materiais heterogêneos e analisar sua superfície. É muito utilizado devido sua alta resolução e a obtenção de imagens tridimensionais (GOLDSTEIN et al., 2003). Em análise de partículas, possui a função de auxiliar no entendimento da relação entre estrutura, função e propriedade de materiais e processos (A INTRODUCTION [...], 2010).

Os componentes básicos são: lentes, disparador de elétrons, coletor de elétrons, tubos de raios catódicos de visualização e gravação e os materiais eletrônicos associados a ele, além dos componentes utilizados para a formação da imagem que são: sistema de varredura, detector de sinal, amplificador e display (GOLDSTEIN et al., 2003).

A área analisada é irradiada com um feixe fino de elétrons que varre a superfície da amostra. Os sinais produzidos pela sua irradiação incluem elétrons secundários, elétrons retroespalhados, raios X característicos e prótons com energia variada. O primeiro sinal de interesse é a variação de emissão dos elétrons secundários, que são produzidos perto da área de impacto, permitindo assim uma imagem com boa resolução. A variação de sinais permite o fornecimento de informações úteis sobre a composição da superfície da amostra (GOLDSTEIN et al., 2003).

A interação dos elétrons com a amostra ocorre da seguinte forma, um átomo é um núcleo carregado por elétrons em órbita. O número de elétrons é igual ao número de prótons no núcleo e é conhecido como o número do átomo. O feixe de elétrons pode interagir com o núcleo e ser retroespalhado ou interagir com os elétrons em órbita. Cada tipo de interação constitui um sinal que fornece informação sobre a amostra. A interação mais frequente é a ejeção de elétrons do átomo com baixa energia, que quando ocorrem perto da superfície da amostra, elétrons podem escapar e serem detectados como elétrons secundários. Outro sinal são os raios X, que fornece informações específicas (A INTRODUCTION [...], 2010).

Não é completamente claro quem propôs primeiramente este princípio, mas sabe-se que a primeira publicação foi feita em 1935, pelo físico alemão Max Knoll. Modernos MEVs podem apresentar resoluções melhores que 1 nm, comparado com microscópios de luz (A INTRODUCTION [...], 2010), mas a resolução para um sinal particular no MEV é dependente do volume excitado e não do tamanho da amostra (GOLDSTEIN et al., 2003).

Praticamente as amostras não precisam de preparo, além de poder serem examinadas amostras espessas, mas deve-se tomar cuidado com contaminações (GOLDSTEIN et al., 2003), além dessas precisarem ser limpas, secas, guardáveis em vácuo e eletricamente condutíveis, ou seja, as amostras precisam suportar o sistema de vácuo e o bombeamento de elétron, além de as amostras não condutoras precisarem ser revestidas por uma camada condutora, por exemplo, irídio, que fornece um bom rendimento de elétrons secundários, e consequentemente uma imagem com boa qualidade (A INTRODUCTION [...], 2010).

A resolução depende do grau em que o sinal, em qualquer instante, poder ser associado com a posição do feixe de elétrons, ou seja, é associado ao tamanho da região da qual o sinal é originado e a extensão que o feixe ilumina a amostra. Pode ser associado ao tipo de sinal, o tamanho do ponto formado pelo feixe, composição da amostra, energia do feixe, etc. Quanto mais energia, maior a penetração e pior a resolução da imagem, por isso é bom

usar monocromador para diminuir a energia, aumentando a resolução da imagem (A INTRODUCTION [...], 2010).

Como a imagem no MEV é produzida completamente de forma eletrônica, esta pode ser sujeita a sofisticadas análises e manipulada usando técnicas digitais modernas, como filtração, mistura de imagens de diferentes detectores, etc., possibilitando a melhor informação da amostra (A INTRODUCTION [...], 2010).

1.7 Reologia

A reologia é o estudo de deformação e fluxo do alimento sob condições muito bem definidas, que pode ser influenciada pelo uso de biopolímeros, tais como proteínas e polissacarídeos, que são geralmente utilizados para dar textura, consistência e estabilidade ao produto, devido a sua habilidade de melhorar a viscosidade e formar redes (MCKENNA, 2000).

Uma das características importantes para o estudo da reologia do produto é sua viscosidade, sendo esta definida como a resistência interna do produto ao fluxo (O' LEARY et al., 2011). A força que move o produto é chamada de força ou tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade é chamado de taxa de cisalhamento, sendo os produtos que apresentam uma relação linear entre esses dois parâmetros chamados de fluidos Newtonianos e os que não apresentam uma relação linear de não Newtonianos (FELLOWS, 2006).

A maioria dos líquidos que contém amido e hidrocolóides são classificados como fluidos não Newtonianos, dependendo da sua concentração no produto, podendo ainda ser classificados basicamente como pseudoplásticos, dilatantes, plásticos e viscoelásticos. Os fluidos pseudoplásticos e dilatantes apresentam uma viscosidade crescente com o aumento da taxa de cisalhamento, os plásticos somente apresentam fluxo a partir de uma determinada tensão de cisalhamento e os viscoelásticos sofrem uma deformação permanente após tensão de cisalhamento (FELLOWS, 2006).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste projeto foi desenvolver produtos achocolatados com formulações diferenciadas devido ao uso de espessantes e adoçantes, utilizando ainda dois tipos diferentes de processamento, bem como analisar as principais características envolvidas em sua formulação e produção através do entendimento das propriedades físicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Parte experimental

3.1.1 Formulações

Para a formulação das amostras e a realização das análises foram utilizados os ingredientes apresentados na Tabela 2.

Tabela -Matérias primas e seus respectivos fornecedores e tipo

Ingredientes	Fornecedores	Tipo
Sacarose	Barra	Refinada especial
Stevia	Clariant	YC-RA40
Isomate	Domondo	ST-PF
Maltodextrina	CornProducts	Mor Rex 1920
Cacau em pó	Callebaut	Não alcalinizado orgânico
Goma guar	Cargill	-
Amido pré-geleificado	Cargill	-
Goma tara	Vogler	SilvaTeam
Goma xantana	Cargill	-
Álcool de cereais	EMFAL	93,8° bidestilado
Leite em pó	Itambé	Integral

As formulações dos achocolatados foram baseadas naquelas disponíveis no mercado atual, nacional e internacional, as quais possuem em média 70% de sacarose e 30% de cacau em pó, como citado por Medeiros e Lannes (2009), sendo que no caso das formulações com adoçante, estas foram baseadas no poder adoçante destes em substituição da sacarose, dados obtidos pelos fornecedores Domondo, para o adoçante isomalte, e Clariant, para o adoçante stevia, como mostrado na Tabela 3.

Tabela -Poder adoçante em relação à sacarose

Adoçante	Poder adoçante em relação à sacarose
Isomalte	1:1
Stevia	280 vezes

Os achocolatados disponíveis no mercado são geralmente formulados com cacau em pó alcalinizado, já que este melhora a dispersibilidade do produto quando comparado ao cacau em pó não alcalinizado (BENKOVIC et al., 2011). No caso das formulações aqui desenvolvidas e testadas, optou-se em utilizar cacau não alcalinizado, já que um dos objetivos deste trabalho foi avaliar um processo de instantaneização, não querendo desta forma a interferência da alcalinização do cacau nas propriedades do achocolatado.

Para o preenchimento da formulação foi utilizado maltodextrina, já que esta tem um poder adoçante muito baixo (MCKENNA, 2000), além de auxiliar nas propriedades de espessamento do produto (VARNAM; SUTHERLAND, 1997) e ser muito utilizada na indústria com o intuito de preenchimento de volume.

Utilizou-se espessante nas formulações, já que o uso deste em achocolatados é um exemplo de investimento em melhoria, tendo como principal objetivo causar variações físicas e reológicas no produto final, modificando sua textura e auxiliando na sua estabilidade e espessamento, aumentando assim sua aceitação no mercado consumidor. (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011). Os espessantes escolhidos foram a goma guar, o amido pré-gelatinizado, a goma tara e a goma xantana, sendo as quantidades mostradas na Tabela 4.

Tabela - Quantidade de hidrocolóide utilizada nas formulações

Hidrocolóides	Quantidade (%)
Goma guar	2
Amido pré-gelatinizado	15
Goma tara	2
Goma xantana	2

Foram elaboradas vinte e quatro formulações, sendo doze processadas pelo método convencional e doze pelo método de instantaneização proposto neste trabalho. Como mostrado na Tabela 5.

Tabela - Formulações dos achocolatados desenvolvidos

Ingredientes	Amostras (%)											
	A1/ A1I	A2/ A2I	A3/ A3I	A4/ A4I	S1/ S1I	S2/ S2I	S3/ S3I	S4/ S4I	I1/ I1I	I2/ I2I	I3/ I3I	I4/ I4I
Cacau em pó	30,0	25,0	30,0	30,0	30,0	25,0	30,0	30,0	30,0	25,0	30,0	30,0
Sacarose	60,0	60,0	60,0	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Stevia	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-
Isomalte	-	-	-	-	-	-	-	-	60,0	60,0	60,0	60,0
Goma guar	2,0	-	-	-	2,0	-	-	-	2,0	-	-	-
Amido	-	15,0	-	-	-	15,0	-	-	-	15,0	-	-
Goma Tara	-	-	2,0	-	-	-	2,0	-	-	-	2,0	-
Goma Xantana	-	-	-	2,0	-	-	-	2,0	-	-	-	2,0
Maltodextrina	8,0	-	8,0	8,0	67,8	59,8	67,8	67,8	8,0	-	8,0	8,0

A1, A1I, S1, S1I, I1, I1I: amostras formuladas com goma guar. A2, A2I, S2, S2I, I2, I2I: amostras formuladas com amido. A3, A3I, S3, S3I, I3, I3I: amostras formuladas com goma tara. A4, A4I, S4, S4I, I4, I4I: amostras formuladas com goma xantana. A1, A2, A3, A4, S1, S2, S3, S4, I1, I2, I3 e I4: Amostras convencionais. A1I, A2I, A3I, A4I, S1I, S2I, S3I, S4I, I1I, I2I, I3I e I4I: Amostras instantâneas.

3.1.2 Processamento das amostras

As amostras foram processadas por dois tipos de processamento diferentes, o método convencional e o método de instantaneização.

O método convencional é composto pelas etapas de moagem, tamisação e mistura, como mostrado na Figura 1. O método de instantaneização que está sendo proposto é composto pelas etapas de mistura, adição de álcool de cereais, separação das partículas e secagem em câmara climática, como mostrado na Figura 2. Os detalhes dos métodos de processamento são descritos a seguir.

No método de instantaneização não foi realizada a etapa de moagem, pois um dos objetivos deste método é realizar a aglomeração das partículas e a formação de partículas porosas, fato que é mais pronunciado quando a amostra possui partículas com maior diâmetro (HOGEKAMP; POHL, 2003).

Figura - Fluxograma de processamento das amostras convencionais

Figura - Fluxograma de processamento das amostras instantâneas

3.1.2.1 Moagem

A moagem foi realizada em um processador da marca Arno (MAGC, Brazil), no qual as amostras permaneceram durante dois minutos na menor velocidade oferecida pelo aparelho. Este aparelho pode ser visto na Figura 3 em duas perspectivas.

Figura - Mini processador utilizado (Arno, Brazil)

3.1.2.2 Tamisação

A tamisação é um processo mecânico que pode ser utilizado para desfazer grosseiros aglomerados de partículas, facilitando a aplicação do produto em pó. Este método é baseado na tamisação do produto em pó em peneiras teste com abertura adequada (BERNHARDT, 1994).

Para a tamisação das amostras convencionais, utilizou-se o granulômetro Granutest (Produtest, Brasil), onde as amostras passaram por duas peneiras, sendo a primeira ABNT 16 e a segunda ABNT 30. Esse procedimento durou cinco minutos em velocidade máxima oferecida pelo aparelho, que pode ser visto na Figura 4.

Figura - Granulômetro (Granutest, Brasil)

As especificações do equipamento podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela - Especificações do equipamento Granutest

Número	Voltagem	Ciclos	Fases
2707	110/220 v	50/60	1

3.1.2.3 Mistura

A mistura simples é entendida como a mistura de ingredientes de tamanho padronizado até sua uniformidade (EDUARDO, 2005).

Para a realização da mistura das amostras foi utilizado um misturador do tipo tambor, da indústria Paulista de Motores LTDA. (Brasil), que pode ser visto na Figura 5. Suas especificações podem ser vistas na Tabela 7. O tempo de mistura das amostras foi calculado e especificado no item 3.1.3.

