

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CÂMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ

EVELIN THAIS NACANO

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E  
COLORIMÉTRICO DE CHOCOLATES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2013

EVELIN THAIS NACANO

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E  
COLORIMÉTRICO DE CHOCOLATES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Engenharia de Alimentos da Coordenação de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Charles W. I. Haminiuk.

CAMPO MOURÃO  
2013



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E COLORIMÉTRICO DE CHOCOLATES**

por

**EVELIN THAIS NACANO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 26 de Setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Charles W. I. Haminiuk

---

Evandro Bona

---

Alberto Cavalcanti

---

**Nota:** O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na coordenação de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão.

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso aos meus queridos e amados pais, Cleusa e José Luiz, a minha amada irmã, Narumy, ao meu amor, Rafael e nosso filho, Eric por todo apoio e amor incondicional durante toda a minha graduação.

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de aproveitar a oportunidade e expressar meus sinceros agradecimentos a esses familiares, amigos e profissionais:

- Ao Professor Dr. Charles Windson Isidoro Haminiuk, pela sua orientação, supervisão, paciência, e a oportunidade de realizar este trabalho com ele, em um momento único e tão particular que passei. Muito obrigado!
- À Professora Karla Silva, pela paciência, compreensão, conselhos e incentivos durante a graduação. Muito obrigado professora por me ouvir e me amparar.
- À Professora Mirela Vanin dos Santos Lima, pela flexibilidade, amparo, e direcionamento, e por ser minha orientadora de estágio. Muito obrigado.
- À minha amiga Thaisa Carvalho Volpe, companheira de graduação e amiga para uma vida inteira, por todo amparo com questões acadêmicas, horas de boas conversas e amizade. Muito obrigado.
- Aos meus colegas Tauã de Oliveira e Eloisa Dias por cederem e dedicarem tempo durante as análises, fosse para manuseio de equipamento ou compreensão da técnica, foi um prazer trabalhar com vocês, muito obrigado.
- Ao meu pai, José Luiz, que me custeou a vida e a graduação inteira, confiando em meu rendimento e progresso, me proporcionando bom exemplo, amor e carinho, muito obrigado, pai.
- À minha mãe, Cleusa, que foi a pessoa que mais me incentivou a continuar este curso em momentos particulares, quando pensei em desistir. Ao ficar cuidando de meu filho para eu realizar provas e prosseguir com as aulas e análises deste trabalho.
- Ao meu filho, Eric, que nasceu no andamento da graduação, que teve sua mãe dividindo tempo para correr com as análises e escrita deste trabalho, e por ser a minha fonte infinita de força. Muito obrigado meu filho.

- À Deus, por estar sempre em primeiro lugar, agindo sobre minha vida, me sujeitando a provas e recompensas. Obrigado, Senhor, pela chance de chegar até aqui e concretizar mais esta etapa da minha vida.
- À todos que indiretamente contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

NACANO, E. T. **Avaliação do comportamento reológico e colorimétrico de chocolates**. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

O chocolate é um produto conhecido mundialmente e sua produção varia de acordo com a cultura local e preferência de seus consumidores. O estudo do comportamento reológico e colorimétrico é imprescindível para que se obtenha eficiência nos processos de dimensionamento, redução de gastos com formulações e elaboração do produto. Desta forma, este trabalho objetivou estudar e avaliar os parâmetros reológicos e colorimétricos de chocolates comerciais ao leite e meio-amargo, comercializados em Campo Mourão - Paraná, com finalidade de observar tais comportamentos nos produtos acabados e de maior saída aos consumidores. A análise reológica foi realizada em um reômetro Brookfield LVDV III, fazendo uma curva crescente de  $0,01$  a  $35 \text{ s}^{-1}$  e decrescente de  $35$  a  $0,01 \text{ s}^{-1}$ , em duplicata, sendo que para cada curva obteve-se dez pontos de tensão de cisalhamento *versus* taxa de cisalhamento, totalizando vinte pontos. O comportamento reológico foi analisado de acordo com o Modelo reológico da Lei da Potência pelo *software* ORIGIN 7.0 (*OriginLab Corporation, Ma, USA*), onde o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi analisado para verificar a qualidade do ajuste dos resultados no modelo utilizado. Os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo lei da potência (altos valores de  $R^2$ ). As amostras de chocolates apresentaram um comportamento não-newtoniano pseudoplástico. Através da análise de tixotropia, foi possível verificar que as amostras de chocolate possuem histerese quando cisalhadas. Para as análises colorimétricas, os parâmetros luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade do verde ao vermelho ( $a^*$ ) e do azul ao amarelo ( $b^*$ ) foram lidos pelo colorímetro portátil Hunterlab Miniscan XE Plus em triplicatas, em três pontos distintos dos tabletes das amostras. Extraiu-se os valores médios dos resultados e o desvio padrão de cada parâmetro, onde verificou-se que para a luminosidade ( $L^*$ ) os valores obtidos estão mais próximos da zona escura (preto) do que da zona clara, pois na escala de zero a 100, o parâmetro  $L^*$  atingiu valores menores que cinquenta, sendo caracterizado escuro. Para os parâmetros de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , os valores obtidos foram positivos estando nas regiões do vermelho e amarelo, originando na coloração marrom característica do chocolate.

**Palavras-Chaves:** chocolate, reologia, tixotropia, colorimetria.

## ABSTRACT

NACANO, E. T. **Evaluation rheological and colorimetric behavior of chocolates.** 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

Chocolate is a product known worldwide and its production varies according to the local culture and preference of its consumers. The study of the rheological behavior and colorimetric assay is essential to get efficiency in processes of dimensioning, reduction of expenses with formulations and preparation of the product. In This way, this work aimed to study and evaluate the parameters and rheological additives and colorimetric commercial chocolate milk and half-bitter, marketed in Campo Mourão - Parana, with purpose to observe these behaviors in finished products and greater output to consumers. The rheological analysis was performed in a reometer Brookfield LVDV III, causing a growing curve from 0.01 to 35 s<sup>-1</sup> and decreasing from 35 to 0.01 s<sup>-1</sup>, in duplicate, that for each curve was obtained ten points of shearing tension versus shear rate, totaling 20 points. The rheological behavior was analyzed according to the Model of rheological Law of Power by software ORIGIN 7.0 (OriginLab Corporation, Ma, USA), where the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) was analyzed to check the quality of the fit of the results in the model used. The experimental data adjusted well to the model law of power (high values of R<sup>2</sup>). The samples of chocolates presented a behavior non-newtonian pseudoplastic behavior. Through the analysis of thixotropy, it was possible to verify that the samples of chocolate have hysteresis when shear. For the analyzes, the colorimetric parameters brightness (L\*) and chromaticity from green to red (a\*) and from blue to yellow (b\*) were scanned by portable colorimeter Hunterlab Miniscan XE Plus in triplicate, in three distinct points of slabs of samples. It was extracted the mean values of the results and the standard deviation of each parameter, where it was found that for the brightness (L\*) values obtained are closer to the dark zone (black) from that of the clear zone, because on a scale of zero to 100, the parameter L\* reached values smaller than 50, being characterized dark. For the parameters of chromaticity a\* and b\*, the values obtained were positive while in regions of red and yellow, resulting in brown coloring characteristic of chocolate.

**keywords** : chocolate , rheology , thixotropy , colorimetry .

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cacaueiro, seus frutos e sementes in natura e secos.....	14
Figura 2 - Fluxograma para obtenção de produtos do cacau, como o chocolate. ....	18
Figura 3 - Curvas de fluxo para fluidos não-newtonianos.....	22
Figura 4 - Espaço CIELAB psicrométrico das coordenadas luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ).....	27
Figura 5 - Exemplo de curva de fluxo .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Diferenças entre os tipos de chocolates mais comercializados.....	15
Tabela 2 – Modelos Reológicos. ....	23
Tabela 3 - Amostras de chocolates adquiridas.....	29
Tabela 4 - Ingredientes das amostras de chocolate ao leite. ....	30
Tabela 5 - Ingredientes das amostras de chocolate meio amargo .....	31
Tabela 6 - Parâmetros reológicos do modelo da Lei da Potência para as amostras de chocolates. ....	34
Tabela 7 - Valores encontrados para tixotropia das amostras de chocolates analisadas. ....	37
Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros luminosidade (L*) e cromaticidade (a*) e (b*), croma (C*) e tonalidade cromática (h°).....	39
Tabela 9 - Diferença total da cor da amostra em relação a amostra 2. ....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

$\Delta a$	–	Diferença da cromaticidade ( $a^*$ ) da amostra e padrão
$\Delta b$	–	Diferença da cromaticidade ( $b^*$ ) da amostra e padrão
$\Delta E$	–	Diferença total da cor amostra e a padrão
$\Delta L$	–	Diferença da luminosidade ( $L^*$ ) da amostra e padrão
A	–	Parâmetro reológico
$a^*$	–	Cromaticidade vermelho (+) ao verde (-)
B	–	Parâmetro reológico taxa de queda da estrutura
$b^*$	–	Cromaticidade amarelo (+) ao azul (-)
$C^*$	–	Croma, saturação
E	–	Energia de ativação para viscosidade (J/mol)
E1	–	Lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoléico
E2	–	Lecitina de soja e polirricinoleato de poliglicerol
E3	–	Lecitina de soja e ésteres de poliglicerol
E5	–	Lecitina de soja e ricinoleato de glicerina
$h^\circ$	–	Tonalidade cromática
K	–	Índice de consistência ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ )
k	–	Parâmetro de ajuste
$L^*$	–	Luminosidade branco (+) ao preto (-)
n	–	Índice de comportamento (adimensional)
$O^*$	–	Sódio e aromatizantes
O1	–	Amido de milho, glicose e sódio
R	–	Constante universal dos gases (1,987 cal/mol.K)
$R^2$	–	Coefficiente de determinação
T	–	Temperatura absoluta (K)
t	–	Tempo
T2	–	Traços de amêndoas, amendoim, avelã, castanha de caju, castanha do Pará e nozes
T3	–	Traços de castanha de caju, e ovo em pó
T4	–	Traços de amêndoas, avelã, castanha de caju, ovo, soja e trigo

