

Agradecimentos

Foram muitos os professores, amigos e familiares que me ajudaram e me incentivaram a realizar este trabalho a quem estendo os meus agradecimentos.

Agradeço às minhas orientadoras Doutora Teresa Teles, Doutora Júlia Magalhães e à Doutora Sofia Silva pelas suas orientações, imenso apoio e atenção constante ao longo destes meses de trabalho.

Aos meus pais e familiares próximos deixo aqui um agradecimento especial por me terem proporcionado a realização de um sonho e por todo o seu apoio incansável.

Queria deixar também um especial apreço pela sua preciosa ajuda e pelo seu incansável apoio à minha amiga Isabel Santos e ao meu namorado António José Abreu.

Resumo

O chocolate é considerado uma emulsão complexa e um alimento de luxo, que durante o seu consumo provoca estímulos que activam os centros de prazer do cérebro Humano. Tendo em conta a importância deste alimento torna-se necessário estudar e avaliar a melhor forma de melhorar a qualidade do chocolate. Este trabalho teve como objectivo verificar e analisar a qualidade do processo de fabrico da massa de chocolate, no que respeita (i) a rastreabilidade das matérias-primas e do produto acabado e, por outro lado, (ii) determinar e estudar o efeito de alguns parâmetros do processo nas características da massa, através das variáveis viscosidade, tensão de corte, tensão de corte crítica (“yield value”) e granulometria. Estas variáveis foram medidas em massas de chocolate de leite com o nome de formulação CAI e provenientes das duas unidades fabris da empresa (UF1 e UF2). Os parâmetros estudados na UF1 foram a influência das conchas e dos ingredientes. Na UF2 estudou-se a influência dos inutilizados de fabrico e a influência dos inutilizados de fabrico juntamente com o efeito de um ingrediente que foi o açúcar.

Os resultados da viscosidade, tensão de corte e tensão de corte crítica (“yield value”) foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA), recorrendo aos testes de Komolgorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e de Levene para verificar as condições de aplicabilidade desta análise. Os resultados da granulometria como não aderiram a uma distribuição normal foram analisados pelo método não paramétrico de Kruskal-Wallis. Estas análises foram executadas no programa “**S**tatistical **P**ackage for the **S**ocial **S**ciences” (SPSS).

Pelos resultados obtidos, conclui-se que, para a UF1, a concha afecta a tensão de corte, viscosidade e a tensão de corte crítica do chocolate produzido, na medida em que existem diferenças entre as conchas estudadas. Para esta unidade conclui-se que os ingredientes também influenciam a granulometria da massa. No caso da UF2, conclui-se que a tensão de corte é afectada apenas pelo lote de açúcar, a viscosidade é afectada tanto pelo lote de açúcar como pela presença de inutilizados de fabrico e a tensão de corte crítica não é afectada por nenhum destes efeitos. A granulometria, nesta unidade é afectada pelos lotes de açúcar estudados.

Palavras-chave: Qualidade alimentar; Chocolate; ANOVA; Testes Kruskal-Wallis.

Abstract

Chocolate is considered a complex emulsion, and a luxury food, which causes their consumption during the stimuli that activate the pleasure centers of the Human brain. Given the importance of food becomes necessary to study and evaluate the best way to improve the quality of chocolate. This work aimed to verify and analyze the quality of manufacturing process of the chocolate mass, in terms of (i) the rastreability of raw materials and the finished product and, on the other hand, (ii) determine and study the effect some process parameters on the characteristics of the mass through variable viscosity, shear stress, the critical shear stress ("yield value") and particle size. These variables were measured in bodies of milk chocolate with the name and formulation CAI from the company's two factories (UF1 and UF2). The parameters studied were the UF1 the influence of the conches and ingredients. At the UF2 studied the influence of unused manufacturing and the influence of reworked chocolate along with the effect of an ingredient was sugar.

The results of viscosity, shear stress and critical shear stress ("yield value") were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA), using the tests Komolgorov-Smirnov, Shapiro-Wilk and Levene tests to check the conditions of applicability this analysis. The results of particle size and did not adhere to a normal distribution were analyzed by using nonparametric Kruskal-Wallis. These tests were performed in the "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS).