Figura - Agitador do tipo tambor (Indústria Paulista de Motores LTDA, Brasil)

Tabela - Especificações do agitador do tipo tambor

Número	Tipo	Potência (HP)	Rotação (rpm)	Ciclos	Voltagem (V)	Regime
26021	T56	05	485/580	50/60	220/380	Batelada

3.1.2.4 Instantaneização

Para a obtenção de um produto instantâneo, o achocolatado passou por um processo proposto de instantaneização, não sendo encontrada sua utilização pela indústria de alimentos, no qual é baseado na adição de álcool de cereais à amostra, com o objetivo principal de torna-la, ao final do processo, mais solúvel e molhável, ou seja, instantaneizada.

Este processo de instantaneização com o uso de álcool de cereais é baseado em dois processos principais que são a quebra de glóbulos de gordura, devido o abaixamento do pH que o álcool causa na amostra (HORNE, 1992) e a aglomeração causada nas partículas do produto devido a sua umidificação seguida da sua secagem.

As amostras foram adicionadas de álcool de cereais sob agitação manual até a obtenção de uma amostra visualmente homogênea. Após a adição de álcool, as partículas da amostra foram separadas a partir da sua passagem em peneira ABNT 25, ao mesmo tempo em que era acomodada de forma homogênea em bandejas, para então ser levada a câmara climática, onde o álcool adicionado foi evaporado.

A quantidade de álcool utilizada foi determinada a partir de testes preliminares, cujo objetivo foi encontrar a menor quantidade de álcool que deveria ser utilizada, garantindo que toda amostra fosse umidificada, obtendo-se então um produto homogêneo. Após alguns testes preliminares, as quantidades de álcool foram estipuladas e são mostradas na Tabela 8.

Tabela - Quantidade de álcool utilizada nas formulações

Formulações	Quantidade de álcool
Com sacarose	34,0 mL
Com stevia	42,0 mL
Com isomalte	50,0 mL

Para 200g

A evaporação do álcool foi realizada em câmara climática, pois dentre os equipamentos disponíveis no laboratório este era o único que conseguiria realizar tal procedimento, mesmo não tendo esta função. Suas características são descritas na Tabela 9.

Tabela - Dados da câmara climática

Marca	Nova Ética ind., com. e serviços
Modelo	420 CLD
Tensão de trabalho	220 VAC
Consumo de água	0,2 l/h
Faixa de trabalho (temperatura)	20°C a 60°C
Homogeneização da câmara (temperatura)	± 1°C
Resolução da indicação (temperatura)	0,1°C
Faixa de trabalho (umidade)	20% a 90% UR
Máxima variação (umidade)	± 5% UR
Resolução da indicação (umidade)	1% UR

A escolha da temperatura e da umidade relativa da câmara climática foi baseada na obtenção de um binômio que garantisse a evaporação do álcool, sem prejudicar as características físicas do produto, já que dependendo deste binômio o produto pode ser queimado, ou o álcool pode não ser evaporado. Após alguns testes estipularam que a temperatura utilizada seria de 30 °C e umidade relativa de 40 %.

O tempo de permanência da amostra dentro da câmara climática também foi obtido a partir de testes preliminares. Com a temperatura, a umidade relativa e a área de troca de calor fixada, testes foram realizados com o intuito de se obter o tempo necessário de permanência do produto para que o álcool fosse evaporado, sem que houvesse a queima do produto.

Para a evaporação do álcool, 200 g de produto foram acomodados de forma homogênea em toda área de duas bandejas com 44,0 cm de comprimento e 29,0 cm de largura, ou seja, para 200 g a área total de troca de calor foi de 2.552 cm². O tempo de permanência obtido para cada tipo de amostra é mostrado na Tabela 10.

Tabela - Tempo de permanência na câmara climática

Amostras	Tempo (min)
Com sacarose	4:00
Com stevia	3:50
Com isomalte	3:00

3.1.3 Tempo de mistura

Para a determinação do tempo mínimo necessário de mistura para a obtenção de uma mistura completa foram realizados testes preliminares. Esses testes seguiram os procedimentos mostrados por Fellows (2006), onde 100 gramas de amostras foram submetidas a cinco minutos de agitação, no misturador tipo tambor. Após sua mistura, o ingrediente de maior granulometria, ou seja, o ingrediente mais facilmente separado da amostra foi separado.

Processou-se 10 gramas de amostra pelo equipamento Granutest, por 5 minutos, para que as partículas maiores da sacarose fosse separada da amostra. A tamise utilizada foi a de ABNT 25 e esse procedimento foi repetido 4 vezes. As massas retidas nas quatro determinações são mostradas na Tabela 11.

Tabela -Quantidade de sacarose retida na tamise nas quatro determinações

Amostras	Primeira determinação	Segunda determinação	Terceira determinação	Quarta determinação
A1	1,84g	1,60g	1,47g	1,70g
AII	3,61g	3,66g	3,68g	3,66g

A1: Amostra processada pelo método convencional.

AII: Amostra processada pelo método de instantaneização.

A média das quatro massas retidas na peneira foi obtida ($\bar{c}$) para então ser utilizada na Equação 1, que representa o desvio padrão das amostras (σ_m), sendo este utilizado na Equação 2 que calcula a taxa de mistura (M_1). Para o seu cálculo, utiliza-se também o desvio padrão no início da mistura (σ_0), que é calculado pela Equação 3 e o desvio padrão de uma amostra perfeitamente misturada (σ_{∞}), que neste caso é considerado como 0,01.

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (c - \bar{c})^2} \quad (1)$$

Sendo:

σ_m = desvio padrão das amostras;

n= número de repetições;

c= medida retida na peneira;

$\bar{c}$ = média das quatro medidas retidas na peneira.

$$M_1 = \frac{\sigma_m - \sigma_{oc}}{\sigma_0 - \sigma_{oc}} \quad (2)$$

Sendo:

M_1 = taxa de mistura;

σ_m =desvio padrão das amostras;

σ_{oc} = desvio padrão de uma amostra perfeitamente misturada;

σ_0 = desvio padrão no início da mistura.

$$\sigma_0 = \sqrt{V_1 (1 - V_1)} \quad (3)$$

Sendo:

σ_0 = desvio padrão no início da mistura;

V_1 = média mássica fracional.

Para o calculo do σ_0 , utiliza-se a média mássica fracional (V_1) do ingrediente mais visível após a mistura, que no caso das formulações em teste foi considerada a sacarose.

Após a obtenção de M_1 , a constante de taxa de mistura (K) foi obtida a partir da Equação 4, sendo o tempo de mistura (t_m) de 300 segundos.

$$\ln M_1 = -K t_m \quad (4)$$

Sendo:

M_1 = taxa de mistura;

K= constante de taxa de mistura;

t_m = tempo de mistura.

Com a obtenção da constante K pela Equação 4 e com a consideração de que $\sigma_m \cong \sigma_{oc} \cong 0,01\%$, se obtém então o tempo mínimo de mistura com novamente a utilização da Equação 4. Todas as variáveis, juntamente com o tempo de mistura são mostradas na Tabela 12.

Tabela - Dados para o cálculo do tempo mínimo de mistura

Amostras	$\bar{c}$	σ_m	σ_0	M_1	K	t_m
A1	1,65	0,16%	49,00%	0,0030%	0,02	3:96 min
AII	3,65	0,03%	49,00%	0,0004%	0,03	2:94 min

$\bar{c}$: Média das massas retidas na peneira. σ_m : Desvio padrão das amostras. σ_0 : Desvio padrão no início. M_1 : Taxa de mistura. K: Constante de taxa de mistura. t_m : Tempo de mistura.

Essa etapa de determinação do tempo de mistura não foi realizada para as amostras com stevia e com isomalte, pois os ingredientes presentes nessas amostras possuem granulometria muito próxima, sendo difícil separá-los; logo foi decidido que o tempo de mistura para estes tipos de amostras seria o mesmo tempo estipulado para as amostras formuladas com sacarose. Além disso, foi decidido que o estudo do tempo de mistura seria feito apenas para as formulações com goma guar, pois a quantidade de goma utilizada em cada formulação é muito pequena para ser estudada a sua interferência no tempo de mistura.

A amostra primeiramente triturada e tamisada apresentou a necessidade de um tempo de mistura maior em comparação à amostra que sofreu apenas mistura simples, podendo ser devido às amostras previamente trituradas e tamisadas terem apresentado maior variação entre as medidas de sacarose retidas na peneira, ou seja, após o mesmo tempo de mistura, esta amostra se apresentou mais desuniforme que a amostra que foi simplesmente misturada.

Como o tempo mínimo de mistura obtido foi menor que 5,0 minutos, decidiu-se manter o tempo de mistura para os dois tipos de processamento em 5,0 minutos, para os dois tipos de processamento.

3.2 Análises do produto pronto

3.2.1 Análises físicas

Todas as análises físicas foram realizadas apenas para as amostras feitas com goma guar, tanto para as formulações convencionais como para as formulações instantâneas. Isso se deve ao fato de que os espessantes representam uma pequena porcentagem na

formulação total, logo, optou-se por escolher apenas um tipo de espessante, no caso a goma guar, concentrando a análise aprofundada dos diferentes tipos de espessantes as análises de reologia.

No caso das análises de microscopia eletrônica de varredura, além de apenas as amostras formuladas com goma guar terem sido analisadas, optou-se também em analisar apenas as amostras formuladas com sacarose, ou seja, para esse tipo de análise apenas as amostras A1 e A1I foram analisadas.

3.2.1.1 Molhabilidade

O teste de molhabilidade foi efetuado segundo Lannes e Medeiros (2003) com algumas modificações.

A molhabilidade do produto foi testada em leite integral, que é o meio de reconstituição, onde 2,0 g de amostra foram adicionados a um béquer de 250,0 mL, com 50,0 mL do meio de reconstituição, a uma temperatura de 25 °C, sendo a fixação da temperatura um fator importante já que, segundo Galet et al. (2004), é um parâmetro crítico para este tipo de análise, pois a temperatura age para diminuir o trabalho de coesão do líquido de reconstituição.

As amostras foram adicionadas cuidadosamente de forma uniforme em toda área de contato com o meio de reconstituição, a uma altura fixa de 3,0 cm do béquer, sendo o tempo necessário para que todo o produto fosse totalmente coberto pelo líquido, o tempo de molhabilidade, determinado com o auxílio de um cronômetro. A análise foi realizada em duplicata.

3.2.1.2 Solubilidade

O teste de solubilidade foi efetuado segundo Vissotto et al. (2006) com algumas modificações.

A solubilidade foi obtida a partir do índice de retenção, que é a relação entre a massa de insolúveis e solúveis, sendo essas massas obtidas a partir da filtragem, em peneira

com abertura de 32 mesh, da solução de 10,0 g de amostra agitada manualmente por 30 segundos com 100 g do meio de reconstituição a temperatura de 25 °C, como mostrado na Equação 5. No momento em que a solução é filtrada, esta permanece escorrendo por 1 minuto.

$$\text{Índice de retenção} = \frac{100 (110 - m_p)}{m_p} \quad (5)$$

Sendo:

m_p : massa passante pela peneira

Como o produto em questão é usualmente solubilizado em leite, este foi escolhido como meio de reconstituição, sendo as análises realizadas em duplicata.

3.2.1.3 Ângulo de repouso

O ângulo de repouso é uma medida empírica da fluidez de produtos sólidos (SHITTU; LAVAL, 2007) e para sua obtenção foram realizados testes segundo Bhandari et al., (1998) com algumas modificações.

Para a determinação do ângulo de repouso das amostras, 20,0 g de cada um dos pós foram acomodados em funil com gargalo de 1,10 cm de diâmetro, que se encontrava vedado. Depois de acomodado o pó, a abertura foi liberada e as amostras escoaram sobre uma placa de Petri, sendo a altura entre o funil e a placa de Petri mantida constante e fixada em 2,0 cm (MEDEIROS, 2006).

O ângulo de repouso foi calculado como o arco tangente da relação entre a altura e o raio da base da pilha formada, sendo esta análise realizada em duplicata.

3.2.1.4 Densidade acomodada

Para a determinação da densidade acomodada a metodologia empregada seguiu o exposto por Medeiros (2006), com algumas modificações. Para tanto, 20,0 g de amostra foram acomodados em cilindro graduado que foi submetido a 20 batidas no sentido vertical, a fim de acomodar o produto ao cilindro.

Após as 20 batidas, obteve-se o volume ocupado pelo pó. Com esse dado se obtém a densidade acomodada, a partir da Equação 6 e considerando a massa de 20 g. A análise foi realizada em duplicata.

$$d = \frac{m}{v} \quad (6)$$

Sendo:

m= massa do produto;

v = volume ocupado pelo pó;

d= densidade do pó.