T5	–	Traços de castanha de caju e amendoim
$\eta_p$	–	Viscosidade plástica (Pa.s)
$\tau_0$	–	Limite de escoamento (Pa)
$\gamma$	–	Taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ )
$\eta$	–	Viscosidade (Pa.s)
$\eta_{ap}$	–	Viscosidade aparente (Pa.s)
$\mu$	–	Viscosidade absoluta (Pa.s)
$\tau$	–	Tensão de cisalhamento (Pa)
$\mu m$	–	Micrometro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1 CHOCOLATE .....	14
3.2 HISTÓRICO DO CHOCOLATE .....	15
3.3 LEGISLAÇÃO.....	16
3.3 PROCESSAMENTO DO CHOCOLATE .....	17
3.3.1 Refinação .....	18
3.3.2 Conchagem .....	18
3.3.3 Temperagem .....	19
3.4 REOLOGIA.....	20
3.4.1 Modelos Reológicos .....	23
3.5 COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO CHOCOLATE.....	24
3.6 COLORIMETRIA .....	26
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO .....	29
4.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS .....	29
4.3 ANÁLISE REOLÓGICA .....	31
4.4 ANÁLISE COLORIMÉTRICA .....	32
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	32
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
5.1 ANÁLISE REOLÓGICA .....	34
5.1.1 Tixotropia.....	37
5.2 ANALISE COLORIMÉTRICA .....	38
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O chocolate é definido, de acordo com Beckett (2008), como uma suspensão semi-sólida de partículas sólidas não gordurosas (açúcar e cacau), com aproximadamente 70% em uma fase gordurosa contínua, representada pela manteiga de cacau (GONÇALVES; LANNES, 2011). Possuindo textura em temperatura ambiente (20-25°C) sólida, porém ao ser submetido ao paladar, reage à temperatura corporal (~37°C) e funde-se, resultando num produto altamente viscoso (LANNES; MEDEIROS; AMARAL, 2002).

Para prever as características de processamento e de escoamento, como dimensionamento de tubulações e bombas, é fundamental conhecer o comportamento reológico dos chocolates (SCHUMACHER, 2009). De acordo com Alvarado & Aguilera (2001) as propriedades reológicas são utilizadas no controle de qualidade, avaliação da textura, projetos de controle de processos e determinação da estrutura do alimento, incluindo mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento. Assim, a reologia desempenha papel fundamental na área da ciência de alimentos, onde as propriedades texturiais perceptíveis ao paladar do consumidor são basicamente reológicas na natureza, como por exemplo: cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza (HAMINUK, 2007; MCCLEMENTS, 2007).

Vários fatores afetam o comportamento reológico dos alimentos, destacando-se a temperatura (VITALI; RAO, 1984), sólidos solúveis (HERNANDEZ et al., 1995) e o tamanho das partículas (AHMED et al., 2004), onde a formulação deverá fornecer ao produto propriedades ótimas de fluidez para a transformação do produto final, por isso o tamanho das partículas influencia tanto o limite de escoamento quanto a viscosidade plástica.

Para Nebesky & Zyzelewicz (2005) a viscosidade é o que mais influencia o chocolate, sendo o principal parâmetro a ser avaliado pela reologia, pois está relacionada desde o processo de fabricação, ao tamanho das partículas, influenciando diretamente sabor e textura.

A viscosidade descreve, basicamente, o aspecto de qualidade do produto. Adaptações ainda na etapa produtiva podem ser feitas para manipular, e atingir

características sensoriais desejadas, desta forma, a reologia é o principal instrumento para realização desses ajustes (GONÇALVES; LANNES, 2011).

Para que se obtenham atributos reológicos bem definidos, deve ocorrer durante o processamento uma perfeita harmonização dos ingredientes (JOVANOVIC et al., 1995). A adição de agentes emulsificantes como auxílio na harmonização, resulta em maior qualidade no produto final (AFOAKWA et. al., 2007), devido o intuito de reduzir custos, como o consumo de manteiga de cacau, por exemplo, sua utilização entre outras fontes de gordura tornou-se uma alternativa aos fabricantes (CITERNE et. al, 2001).

O chocolate possui, ainda, um comportamento tixotrópico, caracterizado pela diminuição da viscosidade pelo tempo (SCHUMACHER, 2009). É comum em todos os alimentos, geralmente emulsões e suspensões, em seu estágio final ou vida de prateleira, apresentarem uma variação na viscosidade com o tempo. Essa característica diz muito sobre a qualidade final do produto, e dentro do processo (PETRI, 2000).

A aceitabilidade de um alimento é consequência, em primeiro lugar, de sua aparência, tornando a cor o principal fator de preferência pelo consumidor (VENDRUSCULO, 2005). Pigmentos naturais, ou corantes sintéticos adicionados durante o processo irão resultar na cor final do produto.

Assim, define-se por cor o efeito das ondas de luz refletidas ou absorvidas pelos objetos (ALVARADO & AGUILERA, 2001). Podendo ser expressa por diversos sistemas de interpretações. No entanto, o presente trabalho estudou o sistema CIELAB, que se baseia na teoria de percepção de cores opostas e estabelece que uma cor não pode ser verde e vermelha ou amarela e azul ao mesmo tempo. A linguagem CIELAB nos dá a diferença de cor calculada pelo uso das escalas de cores oponentes  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .

O estudo da cor em chocolates traz melhoria de sabor e maior satisfação do cliente, entretanto, os processadores de alimentos são limitados a ajuste de cor somente para o produto final, fazendo que se atentem apenas às cores dos ingredientes e as mudanças no processo. O controle dessa variável é imprescindível à qualidade do produto e aceitação sensorial.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar as características reológicas, e os parâmetros colorimétricos de chocolates ao leite e meio amargo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterização do comportamento reológico das amostras de chocolates em diferentes temperaturas;
- Ajuste matemático pelo modelo da Lei da Potência dos dados reológicos de tensão e taxa de cisalhamento;
- Avaliação da tixotropia (histerese) das amostras de chocolates;
- Estudo dos parâmetros colorimétricos: luminosidade ( $L^*$ ), e cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ );
- Análise estatística dos dados.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CHOCOLATE

Oriundo do cacaeiro, o chocolate é o principal produto obtido desta árvore, onde utiliza massa de cacau ou pó de cacau, manteiga de cacau, e outros ingredientes como: leite, açúcar, emulsificantes e aromatizantes (CHEVALLEY, 1994). A Figura 1 apresenta o cacaeiro, seu fruto e sementes e, ainda, o fruto seco pronto para ter suas amêndoas torradas.



**Figura 1 - Cacaeiro, seus frutos e sementes in natura e secos.**

**Fonte: (LEITE, 2012).**

De acordo com COHEN et al. (2004), o Brasil se tornou o quinto maior produtor de chocolate, ficando atrás dos Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido e França.

A variedade de chocolate atualmente é grande, sendo característico de cada empresa, acompanhar as tendências culturais e satisfação do consumidor, variando os tipos de chocolates fabricados. No entanto, os chocolates tradicionais e mais consumidos são: chocolate ao leite, meio amargo, amargo e branco, como pode ser visto através da Tabela 1.

**Tabela 1- Diferenças entre os tipos de chocolates mais comercializados**

<b>Tipo de chocolate</b>	<b>Ingredientes utilizados</b>	<b>Teor de massa de cacau (%)</b>
Ao leite	Açúcar, massa e manteiga de cacau, leite em pó e condensado	20-39
Amargo	Massa e manteiga de cacau, pouco açúcar	56-85
Meio Amargo	Massa e manteiga de cacau, pouco açúcar	40-55
Branco	Açúcar, manteiga de cacau, leite em pó e emulsificantes	--

Fonte: (LEITE, 2012; SOUZA, 2010).

A composição nutricional do chocolate contém, em geral, cerca de 12 g de massa de cacau, 19 g de leite integral em pó, 48,5 g de açúcar, 20 g de manteiga de cacau adicionado por 100 g de chocolate (BECKETT, 2008), essa composição irá variar de acordo com a formulação de cada indústria.

O teor total de sólidos de chocolates varia de 65 a 75% dependendo da exigência do mercado, e cerca de 20% é o conteúdo do leite em pó em chocolates ao leite (AFOAKWA et al, 2008).

A utilização de chocolate em pó afeta as características sensoriais do produto final, o comportamento do processamento e as propriedades reológicas de massa de chocolate líquido (TAYLOR, 2009).

### 3.2 HISTÓRICO DO CHOCOLATE

A palavra “Chocolate”, original do latim “*Theobroma*” significa alimento divino, tendo sido descoberto por Hernando Cortez no México por volta de 1500 (MINDEL, 2010).

Não se tem datado oficialmente o descobrimento do chocolate, porém acredita-se que o chocolate era oferecido aos deuses pelos Maias, adicionado de pimenta e farinha de milho. E posteriormente, com o domínio asteca circulava apenas entre os nobres, sendo substituída a pimenta, por mel e especiarias (FUNKE, 2009).

O cacau servia de moeda de troca, entretanto, por volta de 1500, com a chegada do desbravador espanhol Hernando Cortez, os espanhóis tomaram conhecimento do chocolate líquido. Fascinado com a bebida, Hernando levou consigo, em sua volta a Espanha, sementes de cacau (MINDEL, 2000).

De acordo com Funke (2009), na Espanha foi adicionado açúcar ao chocolate, virando sensação por todo o país e chegando até Londres, e assim por toda a Europa. E em 1828, o holandês Conrad van Houtten, fabricante de chocolate, conseguiu extrair dos grãos de cacau moídos a manteiga de cacau. Entretanto o chocolate sólido só foi desenvolvido quase 20 anos depois, quando em 1847 a Fry&Sons lançou um chocolate amargo e bruto na Inglaterra.

No Brasil, a primeira fábrica de chocolates foi fundada por alemães em 1891, a chamada Neugebauer. Anos depois na Europa foi inventado o ovo de Páscoa, porém, apenas em 1975 um fabricante suíço revolucionou o mercado e criou a primeira barra de chocolate ao leite, utilizando leite fresco (MINDEL, 2000).