From the results, we conclude that for UF1, the conche affects the shear stress, viscosity and critical shear stress of the chocolate produced, to the extent that there are differences between the studied conches. To conclude this unit the ingredients also influence the granulometry mass. In the case of UF2, it is concluded that the shear stress is affected only by the lots of sugar, the viscosity is affected both by the lots of sugar as the presence of reworked chocolate and critical shear stress is not affected by any of these effects. The granulometry mass, this unit is affected by lots of sugar studied.

Keywords: Food Quality; Chocolate; ANOVA; Kruskal-Wallis tests.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract	vii
1 Introdução.....	19
1.1 Imperial	19
1.2 Chocolate	20
1.3 A origem do cacau	21
1.4 O Cacau	21
1.5 Fabrico do cacau vs chocolate em pó	24
1.6 Fabrico da massa de chocolate	25
1.7 Reologia do Chocolate	26
1.7.1. Distribuição Granulométrica	26
1.7.2 Viscosidade	27
1.7.3 Escolha do Emulsionante e Dosagem	27
1.7.4 Efeito dos Emulsionantes na Viscosidade e na Tensão de Corte	29
1.8 Controlo de Qualidade.....	30
1.8.1 Rastreabilidade	30
2 Parte Experimental	33
2.1 Rastreabilidade para o Controlo de Qualidade	33
2.1.1 Rastreabilidade da Matéria-Prima	33
2.1.2 Rastreabilidade Interna do Produto Acabado	34
2.2 Caracterização da Massa de Chocolate.....	34
2.2.1 Determinação da Tensão de Corte, Viscosidade e da Tensão de Corte Crítica	34
2.2.2 Determinação da Granulometria.....	35
2.3 Tratamento Estatístico dos Dados.....	35
3 Análise e Discussão dos Resultados	39
3.1 Rastreabilidades Internas	39
3.2 Análise dos Dados Relativos à Unidade Fabril UF1	39
3.3 Análise dos Dados Relativos à Unidade Fabril UF2	49
3.3.1 Análise dos Dados Relativos ao Efeito do Inutilizado de Fabrico.....	51
3.3.2. Análise dos Dados Relativos ao Efeito do Açúcar	56

4 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	61
Lista de Referências Bibliográficas	63
Anexos	65
A.1 Determinação da tensão de corte, da viscosidade e da tensão de corte crítica ("yield value") nas massas de chocolate.....	66
A.2 Determinação da granulometria da massa de chocolate.....	67
B. Dados obtidos nas duas unidades fabris.....	68
C. Resultados obtidos através do SPSS	71
C.1 UF1	71
C.2 UF2.....	80

Índice de tabelas

Tabela 1.1 Efeito da adição de emulsionante na tensão de corte crítica e na viscosidade em massas de chocolate de leite (Schantz e Rohm, 2005).	30
Tabela 3.1 Dados relativos aos ingredientes e seus lotes para a unidade UF1.	39
Tabela 3.2 Resultados médios globais das análises efectuadas em todos os boletins da unidade UF1.	40
Tabela 3.3 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro tensão de corte	41
. Tabela 3.4 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro viscosidade.....	41
Tabela 3.5. Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro tensão de corte crítica (“yield value).	42
Tabela 3.6 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro granulometria.....	43
Tabela 3.7. Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins.	47
Tabela 3.8 . Resultados do teste de Kruskal- Wallis para todos os boletins.....	47
Tabela 3.9 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins.	48
Tabela 3.10 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os quatro boletins.	49
Tabela 3.11 Resultados do teste de Kruskal -Wallis para os quatro boletins.	49
Tabela 3.12Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os quatro boletins.	49
Tabela 3.13 Dados relativos aos ingredientes e seus lotes para a unidade UF2.....	51
Tabela 3.14 Resultados médios globais das análises efectuadas em todos os boletins da unidade UF2.	51
Tabela 3.15 Resultados do teste de normalidade para todas as variáveis e para todos boletins estudados no efeito dos inutilizados de fabrico.....	53
Tabela 3.16 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.	55
Tabela 3.17 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.....	55
Tabela 3.18 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.	56