3.2.1.5 Tamanho de partícula e distribuição granulométrica

O tamanho da partícula é uma das propriedades mais importantes em produtos em pó, sendo a mensuração do tamanho da partícula a partir da distribuição granulométrica um dos métodos utilizados para caracterizar misturas de pós em indústrias (BELSCAK-CVITANOVIC, 2010).

A análise de tamanho de partícula por uso de peneiras é o método mais antigo, que requer pouco esforço para ser realizada, além de ser uma técnica simples e facilmente controlada (BERNHARDT, 1994).

O teste da distribuição granulométrica foi baseado na metodologia proposta por Lannes (2005), na qual é baseada na quantificação da massa retida em peneiras de diferentes aberturas após a passagem de 100 g de amostra, com o auxílio do equipamento Granutest.

A escolha das peneiras utilizadas para a realização do teste foi estipulada após testes preliminares, baseados no preceito de que não mais que 20 % do material poderia ficar retido na primeira peneira nem no fundo e de que não mais que 30% do material poderia ficar retido em qualquer peneira intermediária (LANNES, 2005).

O diâmetro médio das partículas do produto foi calculado a partir da Equação 7, segundo Eduardo (2005) e Lannes (2005).

$$\text{Diâmetro médio} = \Sigma [(\% \text{ retida}) \times (\text{abertura média})] / 100 \quad (7)$$

3.2.1.6 Compactação

A análise da compactação dos pós foi realizada a partir de metodologia de Eduardo e Lannes (2007) para o texturômetro TA – XT2 (Stable Micro System) que pode ser visto na Figura 6, com algumas modificações.

Figura - Texturômetro TA – XT2 (Stable Micro System, UK)

Foram acondicionados 40 g de cada amostra de pó em um copo cilíndrico de acrílico, com diâmetro de 50,0 mm e altura de 70,0 mm, que sofreu compressão por uma placa de 45,0 mm de diâmetro (*probe back extrusion A/BE*).

Os parâmetros utilizados para as análises foram: velocidade de 2 mm/s, tempo de 5 s e distância de 2 mm, sendo este teste realizado em quadruplicata.

3.2.1.7 Microscopia eletrônica de varredura

Por conta de na maioria das vezes as partículas serem irregulares no que diz respeito a sua forma e perfil (SCHUBERT, 1987), o estudo da sua superfície é uma etapa importante na análise de produtos particulados, já que a partir dela se obtém informações mais precisas sobre o material além de auxiliar na sua aplicação (WOODRUFF; DELCHAR, 1994; PADILHA; FILHO, 1992), sendo nesse caso utilizada a microscopia eletrônica de varredura como forma de análise.

As amostras A1 e A1I foram analisadas morfológicamente a partir de análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), realizadas pelo Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a partir de um microscópio da marca FEI, modelo 600 FEG.

O preparo da amostra para esse tipo de análise é simples e varia conforme o tipo de material a ser analisado (A INTRODUCTION [...], 2010). No caso das amostras em questão, estas foram dispersas em ar para então uma pequena quantidade de amostra ser aderida sobre uma fita adesiva dupla fase de carbono. A outra fase da fita estava aderida a um disco metálico (*stub*), que após a adição da amostra foi conduzido a um Metalizador Coating System da marca Bal-Tec, modelo MED-020 para a aplicação de uma fina camada de platina de 10 nm de espessura. As amostras assim preparadas foram micrografadas e imagens com aumento variado foram obtidas.

3.2.2 Análises físico-químicas

Todas as análises químicas foram realizadas apenas para as amostras feitas com goma guar, tanto para as formulações convencionais como para as formulações instantâneas, para os três tipos de adoçantes, em triplicata. Isso se deve ao fato de que os espessantes representam uma pequena porcentagem na formulação total, logo, optou-se por escolher apenas um tipo de espessante, no caso a goma guar.

Os reagentes utilizados nas análises e suas respectivas marcas são mostrados na Tabela 13.

Tabela – Reagentes utilizados nas análises físico-químicas

Reagente	Marca
Ácido clorídrico	Synth
Éter de petróleo	Synth
Sulfato de cobre	Synth
Sulfato de potássio	Synth
Ácido sulfúrico	F. Maia ind. E com. Ltda.
Hidróxido de sódio	Synth
Ácido bórico	Synth
Vermelho de metila	Merck
Azul de metileno	Merck

3.2.2.1 Cinzas

A quantificação do teor de cinzas foi realizada de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2002).

Foram pesados, em cadinhos calcinados e tarados, cerca de 2,0 g de amostra para então ser incinerada em bico de gás até a amostra ser transformada em massa de carvão.

Após a incineração os cadinhos foram colocados em uma mufla a 550 °C, por tempo suficiente para total destruição da matéria orgânica, ou seja, até peso constante.

3.2.2.2 Umidade

A quantidade de umidade contida em achocolatados é um dos indicadores de qualidade mais importantes, já que seu excesso pode causar deterioração de aromas, além da possibilidade de crescimento de microrganismos, influencia nas propriedades de manuseio e armazenamento (BELSCAK CVITANOVIC et al., 2010; MARTINS; KIECKBUSCH, 2008).

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com a metodologia da AOAC 931.04 (1990). Primeiramente 10 g de amostra foram pesadas em cápsula de porcelana tarada, para então serem levadas à estufa à 105 °C, onde o material foi dessecado até peso constante.

3.2.2.3 pH

O pH foi determinado com o uso de um pHmetro HD 8602 (Delta Ohm), segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2002). Primeiramente 10 g de amostra foram pesadas e transferidas para um Erlenmeyer seco, com o auxílio de 100 mL de água destilada a 25 °C, e agitado até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. A amostra foi deixada em repouso por 10 minutos e o sobrenadante foi então transferido para um frasco seco e imediatamente foi medido o pH com o phmetro.

3.2.2.4 Extração e determinação do teor de lipídeos

A extração e determinação do teor de lipídeos totais foi realizada pelo método de extração em aparelho de Soxhlet com éter de petróleo (Schetty et al., 1969 - método 36 C04, citados por Lannes, 1997), com algumas modificações.

Primeiramente 5 gramas de amostra foram pesados e tratados previamente com 37,5 ml de ácido clorídrico concentrado (37%) e 100 ml de água destilada, deixando em fervura por 20 minutos, para então ser filtrado com 1,5 litros de água fervente e seco em estufa no próprio papel de filtro por 12 horas a 75°C.

Para a realização da extração da gordura, os filtros foram colocados em extrator de Soxhlet contendo éter de petróleo, onde foi realizada a etapa de extração, que ocorreu por 4 horas. Após a extração, o éter foi evaporado e o balão de recolhimento da fase lipídica foi acondicionado em estufa a 100 °C. Após resfriamento em dessecador sob vácuo a amostra foi então pesada até atingir peso constante.

3.2.2.5 Determinação do teor de proteína

A quantificação do teor de proteína foi realizada a partir do equipamento Micro-Kjeldahl de acordo com a metodologia AOAC 970.22 (1990), com algumas modificações.

Primeiramente 0,4 gramas de amostra foram transferidas para um tubo de MicroKjeldahl, juntamente com 2,0 gramas de mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio (1:10) e 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado.

A digestão ocorreu até que a solução com a amostra estivesse límpida. Após essa etapa, 15,0 ml de solução 60% de hidróxido de sódio e vapor de água foram acrescentados ao equipamento Kjeldahl, para então ser realizada a destilação.

Após a destilação, o destilado foi recolhido em um erlenmeyer com 5,0 ml de solução supersaturada de ácido bórico e 3 gotas de indicador vermelho de metila e azul de metileno. O destilado foi então titulado com a solução padronizada de ácido clorídrico 0,02 N, para se obter o teor de nitrogênio das amostras.

3.2.2.6 Determinação de fibras e carboidratos

A determinação da soma das fibras e carboidratos foi realizada a partir da equação 8, onde foi considerada a quantidade de umidade, cinzas, lipídeos e proteína. A soma da porcentagem destes elementos subtraída de 100% da amostra resulta na concentração de fibras e carboidratos. Esta equação foi adaptada da resolução RDC nº360 de 2003 (BRASIL, 2011).

$$(\text{Carboidratos} + \text{Fibras}) = 100 - (\text{Umidade} + \text{Cinzas} + \text{Lipídeos} + \text{Proteínas}) \quad (8)$$

3.2.3 Avaliação reológica

A viscosidade de fluidos pode ser quantificada pela mensuração da resistência do líquido ao fluxo, que na prática é obtido pela inserção de uma amostra do fluido em um pequeno espaço entre duas placas planas, mantendo uma placa estacionada e a outra em movimento com velocidade conhecida, onde então o fluido é submetido a uma tensão de cisalhamento conhecida, o qual representa o fluxo (O' LEARY et al., 2011).

A avaliação reológica foi realizada segundo metodologia de Eduardo (2005), com algumas modificações, no qual foi utilizado um reômetro do tipo rotacional, de cilindro

concêntrico, sistema Searle (DIN 53019), marca Rheotest, modelo RN 3.1., que apresenta o sistema de copo fixo e cilindro interno móvel, além de possuir um dispositivo que permite a variação da velocidade de rotação do cilindro interno de 0 a 1000rpm e torque de 0,1 a 160 mNm. O equipamento é mostrado na Figura 7.

Figura – Reômetro (Rheotest modelo RN 3.1, Alemanha)

Este equipamento é equipado com uma camisa termostática, para controle de temperatura, situada ao redor do cilindro externo e em cujo interior circula água para o aquecimento da amostra. Para a realização destes experimentos, a temperatura foi fixada em 25 °C. Além disso, este equipamento possui vários sistemas de medidas que diferem entre si no raio do cilindro interno, sendo para essas análises utilizado o sensor H1 e uma quantidade de amostra de 30,0 ml.

Optou-se em realizar as análises apenas nas amostras instantâneas, onde foi realizado teste de taxa controlada (*controlled rate*), com taxa de cisalhamento de $13,33 \text{ s}^{-1}$.

O reômetro é conectado a um computador, que possui software Rheotest. O tempo programado para cada ensaio reológico foi de 120 segundos para as curvas ascendentes e de 120 segundos para as curvas descendentes. Os dados experimentais foram obtidos em triplicata, sendo utilizada uma nova amostra para cada repetição.

3.3 Análise estatística

Como para este trabalho se avalia diferentes variáveis e suas interações, optou-se em utilizar o modelo fatorial como análise estatística, por estudar simultaneamente dois ou mais fatores, cada um deles com dois ou mais níveis (MARTINS, 2010).

Para todas as análises realizadas com mais de uma repetição, foi calculada a média de seus valores experimentais, assim como o desvio padrão amostral, que são mostradas nas Equações 9 e 10, conforme Martins (2010).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (9)$$

Sendo:

$\bar{x}$: média;

x_i : valores;

n: número de repetições.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (10)$$

Sendo:

S: desvio padrão amostral;

$\bar{x}$: média;

x_i : valores;

n: número de repetições.

As análises de variância foram realizadas por Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), sendo a mínima diferença significativa calculada por Fisher ($\alpha \leq 5\%$).

Quando a análise de variância detecta diferença significativa entre os tratamentos, o teste de Tukey é utilizado para se identificar os níveis dos fatores que diferem estatisticamente entre si a partir do cálculo da diferença mínima significativa entre as médias das amostras, com um nível de significância de 5%.

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa Statgraphics Plus 3.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físicas

4.1.1 Molhabilidade

O teste de molhabilidade é um teste simples, geralmente utilizado pela indústria, com o intuito de se obter o tempo necessário para que o pó seja absorvido por um líquido (MEDEIROS, 2006), além de ser um teste utilizado para caracterizar o comportamento instantâneo do produto (HLA; HOGKAMP, 1999). No caso de produtos de conveniência como o achocolatado é interessante que este tempo seja pequeno, caso que ocorre quando o produto apresenta afinidade com o meio de reconstituição (MICHALSKI; DESORBRY; HARDY, 1997).

Os achocolatados foram observados até que fossem 100% molhados e os resultados obtidos para cada tipo de achocolatado são mostrados na Tabela 14.

Tabela - Tempo de molhabilidade dos achocolatados

Amostras	Tempo de molhabilidade (s) (média $\pm$ desvio-padrão)
A1	1060 $\pm$ 14,14
S1	2626 $\pm$ 9,22
I1	1162 $\pm$ 17,69
A1I	345 $\pm$ 7,07
S1I	549 $\pm$ 1,41
I1I	346 $\pm$ 5,00

A1, S1 e I1: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e I1I: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. I1 e I1I: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 15), pode-se dizer que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos dois fatores analisados (adoçante e processamento) é estatisticamente diferente de zero, além de haver interação entre os dois fatores analisados em relação ao tempo de molhabilidade, ou seja, o efeito do processamento

na molhabilidade do produto não é o mesmo para formulações com diferentes adoçantes, sendo assim os fatores não atuam de forma independente.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no tempo de molhabilidade

Tempo de molhabilidade	
Efeito principal	
Processamento	810,56 *
Adoçante	184,38 *
Interação	
Processamento – Adoçante	107,48*
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analisando a interação entre os dois fatores em estudo obteve-se a Tabela 16.