### 3.3 LEGISLAÇÃO

O chocolate é obtido do cacau e outros ingredientes, sendo definido de acordo com a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, em conformidade com o artigo nº 64, do Decreto-lei nº 986, de 21 de outubro de 1978, como:

“Chocolate é o produto preparado com cacau obtido por processo tecnológico adequado e açúcar, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas. Sendo o chocolate ao leite produto preparado com pasta de cacau, açúcar e leite, leite em pó evaporado ou condensado e o chocolate amargo - produto preparado com cacau, pouco açúcar adicionado ou não de leite, e o diet sendo um produto, onde se é substituída a sacarose, e utilizado agentes de corpos e edulcorantes de alta intensidade conforme previsto na legislação” (BRASIL, 1978)”.

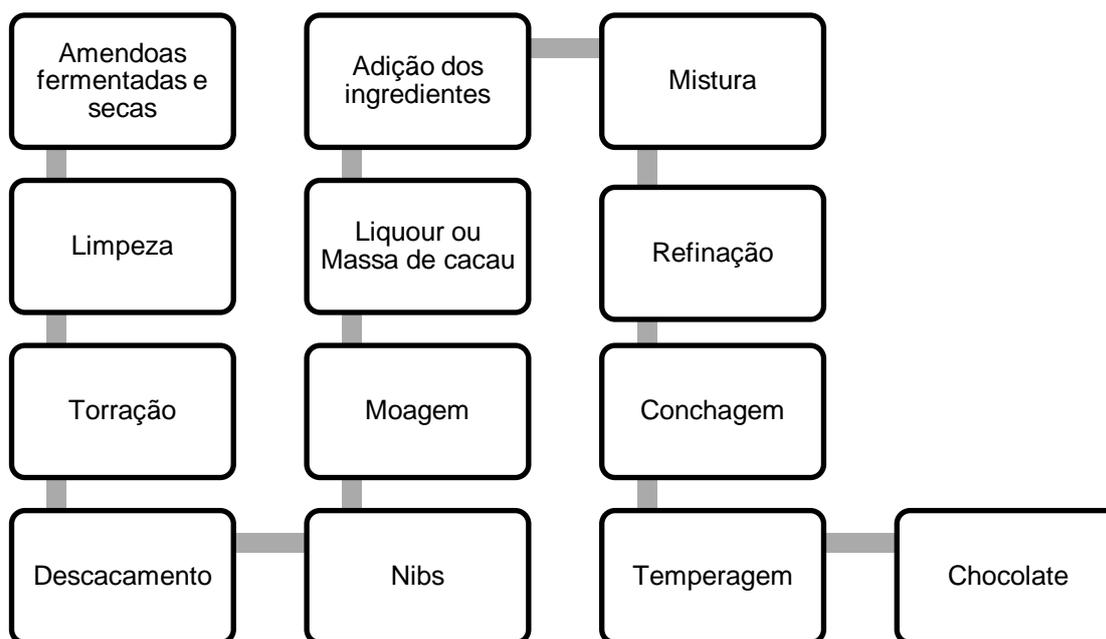
“As matérias-primas deverão estar sãs e limpas, isentas de matéria terrosa, parasitas, detritos de animais, cascas de semente de cacau, entre outros detritos vegetais. Tem-se ainda que a proporção de entrada de cacau para qualquer formulação de chocolate deverá ser de 32%. E, também o açúcar empregado deverá ser sacarose, podendo, quando necessário, em casos de formulações dietéticas, substituída parcialmente por glicose ou lactose pura. Fica proibido a adição de amidos/féculas e óleos estranhos a qualquer tipo de chocolate, bem como na manteiga de cacau” (BRASIL, 1978)”.

A composição do chocolate varia em todo o mundo devido às diferenças culturais e de legislação em relação às concentrações de cacau e sólidos do leite e as quantidades e tipos de gorduras vegetais permitidas (CARNEIRO et al, 2011).

O percentual de cada ingrediente depende da variedade e do tipo de chocolate, sendo os principais produtos comercializados o chocolate meio amargo, chocolate ao leite e branco (Tabela 1)

### 3.3 PROCESSAMENTO DO CHOCOLATE

O chocolate é obtido através da mistura da massa e manteiga de cacau e a adição de outros ingredientes específicos para o tipo de chocolate que se quer produzir. A Figura 3 representa o fluxograma do processo de obtenção do chocolate.



**Figura 2 - Fluxograma para obtenção de produtos do cacau, como o chocolate.**

**Fonte: (LEITE, 2012).**

### 3.3.1 Refinação

O refino tem por objetivo promover a redução do tamanho das partículas dos ingredientes em até 25  $\mu\text{m}$ , resultando em partículas imperceptíveis na boca durante a degustação, isto é, um produto não arenoso (LUCCAS, 2001).

### 3.3.2 Conchagem

A conchagem é um processo geralmente dividido em duas etapas: conchagem seca, quando a umidade é reduzida e a reologia melhorada; conchagem úmida, quando a lecitina é adicionada (COUNET et al, 2002).

A conchagem se constitui como a última etapa de importância na formação do sabor característico e desejável do chocolate. Leite (2012) afirma que esta etapa envolve a redução da umidade, volatilização dos ácidos graxos e aldeídos, o

desenvolvimento da textura uniforme e a mudança da cor devido à emulsificação e oxidação de taninos.

De acordo com Efraim (2009):

“A volatilização reduz o amargor e desenvolve o sabor do chocolate. As partículas sólidas, tais como o açúcar e o cacau, são revestidas com gordura, dissociadas pelo atrito tornam-se arredondadas. O envolvimento das partículas sólidas pela manteiga de cacau associado ao cisalhamento e movimentação da massa de chocolate contribuirá para melhorar a textura do chocolate, que exerce grande influência ao sabor do produto.”

Para que a conchagem seja efetiva são necessários o cisalhamento, a agitação e o aquecimento da massa entre 50 e 70°C, dependendo do tipo de chocolate desejado (ao leite ou amargo). Quanto maior for o tempo de conchagem, maior será a formação do sabor desejável do chocolate (AFOAKWA et al, 2007).

### 3.3.3 Temperagem

Segundo Leite (2012) agitação, tempo e temperatura de cristalização são os parâmetros do desta etapa. A velocidade de agitação deve proporcionar boa transferência de calor e massa no produto, já o tempo de cristalização deve ser suficiente para que ocorra a formação e o amadurecimento de cristais estáveis.

A temperatura é essencial no processo, trata-se da força propulsora de cristalização. Para cada formulação de chocolate deve ser elaborada uma diferente temperagem, devendo-se ajustar os parâmetros do processo, de modo a obter produtos de boa qualidade (COHEN et. al, 2004).

O processo inicia-se com a fusão completa da fase gordurosa do chocolate em 40-50°C. Posteriormente é realizado resfriamento controlado para 28-29°C, sob agitação, a fim de induzir à cristalização da gordura, seguido de aquecimento a 30-32°C a fim de derreter os cristais instáveis, em contrapartida formando novos cristais estáveis (BRIGGS; WANG; 2004).

Segundo Quast et. al. (2008), a taxa de resfriamento deve ser próxima a 2,0°C/min, pois o chocolate temperado será depositado em moldes, onde será resfriado a aproximadamente 18°C, para desenvolver os cristais e formar uma massa quebradiça, brilhante, estável e homogênea.

A temperagem irá influenciar as características de qualidade do produto final como dureza e quebra à temperatura ambiente (*snap*), completa fusão na boca, brilho, e o ímpar desprendimento de aroma e sabor na degustação (QUAST et. al, 2008; LEITE, 2012).

Ao fim desse processo, é utilizada uma mesa vibratória com finalidade de retirar bolhas de ar da massa antes que a mesma resfrie e forme espaços vazios no produto final.

### 3.4 REOLOGIA

O termo reologia foi criado como derivação do termo grego “rheos” que significa fluir. (EGAWA, 2007). A reologia pode ser definida como a ciência que estuda a deformação e o fluxo da matéria (GUNASEKARAN; MEHAMET, 2003).

De acordo com Castro (2007), tem por finalidade prever a força necessária para causar uma deformação ou escoamento em um corpo ou prever a deformação ou o escoamento resultante da aplicação de um dado sistema de forças em um corpo, que podem ser compressão, tração ou cisalhamento.

Segundo Steffe (1996):

“Seu estudo é fundamental no desenvolvimento, fabricação e processamento de produtos alimentícios, permitindo que haja uma completa caracterização do material, pois é possível controlar a qualidade do produto final, determinar a vida de prateleira, fazer avaliações de textura, e o principal: estimar características de projeto e dimensionamento de equipamentos, otimizando processos com reduções de custos e melhoria na eficiência.”

A reologia abrange diferentes propriedades associadas à deformação da matéria (VRIESMANN, 2008). A principal é a viscosidade, que consiste na capacidade de um líquido resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento).

Para Vriesman (2008), a viscosidade do fluido não é uma propriedade que pode ser medida diretamente, portanto a força, o torque e a rotação a que o fluido está submetido é que fornecem o valor da viscosidade e essa pode ser determinada através de equipamentos conhecidos como viscosímetros ou reômetros.

Os resultados podem ser usados para aperfeiçoar a qualidade de um produto e para prever o impacto de uma formulação específica de um produto num processo industrial. E também para estudar as diferentes propriedades dos materiais como: estabilidade, consistência, temperatura de fusão, temperatura de endurecimento, estabilidade a tensões e peso molecular (MÜLLER, 1973).

O comportamento dos fluidos está dividido em newtonianos e não-newtonianos. Sendo os newtonianos caracterizados por uma relação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento aplicada, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido (SCHUMACHER, 2009).