Tabela 3.19 Resultados do teste de normalidade para o estudo dos boletins com os diferentes lotes de açúcar.....	57
Tabela 3.20 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M, 40M, 43M e 46M.....	59
Tabela 3.21 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M,40M,43M e 46M.	60
Tabela 3.22Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M, 40M, 43M e 46M.....	60
Tabela B.1 Dados com as médias de todos os boletins para todas as variáveis do processo da UF1.	68
Tabela B.2 Dados com as médias de todos os boletins para todas as variáveis do processo da UF2.	69
Tabela C.1. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias. ...	72
Tabela C.2. Resultados do teste do ANOVA para o estudo dos boletins.	72
Tabela C.3 . Resultados dos testes de robustez de ANOVA para o estudo dos boletins.	72
Tabela C.4 Testes Post-Hoc referentes à variável tensão de corte para os diferentes boletins.....	73
Tabela C.5 Testes Post-Hoc referentes à variável viscosidade para os diferentes boletins.....	74
Tabela C.6 Testes Post-Hoc referentes à variável tensão de corte crítica (“yield value”) para os diferentes boletins.....	76
Tabela C.7 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte (Pa) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.....	78
Tabela C.8 Resultados dos testes do GLM para a variável viscosidade (Pa.s) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.....	78
Tabela C.9 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte crítica (“yield value”) (Pa) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.	79
Tabela C.10. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias... ..	80
Tabela C.11. Resultados do One-way ANOVA relativos ao estudo dos inutilizados de fabrico.....	83
Tabela C.12. Resultados dos testes robustos de ANOVA para o estudo dos inutilizados de fabrico.....	83
Tabela C.13 Testes Post-Hoc referentes à tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”) para o estudo dos inutilizados de fabrico.....	81
Tabela C.14. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias... ..	84

Tabela C.15 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte para o estudo do efeito do lote de açúcar juntamente com o estudo dos inutilizados de fabrico.....	85
Tabela C.16 Resultados dos testes do GLM para a variável viscosidade para o estudo do efeito do lote de açúcar juntamente com o estudo dos inutilizados de fabrico.	85
Tabela C.17 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte crítica (“yield value”) para o estudo do lote de açúcar juntamente com os ingredientes.	86

Índice de Figuras

Figura 1.1. Imagens de sementes e amêndoas de cacau.	22
Figura 1.2. Diagrama representativo do processo de fabrico do chocolate.	24
Figura 1.3 Interior de uma concha com as pás em movimento.	25
Figura 1.4 Fórmula da lecitina de soja (fosfatidilcolina).	28
Figura 1.5. Efeito do tipo de emulsionantes e percentagem de emulsionantes na viscosidade do chocolate para uma baixa taxa de cisalhamento (Talbot, 2009). .	29
Figura 2.1 Imagens do equipamento utilizado (a) e da respectiva taça (b).	35
Figura 2.2 Micrómetro.	35
Figura 3.1 Gráfico das médias e respectivos intervalos de confiança para as 4 variáveis dependentes para os diferentes boletins.	44
Figura 3.2 Gráficos de erros para todas as variáveis: tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) e a granulometria para o estudo do efeito dos inutilizados de fabrico	53
Figura 3.3 Gráficos de erros para todas as variáveis: tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) e a granulometria para o estudo do lote de açúcar.	58
Figura C.1 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (c) e granulometria (d) para a UF1.	71
Figura C.2 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (“yield value”) (c) e granulometria para a UF2 (d).	80
Figura C.3 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (“yield value”) (c) e granulometria para a UF2 (d).	80

Lista de Abreviaturas e símbolos

- **Abreviaturas**

ANOVA- Análise de Variância.

FAO- Organização das Nações Unidas dos Alimentos e da Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

K-S (teste) -Teste de Kolmogorov-Smirnov.

LSD- “Least Significant Difference”, Menor Diferença Significativa.

OICC- Organização Internacional do Cacau e das empresas do Chocolate

OMS- Organização Mundial de Saúde.

PGPR- Polirricinoleato de Poliglicerol.