Tabela - Desdobramento da interação entre os fatores no tempo de molhabilidade

Processamento\Adoçante	Sacarose	Stevia	Isomalte
Convencional	1060 ^{a, B}	2626 ^{a, A}	1162 ^{a, B}
Instantâneo	345 ^{b, C}	549 ^{b, C}	346 ^{b, C}

Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Fisher.

A partir da Tabela 16 pode-se observar que quando o processamento convencional é utilizado, os achocolatados formulados com a stevia apresentam maior tempo de molhabilidade em comparação a aqueles formulados com isomalte ou sacarose. Esse fato pode ser entendido devido ao fato dos achocolatados apresentarem ingredientes diferentes em suas formulações, que consequentemente apresentam características de molhabilidade diferentes, influenciando desta forma a molhabilidade total do produto, como é o caso da maltodextrina que, segundo Belscak-Cvitanovic et al. (2010), quando adicionada na formulação causa a diminuição da molhabilidade do produto, além da presença de sacarose, que causa a diminuição do tempo de molhabilidade (SHITTU; LAWAL, 2007), podendo-se concluir que quanto maior a quantidade de maltodextrina na formulação maior será o tempo de molhabilidade desta.

Quando o processamento utilizado é o instantâneo, não há diferença significativa entre as diferentes formulações, além de este tipo de processamento ter se mostrado melhor que o processamento convencional para este tipo de análise, já que quando o produto é instantaneizado seu tempo de molhabilidade diminui. Esse fato pode ter ocorrido devido o processo de instantaneização causar porosidade nas partículas, como pode ser visto no tópico 4.1.7, onde a superfície das partículas foram analisadas, já que a molhabilidade é favorecida quando as partículas apresentam poros (KIM; CHEN; PEARCE, 2002).

4.1.2 Solubilidade

Quanto maior o índice de retenção, menor é a solubilidade do pó para aquele meio de reconstituição, já que desta forma menor quantidade de produto se solubilizou no meio e passou pela peneira. Após análise obteve-se a Tabela 17.

Tabela - Índice de retenção dos achocolatados

Amostras	Índice de retenção (%) (média $\pm$ desvio-padrão)
A1	6,94 $\pm$ 1,19
S1	7,21 $\pm$ 0,13
II	4,34 $\pm$ 0,34
A1I	2,47 $\pm$ 0,04
S1I	2,56 $\pm$ 0,06
III	1,60 $\pm$ 0,42

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 18) pode-se observar que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos dois fatores (adoçante e processamento) diferem de zero estatisticamente, ou seja, apresentam diferença estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Fisher. Já em relação à interação entre esses dois fatores, pode-se dizer que esses atuam independentemente.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no índice de retenção

	Índice de retenção
Efeito principal	
Processamento	180,33 *
Adoçante	15,42 *
Interação	
Processamento – Adoçante	4,27 ^{N.S.}
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analisando-se cada fator separadamente se obtém as Tabelas 19 e 20.

Tabela – Médias para o parâmetro adoçante em relação ao índice de retenção

Médias	Valores
m _S	4,88 ^a
m _A	4,70 ^a
m _I	2,97 ^b

m_S; média para o parâmetro stevia. m_A; média para o parâmetro sacarose. m_I; média para o parâmetro isomalte. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Tabela – Médias para o parâmetro processamento em relação ao índice de retenção

Médias	Valores
m _C	6,16 ^a
m _{In}	2,21 ^b

m_C; média para o parâmetro processamento convencional. m_{In}; média para o parâmetro processamento instantâneo. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

A partir das Tabelas 18, 19 e 20, pode-se observar que as amostras convencionais apresentaram menor solubilização, em relação às amostras instantâneas, para os três tipos de adoçante, podendo se afirmar que o processo de instantaneização melhora a solubilidade do produto, fato já esperado, pois achocolatados instantâneos tendem a apresentar melhores propriedades de reconstituição que achocolatados não instantâneos (GALET et al., 2004).

Já em relação ao tipo de adoçante utilizado, pode dizer que, independentemente do tipo de processamento utilizado, o isomalte se mostrou mais solúvel que os outros dois

adoçantes. Tal fato vai contra posição à Bornet (1993) que afirmou que o isomalte apresenta baixa solubilidade e à Benkovic et al. (2011), que disseram que amostras formuladas com sacarose apresentam maior solubilidade em comparação a formulações feitas com outros tipos de adoçante.

4.1.3 Ângulo de repouso

De acordo com Shittu e Lawal (2007), pós que apresentam ângulo de repouso de até 35,0° possuem boa fluidez, os de 35,0 - 45,0° possuem fraca coesividade e os de 45,0° - 55,0° apresentam coesividade média e os acima de 55,0° são muito coesivos. Sendo assim, de acordo com as especificações apresentadas acima e os resultados observados na Tabela 21, pode-se dizer que todas as amostras formuladas com sacarose e isomalte, independente do tipo de processamento, apresentaram boa fluidez, já que apresentaram ângulos de repouso abaixo de 35,0°, além de apresentarem fraca coesividade, diferentemente das amostras formuladas com stevia, processadas pelo método convencional (S1), que apresentaram ângulo de repouso acima de 35,0°, sendo assim, estas amostras apresentaram fraca coesividade.

Tabela - Ângulo de repouso dos achocolatados

Amostras	Ângulo de repouso (°) (média ± desvio-padrão)
A1	29,45 ± 1,54
S1	35,16 ± 1,72
II	33,58 ± 0,62
A1I	18,12 ± 0,84
S1I	24,54 ± 0,47
III	24,79 ± 0,11

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 22) pode-se observar que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos dois fatores (adoçante e processamento) diferem de zero estatisticamente, ou seja, apresentam diferença estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Fisher. Já em relação à interação entre esses dois fatores, pode se dizer que esses atuam de forma independente.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no ângulo de repouso.

Ângulo de repouso	
Efeito principal	
Processamento	283,98 *
Adoçante	39,91 *
Interação	
Processamento – Adoçante	1,55 N.S.
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analisando-se cada fator separadamente se obtém as Tabelas 23 e 24.

Tabela – Médias para o parâmetro adoçante em relação ao ângulo de repouso

Médias	Valores
m _S	29,85 ^a
m _I	29,19 ^a
m _A	23,79 ^b

m_S; média para o parâmetro stevia. m_A; média para o parâmetro sacarose. m_I; média para o parâmetro isomalte. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Tabela – Médias para o parâmetro processamento em relação ao ângulo de repouso

Médias	Valores
m _C	32,73 ^a
m _{In}	22,49 ^b

m_C; média para o parâmetro processamento convencional. m_{In}; média para o parâmetro processamento instantâneo. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Analisando-se as Tabelas 22, 23 e 24 pode-se observar que o processo de instantaneização causa uma diminuição no ângulo de repouso das amostras, independente do tipo de adoçante utilizado. Já em relação ao tipo de adoçante utilizado, pode dizer que, independentemente do tipo de processamento, a substituição da sacarose por outro tipo de adoçante causa aumento do ângulo de repouso.

Os resultados acima obtidos vão de encontro aos resultados obtidos no teste de molhabilidade, ou seja, amostras que apresentaram maiores ângulos de repouso também apresentaram maior tempo de molhabilidade, como citado por Shittu & Lawal (2007), que observaram que pós com ângulo de repouso alto apresentaram maior tempo de molhabilidade, devido a sua coesividade inerente.

4.1.4 Densidade acomodada

Após análise obteve-se os resultados mostrados na Tabela 25.

Tabela - Densidade acomodada dos achocolatados

Amostras	Densidade acomodada (g/mL) (média $\pm$ desvio-padrão)
A1	0,77 $\pm$ 0,01
S1	0,56 $\pm$ 0,01
II	0,55 $\pm$ 0,01
A1I	0,62 $\pm$ 0,01
S1I	0,44 $\pm$ 0,01
III	0,51 $\pm$ 0,00

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Avaliando-se os resultados apresentados na Tabela 25 observa-se que esses variam de 0,55 a 0,77 g/mL, para as amostras convencionais, e de 0,44 a 0,62 g/mL, para as amostras instantâneas. Esses valores vão de encontro com os resultados obtidos por Shittu & Lawal (2007), que apresentaram valores que variaram de 0,49 até 0,81 g/mL.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento na densidade acomodada.

	Densidade acomodada
Efeito principal	
Processamento	337,14 *
Adoçante	489,54 *
Interação	
Processamento – Adoçante	40,62 *

Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 26), pode-se dizer que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos dois fatores analisados (adoçante e processamento) é estatisticamente diferente de zero, além de haver interação entre os dois fatores analisados em relação à densidade acomodada, ou seja, o efeito do processamento na densidade acomodada do produto não é o mesmo para formulações com diferentes adoçantes, sendo assim os fatores não atuam de forma independente.

Analisando essa interação entre os dois fatores em estudo obteve-se a Tabela 27.

Tabela - Desdobramento da interação entre os fatores na densidade acomodada.

Processamento\Adoçante	Sacarose	Stevia	Isomalte
Convencional	0,77 ^{a, A}	0,56 ^{a, B}	0,55 ^{a, B}
Instantâneo	0,620 ^{b, A}	0,44 ^{b, B}	0,51 ^{b, C}

Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Fisher.

A partir da Tabela 27 pode-se observar que quando o processamento convencional é utilizado, os achocolatados formulados com os adoçantes stevia e isomalte apresentam menor densidade acomodada em comparação a aqueles formulados com sacarose, já quando o processamento utilizado é o instantâneo, apenas as formulações com stevia apresentam menor densidade. Sendo assim, pode-se dizer que as amostras formuladas com sacarose apresentaram maior densidade acomodada em relação aos outros dois tipos de formulações. Esse fato também foi observado por Benkovic et al. (2011), que analisaram achocolatados formulados com diferentes adoçantes, sendo que aqueles que eram formulados com sacarose apresentaram também maior densidade acomodada em comparação a aqueles que eram formulados com isomalte ou stevia. No caso das amostras formuladas com stevia, esse fato pode ter ocorrido devido à presença da maltodextrina que, como citado por Glicksman e Farkas (1966), é um ingrediente de preenchimento que causa o aumento do volume do produto e consequentemente a diminuição de sua densidade acomodada.

Outro fato que pode ser observado é que o processo de instantaneização causou aumento da densidade do produto, já que estes apresentaram maior densidade acomodada em comparação as amostras processadas pelo método convencional. Esse fato pode ser entendido

pelo aumento da granulometria que o processo de instantaneização causa no produto, como pode ser visto no tópico 4.1.5.

Em muitos casos a densidade acomodada é correlacionada com o teor de umidade, sendo essa relação diretamente proporcional, fato que não vai de encontro com os resultados obtidos, como pode ser observado no tópico 4.2.2, já que tanto o tipo de processamento quanto o tipo de adoçante utilizado não mostraram diferença significativa no quesito umidade, ou seja, os teores de umidade das amostras não mostraram diferença significativa independente do tipo de processamento e do tipo de adoçante utilizado.

A diferença de densidade também pode ser entendida devido à variação da natureza dos ingredientes utilizados e suas interações, como citado por Shittu & Lawal (2007).

4.1.5 Tamanho de partícula e distribuição granulométrica

A descrição de um produto em pó não é completa sem a análise da sua distribuição granulométrica, já que o tamanho de sua partícula está diretamente relacionado com suas propriedades físicas (MEDEIROS, 2006).

Após testes preliminares foram escolhidas as tamises para a realização dos testes que são mostradas juntamente com sua abertura média na Tabela 28.

Tabela - Abertura media das tamises

Tamises (ABNT)	Abertura média (mm)
30	0,590
40	0,420
50	0,297
60	0,250
80	0,177
100	0,150
140	0,106
170	0,088

Após as análises dos achocolatados obtiveram-se os resultados mostrados nas Tabelas 29 a 31.

Tabela -Porcentagem retida para amostras formuladas com sacarose

Tamises (ABNT)	Amostras (%)	
	A1	AII
30	4,20	11,83
40	9,75	14,84
50	11,10	14,28
60	9,20	12,86
80	33,21	13,05
100	31,84	10,01
140	-	13,74
Fundo	0,70	9,39

A1: amostra processada pelo método tradicional. AII: amostra processada pelo método de instantaneização.