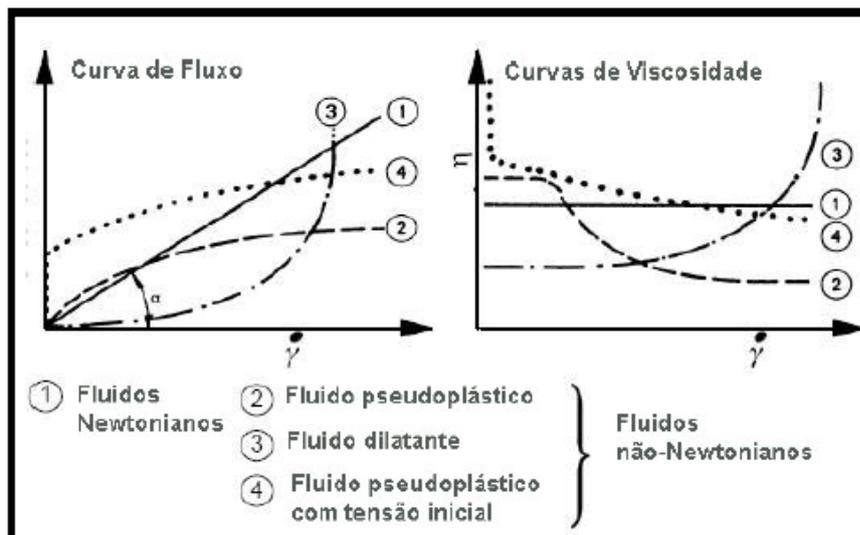
A Equação 1 descreve matematicamente a viscosidade dos fluidos newtonianos:

$$\mu = \tau/\gamma \quad (1)$$

Onde:  $\mu$  = viscosidade absoluta (Pa.s);  $\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa); e  $\gamma$  = taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ).

O fluido-newtoniano é o fluido cuja viscosidade é invariável quando a temperatura é constante (HAMINIUK, 2007). Já fluidos não-newtonianos tem uma viscosidade que pode variar com a mudança da taxa de cisalhamento ou a tensão de cisalhamento para as diversas formas de fluidos (CASTRO, 2007).

Para fluidos não-newtonianos o termo viscosidade ( $\mu$ ) é substituído por viscosidade aparente ( $\eta_{ap}$ ). Estes comportamentos podem ser melhores entendidos observando-se a Figura 4.



**Figura 3 - Curvas de fluxo para fluidos não-newtonianos.**

Fonte: (HAMINIUK, 2007; SCHARAMM, 2000).

Para os fluidos newtonianos (Figura 1 – linha 1) a relação existente entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento resulta numa constante, isto é, tem-se que a viscosidade é constante. O mesmo não se pode afirmar para os fluidos não-newtonianos (demais linhas – 2,3 e 4).

A curva referente ao fluido pseudoplástico, tem-se que a viscosidade aparente diminui com a taxa de cisalhamento e o índice de comportamento ( $n$ ) está entre zero e um ( $0 < n < 1$ ). Emulsões, suspensões e dispersões são exemplos (HAMINIUK, 2005).

Por outro lado, no fenômeno caracterizado pela dilatância onde ( $n > 1$ ), a viscosidade aumenta com a taxa de cisalhamento. Mel e suspensões de amido são dois exemplos (STEFFE, 1996).

Os materiais não-newtonianos podem ser classificados em dois grupos, segundo Egawa (2007):

- Independentes do tempo: os fluidos dilatantes, pseudoplásticos, plásticos e plásticos de Bingham. De acordo com McClements (2007), o fluido de Bingham se comporta como sólido em condições estáticas. Deve ser aplicada uma tensão inicial antes que o fluxo seja induzido. Alguns exemplos são: molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina (HAMINIUK, 2005).

A maioria dos alimentos se enquadra nessa classificação, incluindo o chocolate. A caracterização reológica desses fluidos é complicada.

Entretanto, segundo Steffe (1996), utilizando a reologia oscilatória, que é uma ferramenta valiosa para compreender as propriedades estruturais e dinâmicas, é possível quantificar as propriedades viscosas e elásticas de um material em diferentes escalas temporais.

- Dependentes do tempo: dividem-se em dois grupos: tixotrópicos e reopéxicos. Segundo Viana (2010) a tixotropia ocorre quando o valor da viscosidade diminui com o aumento da concentração, e é caracterizada como uma consequência da agregação das partículas em suspensão, onde a interação entre partículas é um resultado da atração pela ação de forças de van der Waals, bem como de repulsão resultante a efeitos eletrostáticos e estéricos.

### 3.4.1 Modelos Reológicos

A Tabela 2 apresenta os modelos reológicos mais utilizados para fluidos pseudoplásticos.

**Tabela 2 – Modelos Reológicos.**

<b>Modelo</b>	<b>Viscosidade</b>	<b>Tensão</b>
Bingham	$\eta = \eta_p + \tau_0/\dot{\gamma}$	$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}$
Casson	$\eta = \sqrt[n]{(\tau_0/\dot{\gamma})^n + (\eta_p)^n}$	$\tau^{0,5} = \tau_0^{0,5} + K(\dot{\gamma})^{0,5}$
Oswald de Weale / Lei da Potência	$\eta = K\dot{\gamma}^{n-1}$	$\tau = K\dot{\gamma}^n$
Herschel-Bulkley	$\eta = \tau_0/\dot{\gamma} + K\dot{\gamma}^{n-1}$	$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$
Weltman	-	$\tau = A - B \log(t)$
Arrhenius	$\eta = k e^{\frac{E}{RT}}$	-

Onde:  $\eta$  = viscosidade (Pa.s); K = índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>); n = índice de comportamento (adimensional);  $\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa);  $\dot{\gamma}$  = taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);  $\eta_p$  = viscosidade plástica;  $\tau_0$  = limite de escoamento; A = parametro reológico semelhante a ; B = parametro reológico que mede a taxa de queda da estrutura; t = tempo; k = parametro de ajuste; E = energia de ativação para viscosidade (J/mol); R = constante universal dos gases (1,987 cal/mol.K); T = temperatura absoluta (K).

**Fonte: (MATHIAS et. al, 2013).**

Haminiuk (2007) cita que os modelos reológicos mais comumente utilizados são os modelos Lei da Potência (Ostwald-De-Walle), Casson e Bingham de dois parâmetros e Herschel-Bulkley de três parâmetros, pois a maioria dos fluidos alimentícios exibe comportamento pseudoplástico podendo ser descrito pelo modelo da Lei da Potência.

$$\tau = K\gamma^n \quad (2)$$

ou

$$\log_{10} \tau = \log_{10} K + \log_{10} \gamma \quad (3)$$

onde  $\tau$  é a tensão de cisalhamento (Pa),  $\gamma$  é a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ), K é o coeficiente de consistência ( $Pa.s^n$ ) e n é o índice de comportamento (adimensional), (Haminiuk *et al.*, 2006).

Ao dividir-se a equação 2 pela equação 3, tem-se que:

$$\eta_{ap} = K/\gamma + n \quad (4)$$

A equação 4 governa a viscosidade aparente dos fluidos pseudoplásticos, onde a mesma diminui à medida que aumenta a taxa de cisalhamento. pseudoplástico ideal.

A escolha do modelo matemático que melhor se adapte ao estudo e gere resultados desejados é primordial, pois o modelo matemático reológico conseguirá tornar os parâmetros reológicos em expressões mensuráveis.

### 3.5 COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO CHOCOLATE

A reologia num sistema disperso é determinada por sua microestrutura. Em chocolates, a contribuição para reologia provê da fase contínua, incluindo componentes solúveis e insolúveis nessa fase (GONÇALVES; LANNES, 2008).

Segundo Tscheuschner e Wünsche (1979):

“A massa de chocolate é processada fluida, sendo um sistema disperso, onde a fase contínua é, principalmente, a manteiga de cacau, e a fase dispersa são partículas insolúveis de cacau e cristais de açúcar no chocolate escuro e, adicionalmente, proteínas, açúcar e minerais no chocolate ao leite. Certamente, esta massa é o componente mais importante do chocolate, exercendo grande influência nas características reológicas do produto”.

Para Afoakwa (2008) chocolates com alta viscosidade apresentam palatabilidade pastosa e maior tempo de fusão. Sendo assim, sugere-se uma relação à distribuição do tamanho de partículas, composição e processamento.

Fatores como o conteúdo de gordura, distribuição do tamanho de partícula, teor de umidade, emulsificantes, tempo de conchagem e temperatura afetam as propriedades reológicas e o custo da produção de chocolates, apontando o estudo reológico para aperfeiçoamento de processo e predizer medidas de aplicação para melhoria do produto final.

O chocolate fundido é um fluido não-newtoniano com tensão de cisalhamento inicial (*yield stress* ou *yield value*), tratando-se de um fluido pseudoplástico, e podendo ser expresso como um número sendo descrito por modelos matemáticos, como o de Casson, Herschel-Bulkley, Bingham e Lei da Potência (AFOAKWA et. al, 2009).

Esses modelos são usados para fluidos que só iniciam o processo de escoamento quando a tensão de cisalhamento aplicada supera uma tensão inicial que é própria de cada material (VIDAL, 2000). A tensão de cisalhamento do chocolate aumenta ao longo do tempo de preparo, podendo diferir com a composição do chocolate, sendo importante manter a temperatura constante durante o ensaio reológico (BARNES et. al, 1994).

A tensão de cisalhamento inicial irá corresponder à mínima quantidade de força necessária para produzir o escoamento do chocolate. Já a viscosidade plástica descreverá as características de fluxo após o início e durante o escoamento do chocolate (LANNES, MEDEIROS, AMARAL, 2002).

Segundo RAO e STEFFE (1992):

“A reologia de chocolates é avaliada durante o processamento e envolve dois parâmetros: tensão inicial e viscosidade aparente. A tensão inicial é uma propriedade material que corresponde a transição entre comportamentos pseudo-sólidos e pseudo-líquidos ou transição de deformações elásticas para viscosas. Já a viscosidade plástica, determina as características de bombeamento, preenchimento ou recobrimento de superfícies e características sensoriais”.

### 3.6 COLORIMETRIA

A cor é o parâmetro primordial para aceitação do consumidor para os produtos. Por isso sua análise e controle é fundamental dentro da indústria de produtos alimentícios.