SPSS- Programa estatístico para as Ciências Sociais (“Statistical Package for the Social Sciences”).

UF1-Unidade fabril 1

UF2- Unidade fabril 2

YN- Fosfatídeo de Amónio.

- **Símbolos**

H_0 - Hipótese nula.

μ_0 - Viscosidade (Pa.s).

σ_p - Tensão de Corte (Pa).

σ_{OICC} - Tensão de Corte Critica (“yield value”) (Pa).

1 Introdução

1.1 Imperial

A Imperial foi fundada em 1932 e a partir de 1971 o grupo RAR adquire uma participação minoritária no capital social da empresa, que passou a ser maioritária em 1973.

Esta empresa é actualmente o maior fabricante nacional de chocolates e detentor das principais marcas portuguesas do sector como Jubileu, Regina, Pintarolas, Pantagrueu, Fantasias e Allegro, desde sempre a empresa se dedicou a produzir produtos inovadores. Exemplos dessa inovação são produtos que vão desde as Bom-Bokas, lançadas em 1978, as Pintarolas em 1980, as Fantasias de chocolate em 1981 até ao lançamento do Pantagrueu e Jubileu em 1982. Em 2000, a marca Regina foi adquirida pela Imperial atribuindo-lhe uma renovada imagem e uma linha de produtos inovadores.

O bom desempenho das marcas da Imperial no mercado de chocolates nacional é bem visível através dos resultados alcançados, em que a marca Regina é detentora da liderança no segmento dos Frutos Secos Cobertos com Chocolate, estando a marca Jubileu em terceiro lugar, e detêm também o segundo lugar no segmento das figuras de chocolate. A marca Pantagrueu é a líder no segmento de culinária e as Pintarolas têm registado uma evolução assinalável.

A empresa para além de comercializar os seus produtos em Portugal tem vindo ao longo dos anos a apostar fortemente no mercado internacional, consolidando assim a sua posição. Hoje em dia a marca Imperial já está presente em mais de 30 países distribuídos pelos continentes: Europeu, Africano, Americano e Asiático.

Para acompanhar toda esta expansão e inovação, a empresa em 2007, aquando da comemoração dos seus 75 anos, inaugurou uma nova unidade industrial de moldação e embalagem de tabletes e bombons dotada dos meios tecnológicos de última geração. No âmbito da sua estratégia de modernização tecnológica, a empresa procedeu, no ano de 2009, a um investimento significativo numa nova linha de fabrico de massas de chocolate que entrou em funcionamento no início de 2010 e que assim completou o investimento feito anteriormente na linha de moldação e embalagem.

Todas as melhorias que ocorrem na empresa não se concentram apenas na sua expansão de mercado, mas também permitem uma constante melhoria na qualidade

dos seus produtos. A melhoria contínua e a excelência dos Sistemas de Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar há muito que são uma opção estratégica da empresa e estão presentes nas diversas certificações obtidas - ISO 9001, *International Food Standard (IFS)* e Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI) (NP 4457) e recentemente a certificação Kosher.

1.2 Chocolate

O chocolate, emulsão muito complexa, é considerado um alimento de luxo, cujo consumo provoca uma sensação de prazer no cérebro Humano. Este alimento é considerado também um “bom amigo do coração”. Durante o Congresso XVII da Sociedade Internacional do Coração, chegou-se à conclusão que consumir chocolate é saudável devido ao seu conteúdo em flavonóides. Estas substâncias com acção anti-oxidante facilitam a circulação do sangue, ajudando na prevenção de problemas cardiovasculares (Ortemberg, 2007). O chocolate é um alimento que é consumido pelo mundo todo sendo os maiores consumidores de chocolate a Suíça, a Noruega, a Áustria, a Bélgica e a Grã-Bretanha que consomem entre oito a dez quilos de chocolate por pessoa e por ano (dados fornecidos pela FEAD, Federación Española de Asociaciones del Dulce relativos a 1999) (Ortemberg, 2007).

De acordo com o Decreto-Lei nº229/2003, de 27 de Setembro, apenas se pode designar um produto como chocolate quando este é obtido a partir dos produtos do cacau e de açúcares que contém, no mínimo, 35% de matéria seca total de cacau, dos quais pelo menos 18% de manteiga de cacau e no mínimo 14% de matéria seca de cacau isenta de gordura.