Tabela -Porcentagem retida para amostras formuladas com stevia

Tamises (ABNT)	Amostras (%)	
	S1	SII
30	-	20,49
40	-	6,69
50	-	5,76
60	5,30	6,10
80	24,87	10,18
100	64,83	18,66
140	3,82	20,95
Fundo	1,18	11,17

S1: amostra processada pelo método tradicional. SII: amostra processada pelo método de instantaneização.

Tabela -Porcentagem retida para amostras formuladas com isomalte

Tamises (ABNT)	Amostras (%)	
	I1	III
30	-	5,80
40	-	8,43
50	-	6,02
60	4,60	6,67
80	40,35	7,83
100	50,57	16,13
140	3,21	23,44
170	1,27	12,94
Fundo	4,60	12,74

I1: amostra processada pelo método tradicional. III: amostra processada pelo método de instantaneização.

A partir das porcentagens retidas nas tamises, juntamente com a abertura média destas, se obtém o diâmetro médio de cada amostra, que é mostrado na Tabela 32.

Tabela -Diâmetro médio das amostras

Amostras	Diâmetro médio (mm)
A1	0,23
S1	0,16
II	0,16
A1I	0,26
S1I	0,25
III	0,18

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Todas as amostras apresentaram diâmetro médio abaixo de 1 mm, sendo assim, segundo Bernhardt (1994), todas elas são consideradas como partículas finas.

Analisando-se a Tabela 32 pode-se observar que as amostras instantâneas apresentaram, em média, maior granulometria em comparação às amostras convencionais, ou seja, o processo de instantaneização causa um aumento no diâmetro médio das partículas do produto em pó, esse fato pode ser devido principalmente ao tipo de processamento utilizado, que causa o aumento das partículas.

Segundo Belscak-Cvitanovic et al. (2010), o tamanho da partícula pode ter efeito na densidade do produto, fato que pode ser visto nos resultados obtidos, já que amostras que apresentaram maior granulometria, como o caso das amostras instantâneas, apresentaram menor densidade acomodada. Esse fato pode ser entendido pelo aumento do volume que o processo de instantaneização causa nas partículas, que conseqüentemente causa diminuição da sua densidade.

A distribuição granulométrica pode ser representada na forma gráfica, que é dada pela frequência relativa acumulada, como pode ser visto nas Figuras 8 a 10 (EDUARDO, 2005; MEDEIROS, 2006).

Figura - Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados A1 e A1I

Figura - Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados S1 e S1I

Figura - Distribuição granulométrica das amostras de achocolatados I1 e I1I

Em relação à distribuição granulométrica, pode-se observar que as amostras instantâneas apresentaram uma distribuição mais uniforme em comparação às amostras convencionais, que apontaram maior concentração em determinadas tamises, como pode ser observado nas Figuras 9 a 11. Esse fato pode ter ocorrido devido à diferença de processamento que essas amostras tiveram, sendo que os achocolatados convencionais foram triturados e tamisados, já os instantâneos não, auxiliando desta forma na padronização do tamanho de suas partículas.

Para alguns tipos de amostras convencionais não foi possível distribuir o produto de forma que não mais que 30% desta ficasse retida em qualquer tamise intermediária e que não mais que 20% ficasse retida na primeira peneira ou no fundo. A principal causa desse fato é a alta padronização que o processo de trituração e tamisação causou nas amostras, como foi citado anteriormente, sendo assim, o método proposto de distribuição granulométrica não foi efetivo para as amostras processadas convencionalmente.

4.1.6 Compactação

Após análise foi obtido os resultados apresentados na Tabela 33.

Tabela - Força máxima de compressão para os achocolatados

Amostras	Força (N) (média $\pm$ desvio-padrão)
A1	8,83 $\pm$ 2,59
S1	2,83 $\pm$ 2,34
II	1,98 $\pm$ 1,53
AII	14,21 $\pm$ 4,26
SII	4,33 $\pm$ 2,48
III	4,11 $\pm$ 3,19

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. AII, SII e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e AII: amostras adoçadas com sacarose. S1 e SII: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Após análise estatística obteve se os resultados mostrados na Tabela 34.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento na força de compactação.

Força de compactação	
Efeito principal	
Processamento	18,16 *
Adoçante	60,48 *
Interação	
Processamento – Adoçante	2,91 ^{N.S}
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analizando-se a Tabela 34 pode-se observar que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos dois fatores (adoçante e processamento) diferem de zero estatisticamente, ou seja, apresentam diferença estatística ao nível de 5% de significância pelo teste de Fisher. Já em relação à interação entre esses dois fatores, pode se dizer que esses atuam independentemente.

Analizando-se cada fator separadamente se obtém as Tabelas 35 e 36.

Tabela – Médias para o parâmetro processamento em relação à força de compactação

Médias	Valores
m _{In}	7,55 ^a
m _C	4,54 ^b

m_C; média para o parâmetro processamento convencional. m_{In}; média para o parâmetro processamento instantâneo. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Tabela – Médias para o parâmetro adoçante em relação à força de compactação

Médias	Valores
m _A	11,52 ^a
m _S	3,58 ^b
m _I	3,04 ^b

m_S; média para o parâmetro stevia. m_A; média para o parâmetro sacarose. . m_I; média para o parâmetro isomalte. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Quanto mais compactável a amostra menor é a força necessária para sua compactação, ou seja, quanto menor a força de compactação, mais compactável é o produto (EDUARDO, 2005; ADHIKARI et al., 2001). Assim, analisando-se a Tabela 35 pode-se dizer que as amostras instantâneas são menos compactáveis que as amostras convencionais, já que as amostras instantâneas apresentaram maior força de compactação em relação às amostras convencionais.

Independente do tipo de processamento, as amostras com sacarose se apresentaram menos compactáveis que as amostras com outro tipo de adoçante (Tabela 36), já que as amostras formuladas com sacarose apresentaram, para os dois tipos de processamento, maior força de compactação em comparação as amostras formuladas com stevia ou isomalte, ou seja, as amostras formuladas com sacarose se diferem estatisticamente, ao nível de 5% de significância, das formulações com outro tipo de adoçante. Esse fato vai de encontro com o observado por Bolhuis, Engelhart e Eissens (2009), que disseram que o isomalte causa um aumento na compactação de formulações por ser um ingrediente compactável, além de ir de encontro com o observado por Benkovic et al. (2011), que disseram que a sacarose causa aumento na força de compactação quando adicionados em formulações.

A força de compactação de produtos em pó pode ser correlacionada ao seu teor lipídico, como foi citado por Rennie et al. (1999), que disseram ser esperada uma correlação negativa entre esses dois parâmetros, fato observado neste trabalho, já que as amostras formuladas com sacarose apresentaram menor teor lipídico ao mesmo tempo que se mostraram menos compactáveis, ou seja, maior força de compactação, como pode ser visto no tópico 4.2.4.

Outro parâmetro que pode ser correlacionado com a força de compactação é a umidade, que segundo Buma (1971), causa aumento na força de compactação. Esse fato não vai de encontro com o observado, já que as amostras não apresentaram diferença significativa em relação ao seu teor de umidade, como pode ser visto no tópico 4.2.4, esse fato pode ter ocorrido devido ao teor de umidade das amostras serem baixos, ou seja, a quantidade de água no produto não é suficiente para causar o aumento da força de compactação, fato também observado por Rennie et al. (1999), que disseram o aumento do teor de umidade causou aumento na força de compactação especialmente em amostras com umidade acima de 6%, quantidade muito acima das amostras analisadas.

Pode-se observar também que os achocolatados mais compactáveis são aqueles que apresentam menor granulometria, resultado que vai de encontro com Rennie et al. (1999) e Adhikari et al. (2001). Esse fato pode ser devido principalmente à maior superfície de

contato que essas amostras apresentam (EDUARDO, 2005), já que devido ao aumento da área superficial do pó ocorre o aumento da probabilidade das interações entre as partículas (BELSCAK-CVITANOVIC et al., 2010).

4.1.7 Microscopia eletrônica de varredura

Não há muitos trabalhos que avaliem a microestrutura de cacau em pó (DO et al., 2011), muito menos que avaliem a microestrutura de achocolatados.

O estudo da superfície de produtos em pó é uma etapa importante, pois se espera que este desempenhe um papel importante durante a sua utilização final (KIM; CHEN; PEARCE, 2002).

As amostras A1 a A1I foram analisadas por MEV e suas imagens são mostradas nas Figuras 11 a 14.

A partir da análise das figuras obtidas, pode-se observar que o processo de instantaneização causou a aglomeração das partículas, como era esperado, já que pequenas partículas se aderiram a partículas maiores, como pode ser visto na Figura 11A, onde se observa que a amostra não instantânea (A1) apresentou partículas maiores e partículas menores dispersas de forma separada, já a amostra instantânea (A1I) (Figura 11B), apresentou apenas partículas maiores, já que as partículas menores aderiram-se as partículas maiores.

Figura – Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 150 x

Este mesmo processo de aglomeração pode ser visto com maior aproximação na Figura 12, onde é possível observar que a amostra instantânea (B) apresentou partículas maiores aglomeradas com partículas menores, diferentemente da amostra processada pelo método convencional (A), que apresentou partículas menores separadas das partículas maiores, ou seja, não aglomeradas.

Figura - Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) A1I com aumento de 3500 x

A porosidade é uma importante propriedade em produtos em pó, já que esta é a propriedade que mais influencia sua molhabilidade (HOGKAMP; POHL, 2003). A partir da Figura 12 é possível observar que o processo de instantaneização originou partículas mais porosas em comparação ao processo convencional, além de um possível colapso na estrutura da partícula, fato também observado por Kim, Chen e Pearce (2002), que provavelmente foi causado pelo álcool de cereais utilizado no processo de instantaneização.

A aglomeração, a porosidade e o colapso na estrutura também podem ser vistos nas Figuras 13 e 14.

Figura - Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) AII com aumento de 10000 x

Figura - Eletromicrografia de varredura das amostras (A) A1 e (B) AII com aumento de 12000 x

4.2 Análises físico-químicas

4.2.1 Cinzas

Após testes em triplicata, os resultados obtidos são mostrados na Tabela 37.

Tabela – Teor de cinzas dos achocolatados

Amostras	Teor de cinzas (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	1,57 $\pm$ 0,01
S1	1,80 $\pm$ 0,00
II	1,72 $\pm$ 0,01
A1I	1,57 $\pm$ 0,01
S1I	1,70 $\pm$ 0,00
III	1,57 $\pm$ 0,01

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Avaliando-se os resultados apresentados na Tabela 37 observa-se que esses variam de 1,57 a 1,80 %, para as amostras convencionais, e de 1,57 a 1,70 %, para as amostras instantâneas.

Analizando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 38), pode-se dizer que há interação entre os fatores (adoçante e processamento) em relação ao teor de cinzas, ou seja, esses não atuam de forma independente, além de poder ser observado que pelo menos um contraste entre as médias dos níveis dos fatores é estatisticamente diferente de zero.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento na porcentagem de cinzas

	Porcentagem de cinzas
Efeito principal	
Processamento	284,09 *
Adoçante	445,91 *
Interação	
Processamento – Adoçante	76,82 *
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analizando essa interação entre os dois fatores em estudo obteve-se a Tabela 39.

Tabela - Desdobramento da interação entre os fatores na porcentagem de cinzas.

Processamento\Adoçante	Sacarose	Stevia	Isomalte
Convencional	1,57 ^{a, C}	1,80 ^{a, A}	1,72 ^{a, B}
Instantâneo	1,57 ^{b, C}	1,70 ^{b, C}	1,57 ^{b, B}

Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Fisher.

A partir da Tabela 39 pode se observar que quando o processamento convencional é utilizado, os achocolatados formulados com stevia apresentaram maior quantidade de cinzas, seguido das formulações com isomalte e por último com sacarose, já quando o processamento utilizado é o instantâneo, apenas as formulações com stevia apresentam maior quantidade de cinzas. Sendo assim, pode se dizer que as amostras formuladas com stevia apresentaram maior quantidade de cinza independente do tipo de processamento. Esse fato também foi observado por EDUARDO (2005), que analisou diferentes achocolatados comercializados, concluindo que achocolatados dietéticos apresentavam maior teor de cinzas em comparação aos achocolatados adoçados com sacarose.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 39 pode-se observar que as amostras instantâneas apresentaram, em média, menor teor de cinzas, em comparação às amostras convencionais, fato que vai de encontro com LANNES & MEDEIROS (2003), que também apresentaram maiores teores de cinzas para achocolatados que passaram por processo de instantaneização.

4.2.2 Umidade

A avaliação do teor de umidade em produtos em pó é importante para o estudo do seu manuseio, processamento e transporte (TEUNOU, FITZPATRICK, SYNNOTT, 1999).