Contudo, a determinação da cor realizada pelas indústrias, muitas vezes não é feita devido ao custo elevado de equipamentos. A não uniformidade dos produtos, exigindo maior trabalho, o que muitas vezes não irá representar a amostra de maneira adequada (OLIVEIRA et. al,2003).

A cor é definida como uma percepção visual quando submetida a reflexão da luz com um objeto. Através do espaço CIELAB psicométrico, a cor é descrita por um diagrama tridimensional, dado por coordenadas retangulares, denominados parâmetros luminosidade ( $L^*$ ) (indo do branco (+) ao preto (-)), componente de cromaticidade ( $a^*$ ) (indo do vermelho (+) ao verde (-)) e componente de cromaticidade ( $b^*$ ) (indo do amarelo (+) ao azul (-)), e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço, croma, ou saturação ( $C^*$ ) e tonalidade cromática ( $h^\circ$ ) (ABNT, 1992; LAWLESS; HEYMANN, 1998).

Em chocolates, a cor é uma das principais características para definição da qualidade, tendo se mostrado decisiva na aceitação ou rejeição pelos consumidores, pois está diretamente ligada as proporções de matérias-primas, como o cacau e a manteiga de cacau, utilizados (CALVO; SALVADOR, 2000) bem como referência às condições de armazenamento e validade, servindo de auxílio a percepção do consumidor em relação a textura, o odor, sabor, entre outros atributos de aparência (CARDOSO et al., 1999).

A Figura 5 apresenta o significado geométrico das coordenadas.

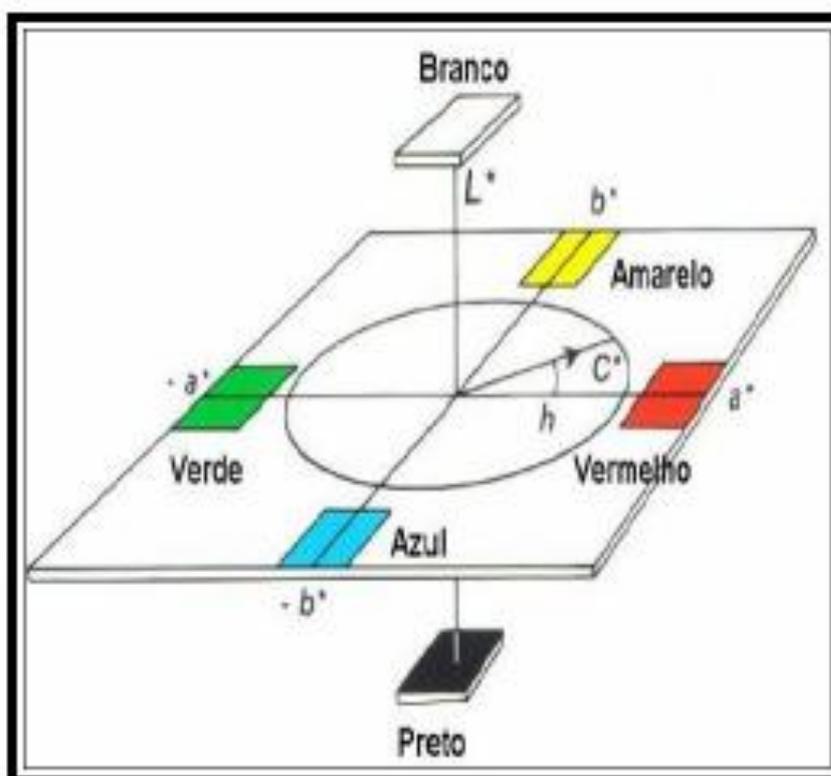


Figura 4 - Espaço CIELAB psicrométrico das coordenadas luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ).

Fonte: (HAMINUK, 2007; HUNTER LAB, 2013).

Para obter os parâmetros Cromo ( $H^*$ ) e tonalidade cromática ( $h^\circ$ ), as equações a seguir devem ser efetuadas.

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (5)$$

$$h^\circ = a^*/b^* \quad (6)$$

A fim de avaliar a diferença total da cor da amostra em relação ao padrão, calcula-se o  $\Delta E$ , cujo valor representa um dos métodos existentes para aprovação ou reprovação de cores, e pode ser calculado de acordo com a Equação 7.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (7)$$

Onde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  consistem na diferença entre os valores das amostras para luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ), respectivamente, e os valores padrão para os mesmos parâmetros.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo foi desenvolvido com o apoio do laboratório C003 do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Campo Mourão.

### 4.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Foram selecionadas cinco marcas de chocolates encontradas na cidade de Campo Mourão – PR, e adquiridas na forma de compra para consumo (Tabela 3). Trabalhou-se com um tablete de chocolate ao leite e outro de meio-amargo, para cada marca. Devido à forma de aquisição as amostras foram de datas de fabricações e lotes diferentes.

**Tabela 3 - Amostras de chocolates adquiridas.**

Marcas	Teor de massa de cacau (%)		Massa (*) (g)
	Ao Leite	Meio Amargo	
1	**	53	160
2	**	**	150
3	**	41	130
4	**	43	170
5	**	**	170

\*Massa em gramas por cada barra.

\*\*Marcas que não informam na embalagem o teor de cacau que o produto contém.

Objetivou-se trabalhar com amostras de chocolates em tabletes comerciais a fim de obter-se matéria-prima padronizada e diminuir possíveis interferentes relacionados ao tamanho das partículas em produção em escala-piloto.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, foi possível trabalhar-se com seis marcas distintas de chocolates em tabletes, sendo adquiridos tabletes tanto ao leite como meio-amargo. Nota-se que o teor em massa de cacau dos tabletes de algumas empresas não é informado nos rótulos.

Através da rotulação, foi possível elaborar uma tabela, onde verifica-se os ingredientes utilizados na elaboração de cada produto. A Tabela 4 apresenta a formulação informada nos rótulos das amostras ao leite.

**Tabela 4 - Ingredientes das amostras de chocolate ao leite.**

Ingredientes	Marcas				
	Arcor	Garoto	Hersheys	Lacta	Nestlé
Açúcar	X	X	X	X	X
Cacau/Massa de Cacau	X	X	X	X	X
Manteiga de Cacau	X	X	X	X	X
Leite em pó desnatado				X	
Leite em pó integral	X	X	X	X	X
Gordura anidra do leite			X		
Gordura vegetal	X	X		X	X
Gordura de manteiga desidratada				X	
Soro de leite em pó	X	X	X		X
Emulsificantes	E1	E2	E3	E2	E5
“Traços”		T2	T2	T4	T5
Outros	O1	O*	O*	O*	O*

Onde: E1=lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoléico; E2=lecitina de soja e polirricinoleato de poliglicerol; E3=lecitina de soja e ésteres de poliglicerol; E5=lecitina de soja e ricinoleato de glicerina. T2=amêndoas, amendoim, avelã, castanha de caju, castanha do Pará e nozes; T3=castanha de caju, e ovo em pó; T4=amêndoas, avelã, castanha de caju, ovo, soja e trigo\*; T5=castanha de caju e amendoim. O1=amido de milho, glicose e sódio; O\*=sódio e aromatizantes.

A Tabela 5 apresenta os ingredientes informados nos rótulos das amostras de chocolates meio amargo.

**Tabela 5 - Ingredientes das amostras de chocolate meio amargo**

Ingredientes	Marcas				
	Arcor	Garoto	Hersheys	Lacta	Nestlé
Açúcar	X	X	X	X	X
Cacau/Massa de Cacau	X	X	X	X	X
Manteiga de Cacau	X	X	X	X	
Leite em pó desnatado					
Leite em pó integral	X		X	X	X
Gordura anidra do leite					
Gordura vegetal	X	X		X	X
Gordura de manteiga desidratada					
Soro de leite em pó			X		
Emulsificantes	E1	E2	E3	E2	E5
“Traços”		T2	T2	T4	T5
Outros	O1	O*	O*	O*	O*

Onde: E1=lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoléico; E2=lecitina de soja e polirricinoleato de poliglicerol; E3=lecitina de soja e ésteres de poliglicerol; E5=lecitina de soja e ricinoleato de glicerina. T2=amêndoas, amendoim, avelã, castanha de caju, castanha do Pará e nozes; T3=castanha de caju, e ovo em pó; T4=amêndoas, avelã, castanha de caju, ovo, soja e trigo\*; T5=castanha de caju e amendoim. O1=amido de milho, glicose e sódio; O\*=sódio e aromatizantes.

#### 4.3 ANÁLISE REOLÓGICA

Realizou-se a fusão completa das amostras em béqueres de vidro em um banho termostático ajustado à temperatura de 55°C durante 25 minutos, para então

proceder às análises reológicas. As análises foram realizadas em um reômetro da marca Brookfield, modelo LVDV III, acoplado de um banho termostático com temperatura ajustada a 55°C, a fim de garantir que a amostra mantivesse a temperatura de fundição dentro do recipiente de análise. Utilizou-se o spindle SC4-25 devido à alta viscosidade das amostras. Os experimentos foram realizados em duplicatas, onde para cada repetição utilizou-se uma nova amostra.

Para cada corrida experimental a curva ascendente teve uma taxa de cisalhamento variando de 0,01 a 35 s<sup>-1</sup>, e para a curva descendente variação de 35 a 0,01 s<sup>-1</sup>. Para ambas as curvas (ascendente e descendente), obtiveram-se 10 pontos de tensão de cisalhamento *versus* taxa de cisalhamento, resultando em 20 pontos, dos quais foi calculado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de cisalhamento. Para a determinação da tixotropia das amostras de chocolate, foram escolhidas duas velocidades (50 e 100 rpm) e as amostras foram cisalhadas em cada velocidade por 20 segundos.