Segundo a legislação em vigor (Decreto-Lei nº229/2003, de 27 de Setembro), existem vários tipos de chocolate: chocolate preto, chocolate de leite, chocolate de leite familiar, chocolate branco, chocolate com recheio, chocolate *a la taza*, chocolate familiar *a la taza* e bombom de chocolate. Por exemplo, apenas se pode designar um produto por chocolate de leite se este produto for obtido a partir de produtos do cacau, de açúcares e de leite ou produtos do leite que, contém: no mínimo 25% de matéria seca total de cacau; no mínimo 14% de matéria seca de leite proveniente da evaporação parcial ou total de leite inteiro, de leite parcial ou totalmente desnatado, de nata, de nata parcial ou totalmente desidratada, de manteiga ou de matéria gorda láctea; no mínimo 2,5% de matéria seca de cacau isenta de gordura; no mínimo 3,5% de matéria gorda láctea e no mínimo 25% de matéria gorda total (manteiga de cacau e matéria gorda láctea).

1.3 A origem do cacau

Os Maias foram os primeiros a cultivar o cacau, há mais de dois mil anos, dando ao seu fruto um grande valor como alimento. Pensa-se que partiam as sementes e as mascavam e, além disso usavam-nas como moeda de troca. Os astecas atribuíram ao cacau uma grande importância e associavam este fruto a um presente de Deus tirando dele uma grande satisfação: preparavam uma bebida forte e espumosa destinada aos soldados e aos hierarcas, embora também a consumissem em determinados festejos e rituais.

Nos finais do século XV, Cristóvão Colombo foi o primeiro europeu a entrar em contacto com o cacau, embora o novo alimento só tenha sido dado como oficialmente descoberto em 1519 quando Hernán Cortés chegou ao México. Foi ele que deu o grande impulso para o cultivo do fruto e assim fez com que este se expandisse para outros países chegando assim ao Brasil passando pela Venezuela e pelas Antilhas (Ortemberg, 2007).

Na actualidade, a Costa do Marfim é o principal fornecedor de cacau, produzindo 40% do total mundial, seguido do Gana, Indonésia, Brasil e Malásia (dados fornecidos pela CAOBISCO, Associação das Indústrias de Chocolate, Biscoitos e Confeitaria da EU) (Ortemberg, 2007). Setenta por cento do cacau produzido nestes países é exportado para os países europeus nomeadamente Portugal, França e Holanda. O restante vai sobretudo para os Estados Unidos, Rússia e Cuba (dados fornecidos pela FEAD, Federación Española de Asociaciones del Dulce relativos a 1999).

1.4 O Cacau

Este fruto (figura 1.1) é colhido e aberto para se removerem as favas e toda a sua polpa aderente, sendo a polpa aderente importante durante a fase da fermentação na medida que esta vai intervir nas transformações químicas. Estas transformações químicas resultam da liquefação da polpa durante a fermentação e tornam o sabor da fava menos acre (Ortemberg, 2007). Seguidamente as favas são colocadas em pilhas ou caixas de **fermentação** onde ficam durante 5 a 6 dias. No fim desta operação a humidade residual da fava deve ser cerca de 60%. Nesta fase desenvolve-se o aroma e a cor da fava de cacau.

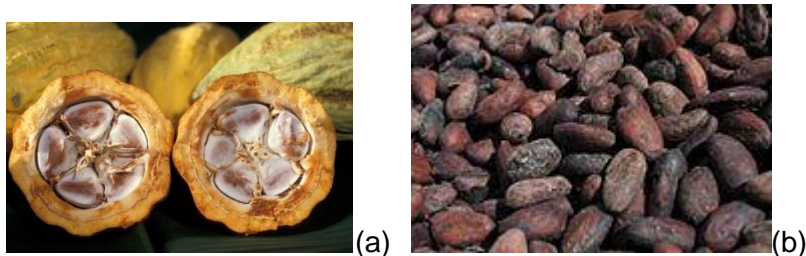


Figura 1.1.Imagens de sementes e amêndoas de cacau. a)Interior do cacau; b) Favas de cacau fermentadas, secas e torradas [http://pt.wikipedia.org/wiki/Chocolate#Processamento_do_cacau].