Após análise em triplicata, os teores de umidade obtidos das amostras analisadas são mostrados na Tabela 40.

Tabela – Teor de umidade dos achocolatados

Amostras	Teor de umidade (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	2,07 $\pm$ 0,23
S1	5,30 $\pm$ 0,12
II	4,27 $\pm$ 0,11
A1I	3,20 $\pm$ 0,13
S1I	6,92 $\pm$ 0,14
III	6,13 $\pm$ 0,07

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Os achocolatados analisados apresentaram teores de umidade que variaram de 2,07 a 6,92%, resultados que se assemelham aos resultados apresentados por Belcak Cvitanovic et al., no qual apresentaram valores que variaram de 1,22 a 6,45% de umidade.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 41), pode-se dizer que não há interação entre os adoçantes e o tipo de processamento em relação ao teor de umidade, além de estes não apresentarem diferença significativa.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no teor de umidade

	Teor de umidade
Efeito principal	
Processamento	1,06 ^{N.S.}
Adoçante	1,91 ^{N.S.}
Interação	
Processamento – Adoçante	0,06 ^{N.S.}
Valores de F (* significativo $\alpha \leq 0.05$)	

Segundo EDUARDO (2005), o teor de umidade depende diretamente do processamento do produto, fato esse não observado nas amostras analisadas, já que estatisticamente estas não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao tipo de processamento utilizado.

Outro quesito que pode ser observado é que a substituição da sacarose por outro adoçante não causou diferença significativa no teor de umidade do produto, fato que vai contra o observado por Belcak Cvitanovic et al. (2010), que citaram que a utilização de

maltodextrina como ingrediente de preenchimento em achocolatados que utilizam outros adoçantes em substituição a sacarose pode causar o aumento da umidade do produto por este ser um ingrediente higroscópico.

Belscak Cvitanovic et al. (2010), que também citaram a influência do teor lipídico na umidade do produto, mas no caso das amostras analisadas esta influencia não pode ser observada.

4.2.3 PH

Após análise em triplicata, os teores de pH obtidos das amostras analisadas são mostrados na Tabela 42.

Tabela – pH dos achocolatados

Amostras	pH (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	5,47 $\pm$ 0,01
S1	5,62 $\pm$ 0,04
II	5,44 $\pm$ 0,05
A1I	5,53 $\pm$ 0,04
S1I	5,55 $\pm$ 0,02
III	5,52 $\pm$ 0,04

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 43), pode-se dizer que não há interação entre os fatores (adoçante e processamento) em relação ao teor de pH, além de estes não apresentarem diferença significativa.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no teor de pH

	Teor de pH
Efeito principal	
Processamento	4,56 ^{N.S.}
Adoçante	5,05 ^{N.S.}
Interação	
Processamento – Adoçante	1,89 ^{N.S.}
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Em geral o pH do achocolatado depende do grau de alcalinização do cacau, que segundo EDUARDO (2005) leva o produto a um pH em torno de 7,1. Como para o desenvolvimento dos achocolatados analisados neste projeto não se utilizou cacau alcalinizado, o pH destes se encontrou abaixo do pH em torno de 7,1 encontrado normalmente.

Além disso, analisando estatisticamente os resultados pode-se dizer que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores encontrados para os diferentes achocolatados (Tabela 43). Isso pode ser devido a todos os achocolatados terem sido formulados com o mesmo cacau, não causando variação no pH do produto final.

4.2.4 Determinação do teor de lipídeos

Muitos produtos em pó possuem uma fração lipídica, que deve ser analisada, já que esta pode causar influencia no manuseio e aplicação do produto (MARTINS, KIECKBUSCH, 2008).

Após análise em triplicata, os teores de lipídeos totais obtidos das amostras analisadas são mostrados na Tabela 44.

Tabela – Teor de lipídeos totais dos achocolatados

Amostras	Teor de lipídeos (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	2,02 $\pm$ 0,07
S1	2,27 $\pm$ 0,02
II	2,51 $\pm$ 0,04
AII	1,94 $\pm$ 0,04
SII	2,32 $\pm$ 0,03
III	2,58 $\pm$ 0,03

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. AII, SII e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e AII: amostras adoçadas com sacarose. S1 e SII: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 45), pode-se dizer que não há interação entre os adoçantes e o tipo de processamento em relação ao teor de lipídeos, além de o fator processamento não apresentar diferença significativa, diferentemente do fator adoçante.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no teor de lipídeos

	Teor de lipídeos
Efeito principal	
Processamento	0,25 ^{N.S}
Adoçante	150,30 [*]
Interação	
Processamento – Adoçante	3,11 ^{N.S.}

Valores de F (* significativo $\alpha \leq 0.05$)

Analisando se estatisticamente os resultados mostrados na Tabela 45, pode se disser que em relação ao tipo de processamento utilizado, não há diferença significativa ($p > 0,05$), ou seja, o tipo de processamento utilizado no preparo do achocolatado não influencia na quantidade de lipídeos deste.

Analisando-se o fator adoçante separadamente se obtém a Tabela 46.

Tabela – Médias para o parâmetro adoçante em relação ao teor de lipídeos

Médias	Valores
m _I	2,54 ^a
m _S	2,29 ^b
m _A	1,98 ^c

m_S; média para o parâmetro stevia. m_A; média para o parâmetro sacarose. m_I; média para o parâmetro isomalte. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Em relação ao tipo de adoçante utilizado (Tabela 46), esta diferença passa a ser significativa ($p < 0,05$), pois para os achocolatados formulados com sacarose, a quantidade de lipídeos se mostrou menor, seguida das formulações com stevia e por último com isomalte. Esse fato pode ter ocorrido devido à presença de sacarose, que pode causar interferência na quantificação dos lipídeos, mesmo o achocolatado tendo passado por hidrólise ácida antes da extração do lipídeo, como foi mencionado por Shittu e Lawal (2007).

4.2.5 Determinação do teor de proteína

Após análise em triplicata, os teores de proteínas foram obtidos a partir da Equação 11.

$$\%N = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times F \times 14,007 \times 100}{P} \quad (11)$$

Sendo:

%N= porcentagem de nitrogênio da amostra;

V1= volume de HCL (ml) gasto pelo branco (tubo que passou pelo mesmo processo, mas somente com os reagentes utilizados);

V2= volume de HCL (ml) gasto pela amostra;

N= normalidade do HCL;

F= fator de correção do HCL;

14,007= massa molecular do nitrogênio;

P= massa da amostra (mg).

Sendo o volume gasto pelo branco (V1) igual a 0,10 ml para todas as amostras e o fator de correção do HCL igual a 1,0625, logo após a realização das análises e utilizando se a equação 11 é obtida a porcentagem de nitrogênio, que é então multiplicada pelo fator de conversão, que segundo a AOAC (1990) é de 6,25, obtendo se então a porcentagem protéica das amostras, que é mostrada na Tabela 47.

Tabela – Teor protéico das amostras analisadas

Amostras	Teor proteico (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	7,49 $\pm$ 0,04
S1	6,44 $\pm$ 1,48
I1	7,42 $\pm$ 0,10
A1I	7,07 $\pm$ 0,20
S1I	7,37 $\pm$ 0,03
I1I	7,41 $\pm$ 0,03

A1, S1 e I1: amostras processadas pelo método tradicional. A1I, S1I e I1I: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e A1I: amostras adoçadas com sacarose. S1 e S1I: amostras adoçadas com stevia. I1 e I1I: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 48), pode-se dizer que não há interação entre os fatores (adoçante e processamento) em relação ao teor de protéico, além de o tipo de processamento e o tipo de adoçante não apresentarem diferença significativa.

Tabela – Efeito do adoçante e do processamento no teor protéico

	Teor protéico
Efeito principal	
Processamento	2,56 ^{N.S}
Adoçante	3,98 ^{N.S.}
Interação	
Processamento – Adoçante	1,43 ^{N.S.}
Valores de F (* significativo $\alpha \leq 0.05$)	

Analisando se estatisticamente os resultados apresentados na Tabela 48, pode-se concluir que não há diferença significativa ($p > 0,05$) entre as diferentes amostras, tanto em

relação ao tipo de processamento, quanto em relação ao tipo de adoçante utilizado, ou seja, as duas variáveis analisadas não influenciam o teor protéico das amostras.

4.2.6 Carboidratos

Após análise em triplicata, obteve-se os resultados mostrados na Tabela 49.

Tabela – Teor de carboidrato das amostras analisadas

Amostras	Carboidratos (%) (média $\pm$ desvio - padrão)
A1	86,85
S1	84,19
II	84,08
AII	86,22
SII	81,69
III	82,31

A1, S1 e II: amostras processadas pelo método tradicional. AII, SII e III: amostras processadas pelo método de instantaneização. A1 e AII: amostras adoçadas com sacarose. S1 e SII: amostras adoçadas com stevia. II e III: amostras adoçadas com isomalte.

Analisando-se os resultados mostrados na Tabela 49, pode-se dizer que as porcentagens de carboidrato das amostras variaram entre 81,69 a 86,85.

4.3 Reologia

A reologia é a ciência da deformação de objetos sob a influência de forças aplicadas. Quando um material sofre um estresse ele se deforma, e a taxa e o tipo de deformação caracterizam suas propriedades reológicas (FELLOWS, 2006).

A viscosidade de um produto é a sua resistência interna ao fluxo (FELLOWS, 2006). O estudo da viscosidade de achocolatados é uma etapa importante para este tipo de produto, já que segundo Folkenberg, Bredie e Martens (1997), esta está relacionada ao paladar do produto e consequentemente com sua aceitação.

Somente os achocolatados instantâneos foram analisados em leite integral. Após as análises foram obtidos os parâmetros reológicos para o modelo de Ostwald-de-Waale. Também foram analisados quatro tipos de achocolatados vendidos comercialmente (Alpino, Aero, Nescau e Toddy), além do leite integral utilizado como meio de reconstituição. Os resultados obtidos são mostrados nas Tabelas 50 a 53.

Tabela - Parâmetros reológicos do modelo de Ostwald-de-Waale para os achocolatados formulados

Amostra	Ostwald-de-Waale		
	K (mPa.s ^m) ± S	n ± S	R ² ± S
A1I	10,45 ± 2,23	0,97 ± 0,03	0,980 ± 0,00
A2I	2,40 ± 0,20	1,13 ± 0,01	0,870 ± 0,00
A3I	5,38 ± 1,39	1,06 ± 0,04	0,990 ± 0,00
A4I	5,36 ± 3,29	1,05 ± 0,09	0,933 ± 0,04
S1I	10,64 ± 2,49	0,97 ± 0,04	0,992 ± 0,00
S2I	5,93 ± 2,65	1,13 ± 0,06	0,880 ± 0,02
S3I	6,68 ± 9,19	1,05 ± 0,10	0,961 ± 0,00
S4I	3,46 ± 1,34	1,02 ± 0,04	0,924 ± 0,00
I1I	12,40 ± 0,90	0,97 ± 0,02	0,994 ± 0,01
I2I	3,00 ± 0,67	1,12 ± 0,04	0,894 ± 0,02
I3I	6,39 ± 1,11	1,04 ± 0,04	0,984 ± 0,00
I4I	4,85 ± 1,24	1,05 ± 0,56	0,921 ± 0,01

A1I, A2I, A3I e A4I: amostras adoçadas com sacarose. S1I, S2I, S3I e S4I: amostras adoçadas com stevia. I1I, I2I, I3I e I4I: amostras adoçadas com isomalte. A1I, S1I, I1I: amostras formuladas com goma guar. A2I, S2I e I2I: amostras formuladas com amido pré-gelatinizado. A3I, S3I e I3I: amostras formuladas com goma tara. A4I, S4I e I4I: amostras formuladas com goma xantana. K: índice de consistência. n: índice de fluxo ou escoamento. R²: coeficiente de determinação. S: desvio padrão.

A Tabela 50 mostra os parâmetros reológicos para o modelo de Ostwald-de-Waale. O índice de consistência (K) variou de 2,40 a 12,40 mPa.s^m, o índice de fluxo (n) variou de 0,97 a 1,13 e o coeficiente de determinação variou de 0,870 a 0,994.

As amostras formuladas com amido (A2I, S2I, I2I) apresentaram índice de comportamento de fluxo (n) acima de 1,0, ou seja, pode-se dizer que estas amostras são dilatantes, característica comum em soluções com amido (STEFFE, 1996), além de destas amostras, juntamente com a amostra A4I, S4I e I4I não terem se adaptado ao modelo de Ostwald-de-Waale, pois apresentaram valores de R² abaixo de 0,95.