#### 4.4 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

A cor da superfície das amostras foram medidas utilizando um colorímetro portátil da marca Hunterlab Miniscan XE Plus, em triplicatas, com amostras de chocolates sólidas em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C), sendo verificada a leitura dos parâmetros luminosidade (L\*) e cromaticidade (a\*) e (b\*) em diferentes pontos dos tabletes. Posteriormente, obteve-se os valores médios dos parâmetros verificados e realizou-se o desvio padrão de cada um. Realizou-se o cálculo de comparação das médias,  $\Delta E^*$ , a fim de verificar a diferença média de cor entre as amostras.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os parâmetros reológicos foram ajustados pelo modelo Lei da Potência, onde o coeficiente de deformação ( $R^2$ ) foi obtido para avaliar a qualidade dos

resultados experimentais ajustados ao modelo reológico utilizado. Os dados tixotrópicos e colorimétricos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com subsequente teste de Tukey em nível de significância de  $p \leq 0,05$ , realizada com o *software* ORIGIN 7.0 (*OriginLab Corporation, Ma, USA*).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE REOLÓGICA

Através da análise reológica foi possível verificar a natureza pseudoplástica das amostras de chocolates. A obtenção dos parâmetros reológicos através do modelo matemático Lei da Potência é exibido na Tabela 6.

**Tabela 6 - Parâmetros reológicos e estatísticos do modelo da Lei da Potência para as amostras de chocolates.**

	Amostra	K (Pa.s <sup>n</sup> )	Erro K	n*	Erro n	$\chi^2$	R <sup>2</sup>
Ao Leite	L1	514,38	±10,23	0,37	±0,011	711,55	0,990
	L2	144,16	±0,76	0,45	±0,003	4,29	0,999
	L3	250,58	±3,02	0,51	±0,006	70,55	0,998
	L4	702,52	±5,43	0,33	±0,007	190,01	0,985
	L5	899,71	±8,01	0,25	±0,004	210,34	0,956
Meio Amargo	A1	452,45	±5,11	0,32	±0,006	182,66	0,995
	A2	365,30	±4,39	0,38	±0,007	135,47	0,996
	A3	290,32	±2,35	0,45	±0,009	265,14	0,994
	A4	685,66	±7,54	0,31	±0,0017	199,23	0,986
	A5	522,60	±5,91	0,36	±0,004	314,12	0,997

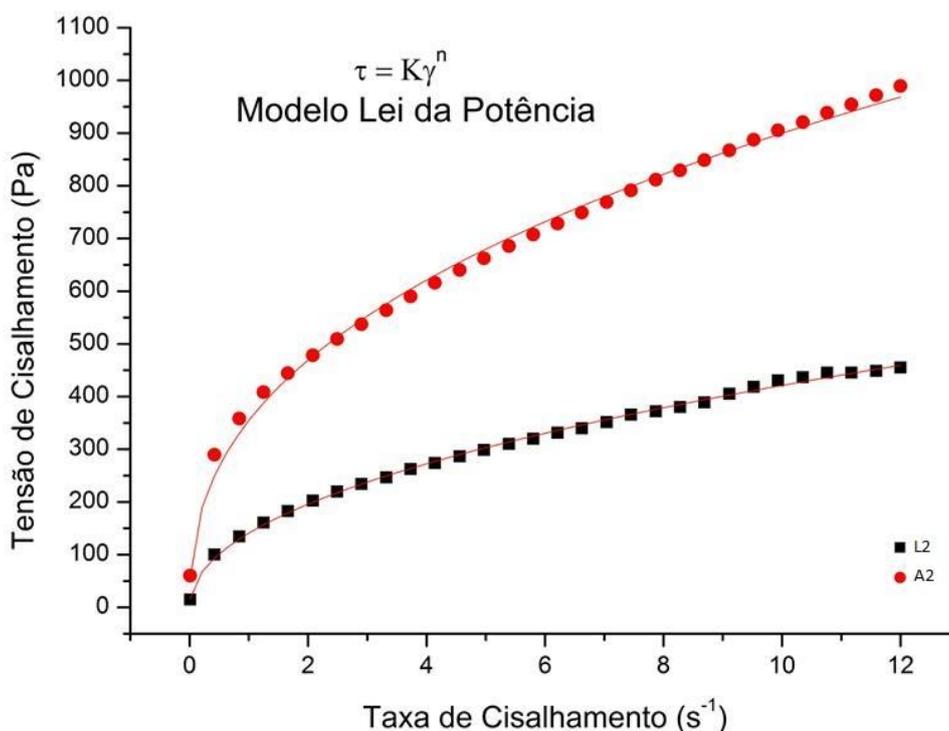
\*Adimensional. Onde: K é o índice de consistência, n é o índice de comportamento,  $\chi^2$  (chi-quadrados), e R<sup>2</sup> é o coeficiente de determinação.

De acordo com os valores dos parâmetros estatísticos de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), os dados experimentais ajustaram-se bem ao modelo da Lei da Potência, apresentando altos valores de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

O índice de comportamento do fluido (n) obtido pelo ajuste não linear dos dados de taxa de cisalhamento e tensão de cisalhamento caracterizou todas as amostras comportando-se como fluidos não-newtonianos pseudoplásticos, pois para todos os valores obtidos o índice de comportamento foi menor que um (n<1), confirmando a natureza pseudoplástica do chocolate.

Observou-se, para as amostras de chocolate ao leite, variação do valor de  $n$  de 0,25 a 0,51. E, para as amostras de chocolate meio-amargo, verificou-se uma variação para o índice de comportamento ( $n$ ) de 0,31 a 0,45. O índice de comportamento ( $n$ ) indica o grau de pseudoplasticidade que um fluido possui. Valores muito afastados da unidade indicam que o fluido tem maior pseudoplasticidade que os outros, como são os casos das amostras L5 e A4.

A Figura 5 apresenta a curva de fluxo da marca 2 para as amostras ao leite (L) e meio-amargo (A), onde é possível verificar qualitativamente a natureza pseudoplástica das amostras de chocolate.



**Figura 5 - Exemplo de curva de fluxo**

**Fonte: Autoria-própria.**

Diversos estudos verificaram o comportamento pseudoplástico do chocolate, Afoakwa et. al., (2007), estudaram a relação entre propriedades reológicas e texturais de sistemas de chocolate escuro e como são influenciadas pela distribuição de tamanho de partículas e variações composicionais, Lannes, Medeiros & Amaral (2002), realizaram estudo sobre formulação de chocolate com manteiga de cupuaçu e Vissoto, Gomes e Batista (2005) que formularam chocolate sem sacarose.

O índice de consistência (K) apresentou para as amostras ao leite valores variando de 144, 16 e 899,71. Para as amostras meio-amargo foram obtidos valores com variação de 290,32 e 685,66.

O chocolate fundido é um produto altamente viscoso, sendo que o aumento da temperatura reflete em uma diminuição na viscosidade, melhorando o processamento. A diferença das amostras com relação ao índice de consistência K, evidência a influência da composição do produto, onde chocolates que possuem maior teor de gorduras apresentam menor valor de K, como é o caso das amostras L2, L3, e A3, que correspondem a duas marcas comerciais, tanto de chocolate tipo tablete ao leite e meio-amargo. Já as amostras que possuem gorduras diferenciadas em sua composição, porém com menores teores, apresentam valores de K mais elevados como o é caso das amostras L4, L5 e A4, que também correspondem a duas marcas comerciais de chocolates tipo tabletes ao leite e amargo.

De acordo com Vitali & Rao (1984), de forma geral, a viscosidade aumenta com o incremento da concentração de sólidos solúveis. Esta maior viscosidade está associada à redução do fluido para lubrificação intermolecular e formação de hidratos pelos íons e moléculas, e agregados moleculares que aumentam o atrito entre as camadas de fluido.

Pertinente a isso, segundo Lannes, Medeiros & Amaral (2002), verificou que a quantidade de gordura afeta tanto a viscosidade quanto o valor de rendimento, pois a gordura livre é o que proporciona fluidez às partículas sólidas do produto durante sua elaboração, isto é, atuam como emulsificantes, devido o teor de umidade presente na massa de cacau e nos ingredientes utilizados para formulação.

Zumbé et. al. (2001) observaram que a umidade em excesso pode ocasionar chocolates com alta viscosidade, dificultando a moldagem (tabletes), com percepção sensorial pegajosa, tornando-se desagradável. Desta forma, alta viscosidade verificada nas amostras dos chocolates ao leite, também pode ser associada ao fato de haver maior teor de umidade nas formulações dos mesmos.

Um estudo de Schantz & Rohm (2005), aponta que a utilização emulsificantes como substituintes de gordura, como a lecitina de soja e polirricinoleato de poliglicerol (visto nas Tabelas 4 e 5), os ingredientes que compõe a formulação de cada produto, influenciam o fluxo de chocolate e podem reduzir até 50% o limite de escoamento, não sendo verificada diminuição da viscosidade. A

lecitina empregada na formulação atua reduzindo o limite de escoamento de 41 Pa até 0,95 Pa.

A legislação nacional apenas padroniza a formulação e boas práticas de fabricação, juntamente com normas microbiológicas, sendo a indústria responsável por adaptar seu produto as normas e alcançar padrões específicos para seus produtos. Não há normas vigentes para reologia de chocolates, sendo as análises baseadas em estudos anteriores, como já mencionados acima.

### 5.1.1 Tixotropia

A tixotropia é caracterizada como um decréscimo contínuo da viscosidade com o tempo quando uma amostra em repouso é submetida ao escoamento, e ao efeito reverso quando o escoamento é cessado.

A medida desta propriedade apresentou diferentes ordens de grandezas e baixos desvios padrão entre as amostras, e ainda foram verificadas diferenças estatísticas entre si ( $p \leq 0,05$ ) em nível de 5% de acordo com a Tabela 7.

**Tabela 7 - Valores encontrados para tixotropia das amostras de chocolates analisadas.**

	<b>Amostra</b>	<b>Tixotropia</b>
Ao Leite	L1	4,84 <sup>c</sup> ±0,11
	L2	4,07 <sup>b</sup> ±0,08
	L3	2,87 <sup>a</sup> ±0,01
	L4	5,97 <sup>d</sup> ±0,14
	L5	7,39 <sup>f</sup> ±0,16
Meio Amargo	A1	4,62 <sup>c</sup> ±0,04
	A2	4,09 <sup>b</sup> ±0,01
	A3	6,58 <sup>e</sup> ±0,01
	A4	5,85 <sup>d</sup> ±0,07
	A5	4,76 <sup>c</sup> ±0,05

Foram obtidos desvios padrão de 0,01 a 0,16 para as amostras ao leite, e de 0,01 a 0,07 para as amostras meio amargo. Os valores de tixotropia variaram para as amostras ao leite de 2,87 a 7,39, e de 4,09 a 6,58 para as amostras meio amargo. Apenas as amostras L1, A1 e A5 não apresentaram diferença significativa, segundo teste de Tukey. No entanto, L1 pertence ao grupo de amostras de chocolates ao leite, apresentando, assim, diferença significativa entre elas. Para o grupo de amostras de chocolates meio amargo as amostras A1 e A5 não apresentaram diferenças significativas.