As amostras formuladas com goma guar (A1I, S1I, I1I) se mostraram levemente pseudoplástica, com valores de índice de comportamento de fluxo (n) 0,93 e 0,97, sendo o comportamento pseudoplástico caracterizado pela diminuição da resistência do material ao

escoamento com o aumento da velocidade de deformação (STEFFE, 1996). Além de terem apresentado os maiores valores de índice de consistência (K) que variou de 10,45 e 12,40. Esses resultados vão de encontro com o observado por Dogan, Token e Goksel (2011), que avaliaram achocolatados formulados com diferentes espessantes e também encontraram maiores valores de K e menores valores de n para as amostras formuladas com goma guar.

Sabe-se que a viscosidade aparente é calculada a partir da Equação (12).

$$\mu = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \quad (12)$$

O modelo de Ostwald-de-Waale é caracterizado pela Equação (13). A partir desta Equação, juntamente com os parâmetros mostrados na Tabela 46 e a taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) utilizada para as análises, se obtém as viscosidades aparentes mostradas na Tabela 51.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (13)$$

Tabela – Viscosidade aparente pelo modelo de Ostwald-de-Waale para os achocolatados formulados diluídos em leite

Amostras	Viscosidade aparente (mPa.s)
A1I	8,67 ± 2,75
A2I	3,36 ± 0,22
A3I	6,29 ± 1,00
A4I	5,67 ± 2,11
S1I	8,93 ± 1,74
S2I	6,22 ± 1,77
S3I	6,83 ± 0,53
S4I	5,80 ± 1,71
I1I	10,15 ± 3,10
I2I	4,02 ± 0,52
I3I	6,98 ± 0,75
I4I	5,48 ± 0,88

A1I, A2I, A3I e A4I: amostras adoçadas com sacarose. S1I, S2I, S3I e S4I: amostras adoçadas com stevia. I1I, I2I, I3I e I4I: amostras adoçadas com isomalte. A1I, S1I, I1I: amostras formuladas com goma guar. A2I, S2I e I2I: amostras formuladas com amido pré-gelatinizado. A3I, S3I e I3I: amostras formuladas com goma tara. A4I, S4I e I4I: amostras formuladas com goma xantana.

Tabela – Efeito do espessante e do adoçante na viscosidade

	Viscosidade
Efeito principal	
Espessante	10,86 *
Adoçante	0,88 N.S.
Interação	
Espessante – Adoçante	0,60 N.S.
Valores de F (* significante $\alpha \leq 0.05$)	

Analisando se estatisticamente os resultados obtidos (Tabela 52) pode se observar que os diferentes tipos de adoçante utilizados não apresentaram diferença significativa em relação à viscosidade aparente do produto, ou seja, o tipo de adoçante utilizado não influencia a viscosidade do achocolatado, fato que vai contra Yannes; Durán e Costell (2002) que disseram que a substituição da sacarose por outro tipo de adoçante pode causar a mudança da fluidez e da viscosidade do sistema, além de Ribeiro e Seravalli (2004), também terem dito que altas concentrações de açúcares reduzem a taxa de geleificação do amido e sua viscosidade no meio.

Já em relação ao tipo de espessante, estes apresentaram diferença significativa, como pode ser visto nas Tabelas 52 e 53. Também pode ser observado que esses dois parâmetros analisados (tipo de espessante e tipo de adoçante) atuam de forma independente.

Analisando-se o fator espessante separadamente se obtém a Tabela 53.

Tabela – Médias para o parâmetro espessante em relação à viscosidade

Médias	Valores
m ₁	9,25 ^a
m ₃	6,70 ^b
m ₄	5,65 ^b
m ₂	4,59 ^c

m₁; média para o parâmetro goma guar. m₂; média para o parâmetro amido pré-gelatinizado. m₃; média para o parâmetro goma tara. m₄; média para o parâmetro goma xantana. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, ao nível de 5 % de significância de probabilidade pelo teste F.

Os achocolatados que utilizaram goma guar apresentaram maior viscosidade aparente e aqueles que utilizaram amido apresentaram menor viscosidade aparente.

Além das amostras mostradas acima, achocolatados vendidos comercialmente também foram analisados, como é mostrado na Tabela 54. Foram analisados 4 tipos de achocolatados (Alpino, Aero, Nescau e Toddy), além do leite em pó integral utilizado como meio de reconstituição para todas as amostras analisadas. A viscosidade aparente foi novamente calculada conforme descrito anteriormente.

Tabela - Parâmetros reológicos do modelo de Ostwald-de-Waale para achocolatados comerciais diluídos em leite

Amostras	Ostwald-de-Waale			
	K (mPa.s ⁿ) ± S	n ± S	R ² ± S	η (mPa.s)
Leite	0,72 ± 0,54	1,26 ± 0,10	0,891 ± 0,03	1,41
Alpino	6,14 ± 1,69	1,05 ± 0,04	0,975 ± 0,01	6,99
Aero	23,20 ± 0,40	0,88 ± 0,03	0,959 ± 0,01	17,00
Nescau	2,98 ± 1,05	1,10 ± 0,08	0,916 ± 0,21	3,86
Toddy	5,71 ± 4,42	1,03 ± 0,21	0,830 ± 0,06	6,17

S: desvio padrão. K: índice de consistência. n: índice de fluxo ou escoamento. R²: coeficiente de determinação.

A Tabela 54 mostra os parâmetros reológicos para o modelo de Ostwald-de-Waale, no qual apresentou valores de índice de consistência (K) de 0,72 a 23,20 mPa.sⁿ, índice de fluxo de 0,88 a 1,26, viscosidade variando de 1,41 a 17,00 mPa.s e coeficiente de determinação variando de 0,830 a 0,975.

Diferenças quantitativas entre os parâmetros reológicos do leite e dos achocolatados são devidos a adição de açúcares e hidrocolóides na formulação destes (YANES et al., 2002), que como pode ser observado, causaram aumento de viscosidade.

Pode-se observar que os achocolatados Alpino e Aero apresentaram valores de viscosidade aparente maiores em comparação aos outros dois tipos de achocolatados (Nescau e Toddy), esse fato pode ser devido a estes apresentarem diferentes formulações, sendo os achocolatados Alpino e Aero formulados com espessantes e os achocolatados Nescau e Toddy não.

Sendo assim pode-se dizer que os achocolatados formulados apresentaram valores de viscosidade semelhantes aos valores dos achocolatados vendidos comercialmente que

possuem espessantes em sua formulação. Valores esses maiores que os achocolatados não adicionados de espessantes, o que já era esperado.

O achocolatado causa aumento de viscosidade quando adicionado em leite, esse fato não é somente devido a presença de espessantes, mas também a presença de outros ingrediente, como açúcares, como pode ser observado com o Nescau e o Toddy, já que esses achocolatados, mesmo não apresentando espessantes em sua formulação também causaram aumento de viscosidade quando adicionados ao leite.

Em relação ao tipo de espessante utilizado, pode-se observar que a goma guar foi o espessante que apresentou maiores valores de viscosidade, sendo assim, é o espessante mais aconselhado quando se quer obter um achocolatado com alta viscosidade, em comparação aos outros três tipos de espessantes analisados (amido pré-gelatinizado, goma tara e goma xantana).

5 CONCLUSÕES

- O processo de instantaneização causa melhora na molhabilidade e solubilidade do produto; diminuição no ângulo de repouso e na densidade acomodada; aumento na granulometria, maior homogeneidade e aumento na força de compactação; além de causar aglomeração das partículas, como pode ser visto na análise de microscopia eletrônica de varredura;

- A maltodextrina não é um bom ingrediente de preenchimento para esse tipo de produto, causando aumento do volume do produto e diminuição da densidade, dificultando sua molhabilidade;

- Amostras com maior ângulo de repouso se mostraram menos molháveis;
- O diâmetro médio da partícula do produto interfere na sua densidade;
- A força de compactação se mostrou inversamente proporcional ao diâmetro médio das partículas dos achocolatados;

- Os tipos de adoçantes não mostraram influencia na viscosidade do produto, diferentemente do tipo de espessante, no qual a goma guar se mostrou mais viscosa em comparação aos outros espessantes utilizados;

- O isomalte se mostrou uma boa alternativa em substituição à sacarose, por ter apresentado características semelhantes, além de ter apresentado boa solubilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B.R.; TRUONG, V. Stickiness in foods: a review of mechanisms and test methods. **International Journal of Food Properties**, v.4, p.1-33, 2001.

AGUILERA, J.M. Why food microstructure. **Journal of Food Engineering**, v.67, p.3-11, 2005.

AGUILERA, J.M. Tamaño y forma de las partículas. In: ALVARADO, J.D.; AGUILERA, J.M. **Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. p.29-48.

FEI. EXPLORE DISCOVER. RESOLVE. A introduction to electron microscopy. Oregon, 2011. Disponível em: <http://www.fei.com/resources/student-learning/introduction-to-electron-microscopy/intro.aspx>. Acesso em: 22 de Jan de 2012.

ARAÚJO, J.M. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.137.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15.ed. Arlington: AOAC, 1990. p.763-776.

BACHER, C.; OLSEN, P.M.; BERTELSEN, P.; SONNERGAARD, J.M. Compressibility and compactibility of granules produced by wet and dry granulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v.358, n.1/2, p.69-74, 2008.

BECKETT, S.T., ed. **Fabricación y utilización industrial del chocolate**. Zaragoza: Acribia, 1994. p.90.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 1134p. (Tecnología de los alimentos).

BELSCAKCVITANOVIC, A.; BENKOVIC, M.; KOMES, D.; BAUMAN, I.; HORZIC, D.; DUJMIC, F.; MATIJASEC, M. Physical properties and bioactive constituents of powdered mixtures and drinks prepared with cocoa and various sweeteners. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.12, p.7187-7195, 2010.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BELSCAK, A.; KOMES, D.; HORZIC, D.; GANIC, K.K.; KARLOVIC, D. Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. **Food Research International**, v.42, n.5/6, p.707-716, 2009.

BENKOVIC, M.; BELSCAK-CVITANOVIC, A.; KOMES, D.; BAUMAN, I. Physical properties of non-agglomerated cocoa drink powder mixtures containing various types of sugar and sweetener. **Food and Bioprocess Technology**, p.1-15, 2011.

BERK, Z. **Food process engineering and technology**. Amsterdam: Elsevier, 2009. 605p. (Food, Science and Technology, International Series).

BERNHARDT, C. **Particle size analysis**: classification sedimentation methods. London: Chapman & Hall, 1994. 428p. (Power technology series).

BHANDARI, B.R.; DATTA, N.; DARCY, B.R.; RINTOUL, G.B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.31, n.2, p.198-142, 1998.

BLUNDELL, J.E.; GRAAF, C. Low-calorie foods: relevance for body weight control. In: KHAN, R., ed. **Low-calorie foods and food ingredients**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. 1-18p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. p.60.

BORNET, F.R.J. Low-calorie bulk sweeteners: nutrition and metabolism. In: KHAN, R., ed. **Low-calorie foods and food ingredients**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. 36-51p.

BOLHUIS, G.K.; ENGELHART, J.J.P.; EISSENS, A.C. Compaction properties of isomalt. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v.72, n.3, p.621-625, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Área de Atuação. Alimentos. Legislação. Legislação por categoria de produto. Cacau. **Resolução-CNNPA n.12, de 24 de julho de 1987**. Aprova as seguintes Normas Técnicas Específicas, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativa a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/e85b71804745886d9213d63fbc4c6735/Resolucao_CNNPA_n_12_de_1978.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 12 dez. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003.** Aprovar o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm. Acesso em: 28 março 2012.

BRENNAN, J.G.; BUTTERS, J.R.; COWELL, N.D.; LILLY, A.E.V. **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1980. 915p.

BUMA, T.J. Free fat in spray-dried whole milk: cohesion; determination, influence of particle size, moisture content and free-fat content. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, v.25, p.107-122, 1971.

CAL, K.; SOLLOHUB, K. Spray drying technique. I: Hardware and process parameters. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.99, n.2, p.575-586, 2010.

CODEX ALIMENTARIUS. Standards. List of Standards. MISC. **CACMISC 6-2012.** Disponível em: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/?provide=standards&orderField=fullReference&sort=asc&num1=CAC/MISC>. Acesso em: dia mês abrev. ano.

CHEN, K.D.; OZKAN, N. Stickiness, functionality, and microstructure of food powders. **Drying Technology**, v.25, n.6, p.959-969, 2007.

CHO, G.H.P.; YEONG, S.K.; OOI, L.T.; CHUAH, C.H. Clycerol esters from the reaction of glycerol with dicarboxylic acid esters. **Journal of Surfactants and Detergents**, p.147-152, 2006.

COULTATE, T.P. **Manual de química y bioquímica de los alimentos.** 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1998. p.5-28.

DAMIN, M.R.; SIVIERI, K.; LANNES, S.C.S. Bebidas lácteas fermentadas e não fermentadas e seu potencial funcional. In: OLIVEIRA, M.N., ed. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais.** São Paulo: Atheneu, 2009. p.321-344.

DHANALAKSHMI, K.; GHOSAL, S.; BHATTACHARYA, S. Agglomeration of food powder and applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.51, n.5, p.432-441, 2011.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, v.17, n.1, p.25-39, 2003. [Review].

DOGAN, M.; TOKER, O.S.; GOKSEL, M. Rheological behaviour of instant hot chocolate beverage. Part 1. Optimization of the effect of different starches and gums. **Food Biophysics**, v.6, n.4, p.512-518, 2011.

DO, T.A.L.; VIEIRA, J.; HARGREAVES, J.M.; MITCHELL, J.R.; WPLF, B. Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate. **Food Science and Technology**, v.44, p.1207-1211, 2011.

EDUARDO, M.F.; LANNES S.C.S. Achocolatados: análise química. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.40, n.3, p.405-412, 2004.

EDUARDO, M.F. **Avaliação reológica e físico-química de achocolatados e bebidas achocolatadas**. São Paulo, 2005. 108p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

EDUARDO, M.F.; LANNES, S.C.S. Use of texture analysis to determine compaction force of powders. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.2, p.568-572, 2007.

ERUKAINURE, O.L.; EGAGAH, T.I.; BOLAJI, P.T.; AJIBOYE, A.J. Development and quality assessment of date chocolate products. **American Journal of Food Technology**, v.5, n.5, p.324-330, 2010.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas não alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. 385p. (Bebidas, v.2).

FOLKENBERG, D.M.; BREDIE, W.L.P.; MARTENS, M. What is mouthfeel: sensory-rheological relationships in instant hot cocoa drinks. **Journal of Sensory Studies**, v.14, n.2, p.181-195, 1999.

FUNAMI, T.; ISHIHARA, S.; NAKAUMA, M.; KOHYAMA, K.; NISHINARI, K. Texture design for products using food hydrocolloids. **Food Hydrocolloids**, v.26, n.2, p.412-420, 2011. [10th International Hydrocolloids Conference].

GAIANI, C.; SCHER, J.; SCHUCK, P.; HARDY, J.; DESOBRY, S.; BANON, S. The dissolution behavior of native phosphocaseinate as a function of concentration and temperature using a rheological approach. **International Dairy Journal**, v.16, n.12, p.1427-1434, 2006.

GALET, L.; VU, T.O.; OULAHNA, D.; FAGES, J. The wetting behaviour and dispersion rate of cocoa powder in water. **Food and Bioproducts Processing**, v.82, n.4, p.298–303, 2004.

GARDANA, C.; SIMONETTI, P.; CANZI, E.; ZANCHI, R.; PIETTA, P. Metabolism of stevioside and rebaudioside A from *Stevia rebaudiana* extracts by human microflora. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.22, p.6618-6622, 2003.

GARTI, N.; MADAR, Z.; ASERIN, A.; STERNHEIM, B. Fenugreek galactomannans as food emulsifiers. **LWT - Food Science and Technology**, v.30, n.3, p.305-311, 1997.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. p.195.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 100p.

GLICKSMAN, M. **Food hydrocolloids**. New York: CRC Press, 1982. v.1.

GLICKSMAN, M.; FARKAS, E. Gums in artificially sweetened foods. **Food Technology**, v.20, n.2, p.58-61, 1966.

GOLDSTEIN, J.I.; YAKOWITZ, H.; NEWBURY, D.E.; LIFSHIN, E.; COLBY, J.W.; COLEMAN, J.R., eds. **Practical scanning electron microscopy: electron and ion microprobe analysis**. New York: Plenum Press, 2003. Pag 34.

GUGGISBERG, D.; PICCINALI, P.; SCHREIER, K. Effects of sugar substitution with Stevia, Actilight and Stevia combinations or Palatinose on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt. **International Dairy Journal**, v.21, n.9, p.636-644, 2011.

GUTCHO, M.H. Chocolate and coca beverages. In: _____. **Fortified and soft drinks**. Park Ridge: Noyes Data Corporation, 1977. p. 43-56. (Food Technology Reviews, n.43).

SCHMIDT HEBBEL, H. **Avances en ciencia y tecnologia de los alimentos**. Santiago: Merck Quimica Chilena, 1981. 265p.

HERMULHEIM, L.M. **Métodos de la industria química**. Barcelona: Reverté, 1981. 90-91p.

HLA, P.K.; HOGKAMP, S. Wetting behaviour of instantized cocoa beverage powders. **International Journal of Food Science and Technology**, v.34, p.335-342, 1999.

HOGKAMP, S.; POHL, M. Porosity measurement of fragile agglomerates. **Powder Technology**, v.130, p.385-392, 2003.

HORNE, D.S. Ethanol stability. In: FOX, P.F., ed. **Advanced dairy chemistry**. 2.ed. London: Elsevier Applied Science, 1992. p.657-689.

HOUGH, G.; SANCHEZ, R. Descriptive analysis and- external preference mapping of powdered chocolate milk. **Food Quality and Preference**, v.9, n.4, p.197-204, 1998.

HOUGH, L. High-intensity, low-calorie sweeteners. In: KHAN, R. **Low-calorie foods and food ingredients**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. p.138-162.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2.ed. São Paulo: IAL, 2002. v.1, p.24.

JARDINE, N.J.; EDWARDS, D.G.; MCMENEMY, C. Implications of nutritional recommendations on sugar for product development. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.49, n.1, p.23-30, 1990.

JENSEN, J.D. Methods of instantizing powders for the preparation of food drinks. **Manufacturing Confectioner**, v.53, n.10, p.47-56, 1973.

KIM, H.; BURGESS, D.J. Prediction of interfacial tension between oil mixtures and water. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.241, n.2, p.509-513, 2001.

KIM, E.H.J.; CHEN, X.D.; PEARCE, D. Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. **Colloids and Surfaces, B: Biointerfaces**, v.26, p.197-212, 2002.

KYAW HLA, P.; HOGKAMP, S. Wetting behavior of instantized cocoa beverage powders. **International Journal of Food Science and Technology**, v.34, p.335-342, 1999.

LANNES, S.C.S. **Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates**. São Paulo, 1997. 175p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

LANNES, S.C.S. **Tamises: física industrial**. São Paulo, 2005. [Apostila].

LANNES, S.C.S.; MEDEIROS, M.L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.1, p.115-123, 2003.

LAURENT, B.F.; BRIDGWATER, J. Influence of agitator design on powder flow. **Chemical Engineering Science**, v.57, n.18, p.3781-3793, 2002.

MAIA, A.B.R.; GOLGHER, M. Parâmetros para avaliação da qualidade de reconstituição do leite em pó desidratado em secador de aspersão (“spray-drier”). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.3, p.235-254, 1983.

MARTINS, G.A. **Estatística geral e aplicada**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 421p.

MARTINS, P.C.; KIECKBUSCH, T.G. Influence of a lipid phase on steam jet agglomeration of maltodextrin powders. **Powder Technology**, v.185, n.3, p.258-266, 2008.

MASTERS, K.S. **Spray drying in practice**. Charlottenlund: SprayDryConsult International, 2002. 464p.

MCKENNA, B.M. **Texture in food**. Arlington: Woodhead Publishing; Boca Raton: CRC Press, 2000. 2v. (Woodhead Publishing in Food Science and Technology).

MEDEIROS, M.L. **Estudo e aplicação de substitutos de cacau**. São Paulo, 2006. 97p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, M.L.; LANNES, S.C.S. Avaliação química de substitutos de cacau e estudo sensorial de achocolatados formulados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.247-253, 2009.

MICHALSKI, M.C.; DESOBRY, S.; HARDY, J. Food material adhesion: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.7, p.591-619, 1997.

MUJUMDAR, A.S. **Handbook of industrial drying**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 1280p.

MULLER, H.G.; TOBIN, G. **Nutricion y ciência de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1996. p.193-203.

O'LEARY, M.; HANSON, B.; SMITH, C.H. Variation of the apparent viscosity of thickened drinks. **International Journal of Language & Communication Disorders**, v.46, n.1, p.17-29, 2011.

OMOBUWAJO, T.O.; BUSARI, O.T, OSEMWEGIE, A.A. Thermal agglomeration of chocolate drink powder. **Journal of Food Engineering**, v.46, n.2, p.73-81, 2000.

PADILHA, A.F.; AMBROZIO FILHO, F. **Técnicas de análise microestrutural**. São Paulo: Hemus, 1992. 190p.

PERNENKIL, L.; COONEY, C.L. A review on the continuous blending of powders. **Chemical Engineering Science**, v.61, n.2, p.720-742, 2006.

RENNIE, P.R.; CHEN, X.D.; HARGREAVES, C.; MACKERETH, A.R. A study of the cohesion of dairy powders. **Journal of Food Engineering**, v.39, p.277-284, 1999.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia, Edgard Blucher, 2004. 184p.

SÁSKA, Z.; DREDÁN, J.; BALOGH, E.; LUHN, O.; SHAFIR, G.; ANTAL, I. Effect of isomalt as novel binding agent on compressibility of poorly compactable paracetamol evaluated by factorial design. **Powder Technology**, v.201, n.2, p.123-129, 2010.

SCHUBERT, H. Food particle technology. Part. I: Properties of particles and particulate food systems. **Journal of Food Engineering**, v.6, p.1-32, 1987.

SHAHLA, S.; CHENG, N.G.; YUSOFF, R. An overview on transesterification of natural oils and fats. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v.15, n.6, p.891-904, 2010.

SHITTU, T.A.; LAWAL, M.O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v.100, n.1, p.91-98, 2007.

SINGH, R.P.; HELDMAN, D.R. **Introduction to food engineering**. 4.ed. Amsterdam: Academic Press, 2009. 841p. (Food science and technology international series).

TAKEITI, C.Y.; KIECKBUSCH, T.G.; COLLARES-QUEIROZ, F.P. Optimization of the jet steam instantizing process of commercial maltodextrins powders. **Journal of Food Engineering**, v.86, n.3, p.444-452, 2008.

TEUNOU, E.; FITZPATRICK, J.J.; SYNNOTT E.C. Characterisation of food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, v.39, p.31-37, 1999.

TURCHIULI, C.; GIANFRANCESCO, A.; PALZER, S.; DUMOULIN, E. Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control. **Powder Technology**, v.208, n.2, p.433-440, 2011. [Papers presented to the Symposium STPMF 2009, Science and Technology of Powders and Sintered Materials].

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Bebidas: tecnología, química y microbiología**. Zaragoza: Acirbia, 1997. p.265-301.

VISSOTTO, F.Z.; MONTENEGRO, F.M.; SANTOS, J.M.; OLIEIRA, S.J.R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.666-671, 2006.

VU, T.O.; GALET, L.; FAGES, J.; OULAHNA, D. Improving the dispersion kinetics of cocoa powder by size enlargement. **Powder Technology**, v.130, n.1/3, p.400-406, 2003.

WILLIAMS, P.A. 25° Anniversary special edition of Food Hydrocolloids. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1795-1796, 2011. [Editorial].

WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O. **Gums and stabilizers for the food industry 12**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. Pag 89.

WOODRUFF, D.P.; DELCHAR, T.A. **Modern technique of surface science**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. pag 53(Cambridge solid state science series).

WU, Y.; CUI, W.; ESKIN, N.A.M.; GOFF, H.D. An investigation of four commercial galactomannans on their emulsion and rheological properties. **Food Research International**, v.42, n.8, p.1141-1146, 2009.

WU, Y.; LI, W.; CUI, W.; ESKIN, N.A.M.; GOFF, H.D. A molecular modeling approach to understand conformation–functionality relationships of galactomannans with different mannose/galactose ratios. **Food Hydrocolloids**, v.26, n.2, p.359-364, 2011. [10th International Hydrocolloids Conference].

YANNES, M.; DURÁN, L.; COSTELL, E. Effect of hydrocolloids type and concentration on flow behavior and sensory properties of milk beverages model systems. **Food Hydrocolloids**, v.16, n.6, p.605-611, 2002.

YANES, M.; DURÁN, L.; COSTELL, E. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. **Journal of Food Engineering**, v.51, n.3, p.229-234, 2002.

YOON, H.Y.; OOSTRON, M.; WERTH, C.J. Estimation of interfacial tension between organic liquid mixtures and water. **Environmental Science and Technology**, v.43, n.20, p.7754-7761, 2009.

ZBICINSKI, I.; STRUMILLO, C.; DELAG, A. Drying kinetics and particle residence time in spray drying. **Drying Technology**, v.20, n.9, p.1751-1768, 2002.