As amostras que apresentaram maior histerese ou comportamento tixotrópico foram as amostras L5, para os chocolates ao leite, e A3 para os chocolates meio amargo. Quanto maior o grau de tixotropia da amostra menor é a viscosidade do fluido ao escoamento.

De acordo com Leite (2012), que realizou um estudo sobre a estrutura de chocolates elaborados com diferentes cultivares de cacau resistentes ao fungo *Miniliophthora perniciosa*, verificou que as amostras que apresentaram menor teor de gordura e maior tamanho de partículas obtiveram maior valor de tensão inicial, e maior valor de histerese, com ampla tixotropia.

Schumacher (2009) afirma que, valores ótimos de tixotropia, juntamente com um valor ideal de limite de escoamento asseguram melhores condições de processo e estabilidade. Entretanto, para Servais & Roberts (2004), chocolates cuja conchagem tenha sido feita adequadamente não apresentam comportamento tixotrópico, sendo entendido que melhor seja feita esta etapa, mais estável seria a estrutura interna do material e menor o valor da tixotropia esperado pela massa de chocolate do produto final.

## 5.2 ANALISE COLORIMÉTRICA

Os valores dos parâmetros luminosidade ( $L^*$ ), e cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ), descrevem a uniformidade da cor no espaço tridimensional, onde o valor de  $L^*$  corresponde a escuro - brilhante (0, preto; 100 branco),  $a^*$  corresponde à escala do verde (-) ao vermelho (+) e  $b^*$  correspondem à escala do azul (-) ao amarelo (+).

Na Tabela 8 encontram-se os valores do parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) e das coordenadas cromáticas ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) da análise de cor das amostras de chocolate ao leite e meio amargo.

**Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros luminosidade ( $L^*$ ) e cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ), Cromo ( $C^*$ ) e tonalidade cromática ( $h^\circ$ ).**

Parâmetros Colorimétricos						
Amostra	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
Ao Leite	L1	45,16 <sup>c</sup> ±1,86	8,47 <sup>a</sup> ±0,73	13,35 <sup>c</sup> ±0,61	15,81 <sup>b</sup> ±0,87	0,63 <sup>a</sup> ±0,03
	L2	36,22 <sup>a</sup> ±0,62	9,08 <sup>a</sup> ±0,18	10,71 <sup>a</sup> ±0,54	14,04 <sup>a</sup> ±0,33	0,85 <sup>c</sup> ±0,06
	L3	35,14 <sup>a</sup> ±0,63	8,70 <sup>a</sup> ±0,12	10,37 <sup>a</sup> ±0,35	13,54 <sup>a</sup> ±0,28	0,84 <sup>c</sup> ±0,03
	L4	37,47 <sup>b</sup> ±0,32	9,52 <sup>b</sup> ±0,15	12,12 <sup>b</sup> ±0,17	15,41 <sup>b</sup> ±0,22	0,79 <sup>b</sup> ±0,01
	L5	36,86 <sup>a</sup> ±0,92	9,80 <sup>b</sup> ±0,12	12,46 <sup>b</sup> ±0,24	15,85 <sup>b</sup> ±0,26	0,79 <sup>b</sup> ±0,01
Meio Amargo	A1	28,20 <sup>a</sup> ±0,32	6,14 <sup>b</sup> ±0,19	7,05 <sup>b</sup> ±0,13	9,35 <sup>b</sup> ±0,21	0,87 <sup>b</sup> ±0,02
	A2	28,79 <sup>a</sup> ±3,56	5,55 <sup>a</sup> ±0,24	9,79 <sup>d</sup> ±0,95	12,29 <sup>d</sup> ±0,60	0,76 <sup>a</sup> ±0,10
	A3	30,91 <sup>c</sup> ±0,72	6,50 <sup>b</sup> ±0,13	7,09 <sup>b</sup> ±0,27	9,62 <sup>b</sup> ±0,28	0,92 <sup>c</sup> ±0,02
	A4	29,65 <sup>b</sup> ±1,29	5,98 <sup>a,b</sup> ±0,14	6,13 <sup>a</sup> ±0,45	8,57 <sup>a</sup> ±0,25	0,98 <sup>c</sup> ±0,09
	A5	29,56 <sup>b</sup> ±0,87	7,11 <sup>c</sup> ±0,15	7,56 <sup>c</sup> ±0,32	10,39 <sup>c</sup> ±0,33	0,94 <sup>c</sup> ±0,02

Onde: ( $L^*$ ) indica a luminosidade do preto ao branco, ( $a^*$ ) a cromaticidade do verde ao vermelho e ( $b^*$ ) a cromaticidade do azul ao amarelo,  $C^*$  distância radial entre a localização da cor e o centro do espaço,  $h^\circ$  ângulo que define a cor.

A análise colorimétrica obteve valores médios para luminosidade ( $L^*$ ) das amostras de chocolate ao leite de 35,14 variando até 45,16. Para as amostras de chocolate meio amargo, a variação foi de 28,20 até 30,91.

Observa-se através dos resultados uma tendência não definida dos valores das amostras lidos pelo colorímetro, devido a diferente composição de cada produto. Contudo, todos os valores para luminosidade ( $L^*$ ) foram considerados aceitáveis, pois a variação do preto ao branco, em escala de zero a cem, encontraram-se para todas as amostras menores que cinquenta ( $L^* < 50$ ) estando, portanto no limiar padrão, sendo caracterizados escuros.

Valores baixos para luminosidade ( $L^*$ ) indicam menor reflectância da luz para os parâmetros de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ), fenômeno característico de substâncias escuras.

É possível afirmar que todas as amostras se apresentaram nas regiões do vermelho e do amarelo já que a leitura do colorímetro demonstrou valores positivos para estas coordenadas. Silva (2007) menciona que a combinação dos cromos positivos ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) resulta na coloração marrom, cor característica de produtos elaborados com chocolate e seus derivados (PADILHA et. al, 2010).

Avaliou-se a diferença estatística das amostras entre si em nível de 5%. Para o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ), as amostras de chocolate ao leite L2, L3 e L5 não apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ). Para as amostras de chocolate meio amargo, as amostras A1 e A2 não apresentaram diferença significativa entre si, assim como as amostras A4 e A5.

Para o parâmetro de cromaticidade ( $a^*$ ), as amostras de chocolate ao leite L1, L2 e L3 não diferiram significativamente entre si. Já para as amostras de chocolate meio amargo, apenas as amostras A1 e A3 não diferiram significativamente.

Para o parâmetro de cromaticidade ( $b^*$ ) e Cromo ( $C^*$ ) foram verificadas diferenças significativas entre as amostras de chocolate ao leite e meio amargo. No entanto para a tonalidade cromática ( $h^\circ$ ) as amostras de chocolate meio amargo A3, A4 e A5 não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p \leq 0,05$ ) em nível de 5%.

A Tabela 9 apresenta os valores de  $\Delta E$  que define a diferença total da cor da amostra em relação ao padrão. Este é um dos métodos existentes para aprovação ou reprovação de cores. A amostra 2 apresentou melhor comportamento reológico sendo possível obter suas curvas de fluxo para as amostras ao leite e meio-amargo, desta forma foi utilizada como padrão, a fim de verificar a diferença de cor entre as demais amostras analisadas.

**Tabela 9 - Diferença total da cor da amostra em relação a amostra 2.**

Amostras		$\Delta E$
Ao Leite	L1	9,34
	L3	1,19
	L4	1,93
	L5	2,00
	A1	2,86
Meio Amargo	A3	3,56
	A4	3,78
	A5	2,83

Deste modo, através de  $\Delta E$ , pode-se afirmar que para os chocolates ao leite, a diferença de cor da amostra L1 em relação às demais é elevada, em contrapartida os valores obtidos para as amostras L4 e L5 são próximos. Para as amostras de chocolate meio-amargo nota-se que os valores variaram entre 2,80 a 3,80, onde a cor das amostras A1 e A5 são próximas, e verifica-se o mesmo para as amostras A3 e A4.

Não foram encontradas normas vigentes acessíveis para colorimetria de chocolates, sendo apenas observadas em estudos, como de Cohen & Jackix (2004), onde foi verificada a cor apenas da massa de cacau com os parâmetros luminosidade ( $L^*$ ) de 44,67, e cromaticidade ( $a^*$ ) de 4,85 e ( $b^*$ ) de 7,10.

No entanto, a diferença nas amostras deve-se ao fato dos diferentes pontos de torra das amêndoas do cacau, que são característicos de cada empresa, bem como os ingredientes utilizados em suas formulações e suas proporções, como foram observados nas Tabelas 4 e 5, e suas etapas de processo. As condições de estocagem também influenciaram nos valores observados.

## 6 CONCLUSÃO

Constatou-se neste trabalho que a avaliação reológica é um recurso útil para o desenvolvimento de novos produtos e controle de fabricação, desde a composição do produto é o principal responsável por alterações nos atributos de fluxo.

A determinação de propriedades reológicas de chocolates é importante no processo produtivo para a obtenção de produtos de alta qualidade com textura bem definida. Fatores como o conteúdo de gordura, distribuição do tamanho de partícula, teor de umidade, emulsificantes, tempo de conchagem e temperatura afetam as propriedades reológicas e o custo da produção de chocolates.

Através das análises realizadas neste trabalho foi possível concluir que o comportamento reológico das amostras de chocolate para ambos os tipos (ao leite e meio amargo) foi adequadamente descrito pelo modelo da Lei da Potência. O ajuste dos dados experimentais ao modelo reológico permitiu verificar o índice de comportamento das amostras, onde todas foram caracterizadas pseudoplásticas com alto valor de pseudoplasticidade. Quanto ao índice de consistência (K), as amostras de chocolates mais gordurosas apresentaram menores valores do que as outras, devido à distinta composição físico-química de cada produto.

Através da análise de tixotropia, foi possível verificar que as amostras de chocolate possuem histerese quando cisalhadas, característica esta desejável no escoamento de fluidos.

A análise colorimétrica das amostras de chocolates caracterizou todas amostras com coloração escura, estando na região do vermelho e amarelo, resultando em diferentes tons de marrom, cor característica do chocolate e seus derivados.

## REFERENCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694**. Rio de Janeiro, 1992.

ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas em Indústrias de Alimentos**. Ed. Acribia S.A Zaragoza, p.410, 2001.

AFOAKWA, E. O. et. al. **Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate**. *Euro Food Research Technology*, Berlin, v.226, n.6, p.751-757, 2007.

\_\_\_\_\_. **Relationship between rheological and textural properties of dark chocolate systems as influenced by particle size distribution and compositional variations**. *Annual Meeting of the Institute of Food Technologists (IFT)*. McCormick Place Convention Centre, Chicago, IL, USA, July 28 - Aug 1, 2008.. Jul. 2008.

\_\_\_\_\_. **Comparison of rheological models for determining dark chocolate Viscosity**. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 44, p. 162-167, 2009.

AHMED, J. **Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage**. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 39, n. 3, p. 325-330, 2004.

BARNES, H. A.,et. al. **An introduction to rheology**. Amsterdam. Elsevier, p.432, 1994.

BECKETT, S. T. **Fabricación y utilización industrial del chocolate**. Zaragoza: Acribia, p. 432.1994.

BRASIL. Leis , decretos, etc. Resolução número 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Diário Oficial, Brasília , 24 de Julho de 1978. Secão I, parte 1, pg. 11499-11527.

BRIGGS, J. L.; WANG, T. ***Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering.*** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 81, n. 2, 2004.

CALVO, C.; SALVADOR, A. ***Use of natural colorants in food gels. Influence of composition of gels on their colour and study of their stability during storage.*** *Food Hydrocolloids*, v.14, n.5, p.439-443, 2000.

CÁNOVAS, G. V.B.; MUNIZAGA, G. T. ***Rheology for the food industry.*** *Journal of food Engineering*. v.67, 2005.

CARDOSO, R.L. et. al. ***Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geléia de jambo vermelho (Eugenia malaccensis L.)***. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.17, n.1, p.28-31, 1999.

CARNEIRO, A. P. G.; FONTELES, T. V.; COSTA, M. G. M.; ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, M. C. P. ***Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite.*** *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v. 22, n. 2, p. 259-264, 2011.

CASTRO, A. L., ***Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho.*** Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais - Área de Interinidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo (USP), 2007.

CHEVALLEY, J. ***Chocolate flow properties. In: Industrial chocolate manufacture and use.*** Editado por S. T. Beckett, 2. ed. Inglaterra: Clays Ltd., 1994. p. 139-155.

CITERNE, G. P. et. al. ***Rheological properties of peanut butter.*** *Rheol Acta*, v. 40, 2001.

COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. ***Estudo do liquor de cupuaçu.*** *Ciência e Tecnologia Alimentícia*, Campinas, v. 25, n. 1, Mar. 2004.

COHEN, K. O.; et. al. ***Otimização do processo de temperagem de produto análogo de chocolate ao leite elaborado com amêndoas de cacau e de cupuaçu.*** *Brazilian Journal Food Technology*, v. 7, n. 2, p. 115-127, 2004.

COUNET, C.; et. al. **Use of gas chromatography-olfactometry to identify key odorant compounds in dark chocolate. Comparison of samples before and after conching.** *Journal Agriculture Food Chemistry*, v. 50, p. 2385-2391, 2002.

EFRAIM, P. **Contribuição à melhoria de qualidade de produtos de cacau no Brasil, através da caracterização de derivados de cultivares resistentes à vassoura-de-bruxa e de sementes danificadas pelo fungo.** Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

EGAWA, E. Y., **Caracterização térmica e reológica de blendas de glicerol: colágeno tipo I de diferentes tecidos.** Tese de Mestrado em Ciência – Química Analítica, Instituto de Química de São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2007

FUNKE, K. **Breve história do Chocolate.** Revista eletrônica Galileu, 2009. Disponível em: < <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI130808-17770,00-BREVE+HISTORIA+DO+CHOCOLATE.html>> Acesso dia: 07.03.2013.

GONCALVES, E. V.; LANNES, S. C. da S. **Textural evaluation of fondues.** Resumos. In: SLACA – SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, VIII, Campinas, 2008..

\_\_\_\_\_. **Chocolate rheology.** *Ciência e Tecnologia Alimentícia*, Campinas , v. 30, n. 4, Dezembro, 2011 .

GUNASEKARAN S., MEHMET A.K.M., **Cheese texture. In: Cheese Rheology & Texture.** CRC Press, New York, NY, p. 299– 329. 2003,

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*).** Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2005.

\_\_\_\_\_. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa.** 2007. n.148. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2007.

HERNANDEZ, E.; et. al. **Viscosity changes in orange juice after ultra-filtration and evaporation.** *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 25, p. 387-396, 1995.

HUNTERLAB. **Applications Note.** v. 13, n. 2, 2001. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com>> Acesso dia: 23.08.2013.

JOVANOVIC, O.; et. al. Chocolate **pre-crystallization: a review.** *Acta Alimentaria*, Budapest, v.24, n.3, p.225-239, 1995.

LANNES, S. C.; MEDEIROS, M. L.; AMARAL, R. L. **Formulação de “chocolate” de cupuaçu e reologia do produto líquido.** *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.38, nº 4, 2002.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food.** New York: Chapman & Hall, 819 p, 1998.

LEITE, P. B. **Caracterização de chocolates provenientes de variedades de cacau *Theobroma cacao* L resistentes a vassoura de bruxa.** Dissertação de Pós Graduação em Ciências de Alimentos – Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2012.

LUCCAS, V. **Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas a manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate.** Tese de Doutorado em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2001.

MATHIAS, T. R. S. et al . **Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais.** *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas , v. 16, n. 1, Mar. 2013 .

MCCLEMENTS, J. **Impact of electrostatic interactions on formation and stability of emulsions containing oil droplets coated by  $\beta$ -lactoglobulin-pectin complexes.** *Agric. Food Chem.*, v.55, p.475-485, 2007

MINDEL, NISSAN. **A história do Chocolate.** Biblioteca virtual Beit Chabad, 2010. Disponível em: <<http://www.chabad.org.br/biblioteca/artigos/chocolate/home.html>> Acesso em: 30.05.2012.

MÜLLER, H. G. **Introducción a la reologia de los alimentos.** Editorial Acribia. Zaragoza, Espana. p.147, 1973.

NEBESNY, E.; ZYZELEWICZ, D. **Effect of lecithin concentration on properties of sucrose-free chocolate masses sweetened with isomalt.** *Euro Food Research Technology*, Munchen, n.220, p.131-135, 2005.

OLIVEIRA, A. P. V. et. al. **Medida instrumental da cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma nova técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital.** *Brazilian Journal of Food Technology*, v.6, n.2, p.191-196, 2003.

PADILHA, V. M.; et. al. **Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, ampinas, v. 30, n. 3, 2010.

PETRI, H. M. **Reologia ajuda a determinar as propriedades dos alimentos.** *Engenharia de Alimentos*, n.30, 2000.

QUAST, L. B.; et. al. **Influência da incorporação de gordura de cupuaçu na temperagem da manteiga de cacau.** *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 10, n. 2, p. 130-136, 2007.

RAO, M. S.; STEFFE, J. F. **Viscoelastic properties of foods.** Elsevier, London, 1992.

SERVAIS, C.; RANC, H.; ROBERTS, I. D. **Determination of chocolate viscosity.** *Journal of Texture Studies*, v. 34, p. 467-497, 2003.

SCHANTZ, B.; ROHM, H. **Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate.** *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v. 38, p. 41-45, 2005.

SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína.** Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2009.

SILVA, A. S. S. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães confeccionados com diferentes quantidades de yacon.** In: SILVA, A. S. S. A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial. 2007. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007. cap. 3, p. 101-131.

SILVA, N. M. C. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (*Genipa americana* L.)**. Tese de Mestrado em Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga-Ba, 2008.

SOUZA, A. S. L. **Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa de chocolates amargos**. 2010. 110 p. Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB.

STEFFE, J. F. ***Rheological Methods in Food Process Engineering***, 2ª Ed, 1996, p. 255-291

TAYLOR, J. E. et al. ***Shear rheology of molten crumb chocolate***. *Journal of Food Science*, v. 74, p. 55-61, 2009.

TSCHEUSCHNER, D.; WÜNSCHE, D. ***Rheological Properties of Chocolate Masses and the Influence of some Factors***, in apud SHERMAN, P. ***Food Texture and Rheology***, 1979.

VENDRÚSCULO, A.T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola* L.)**. Tese de Mestrado em Engenharia de Alimentos - Área de desenvolvimento de processos da indústria de alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

VIANA, A. D. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em diferentes concentrações e temperaturas**. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010.

VIDAL, J.R.M.B. **Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangífera indica* L-Keitt)** Tese de Doutorado, Unicamp, Campinas, SP, 2000.

VISSOTTO, F. Z.; GOMES, C. R.; BATISTA, B. J. L. **Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose**. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 8, n. 2, p. 107-111, abr./jun. 2005.

VITALI, A. A; RAO, M. A. ***Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: effect of temperature and concentration***. *Journal of Food Science*, v. 49, n. 3, p. 882-888, 1984.

VRIESMANN, L. C., ***Polysaccharides from the pulp of cupuassu (Theobroma grandiflorum): structural characterization of a pectic fraction.*** *Carbohydrate Polymers*, p. 2-4, 2008.

ZUMBÉ, A.; et. al. **Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery.** *Br. J. Nutr.*, Wallingford, v.85, suppl.1, p.S31-S45, 2001.