A fase seguinte é a **secagem**, onde as favas são colocadas em tabuleiros onde vão sofrer uma secagem ao sol (secagem natural) ou uma secagem artificial até atingir uma humidade relativa entre 6 e 6,5%.

Após a secagem as favas estão prontas para serem armazenadas ou transportadas para a indústria, em sacos de juta ou de polietileno, sendo este último, hoje em dia o mais utilizado pois evita a absorção de humidade pelas favas.

A fava de cacau é composta por manteiga de cacau (54%), proteína (14%), amido (12%), água (6%), teobromina, cafeína (3%), ácidos (3%), minerais (3%), sacarose, dextrose, frutose e cinzas (Notas internas da Imperial).

Para as favas serem comercializadas têm que obedecer a determinados critérios tais como: o peso não deve ser inferior a 1g; têm que ter uniformidade no tamanho; a superfície da casca limpa deve estar relativamente livre de polpa aderente, assim como livre de materiais estranhos, manchas e bolores, deve também ter uma humidade residual máxima de 8% e de preferência entre 6 e 6,5% (Notas internas da Imperial).

Quando as favas chegam à indústria onde vão ser transformadas em cacau, deve-se fazer uma **limpeza**, para retirar todos os resíduos que estas possam trazer tais como, por exemplo: ramos, favas imaturas, fibras do próprio saco, pedras, metais entre outros. Após a limpeza a percentagem de material estranho que pode existir nas favas deve ser inferior a 2%. Uma boa limpeza é fundamental para melhorar a qualidade do produto final e também para evitar que os equipamentos se danifiquem. Essa limpeza é feita por diversos equipamentos tais como limpadores contínuos com peneiros de várias porosidades, escovas, separadores magnéticos, correntes de ar, entre outros.

A seguir à **limpeza** faz-se a **torra** da fava, que é feita em torradores em que a temperatura oscila entre os 120 °C e os 140 °C. Os objectivos desta fase são: a destruição de enzimas que causam a degradação da manteiga de cacau; o

desenvolvimento do aroma, do sabor e da cor; a redução da humidade; eliminação dos ácidos voláteis; e também permitir que a casca se solte melhor (Cook, 1982).

Após a torra da fava é necessário proceder ao seu descasque. Para isso é utilizado um equipamento, o Britador, cujo princípio de funcionamento baseia-se na diferença de densidades da casca e da fava e da acção combinada de peneiros e de correntes de ar.

Seguidamente temos a etapa da **moagem** das favas. Nesta fase do processo as favas sofrem uma moagem inicial num moinho e depois, por acção dos rolos ou lâminas à temperatura de 40°C, as favas são transformadas em licor de cacau que quando a quente é uma massa pastosa, escura, composta por manteiga de cacau, na qual estão suspensas as partículas sólidas de cacau. Nesta etapa do processo deve-se ter em conta a granulometria, a percentagem de manteiga de cacau, a cor e o sabor do licor do cacau.

Após a obtenção do licor de cacau, este pode ser utilizado directamente para a produção de massa de chocolate como ingrediente, a produção de cacau em pó ou para a obtenção de manteiga de cacau. A manteiga de cacau e a torta de cacau são extraídas por prensagem hidráulica do licor de cacau. A manteiga de cacau é uma massa de cor amarela que resulta da elevada pressão e das elevadas temperaturas a que o licor de cacau é submetido. As tortas de cacau são umas placas de elevada dureza com as quais se fabrica cacau em pó e chocolate em pó. O tempo de prensagem varia de acordo com a percentagem de manteiga de cacau que se quer obter na torta de cacau. Na figura 1.2 encontra-se um esquema que explica todo o processo, desde a recepção de todas as matérias-primas necessárias para o fabrico de chocolate moldado (ex: tabletes de chocolate, bombom de chocolate), chocolate em pó, cacau em pó, entre outros até à obtenção do produto final desejado.

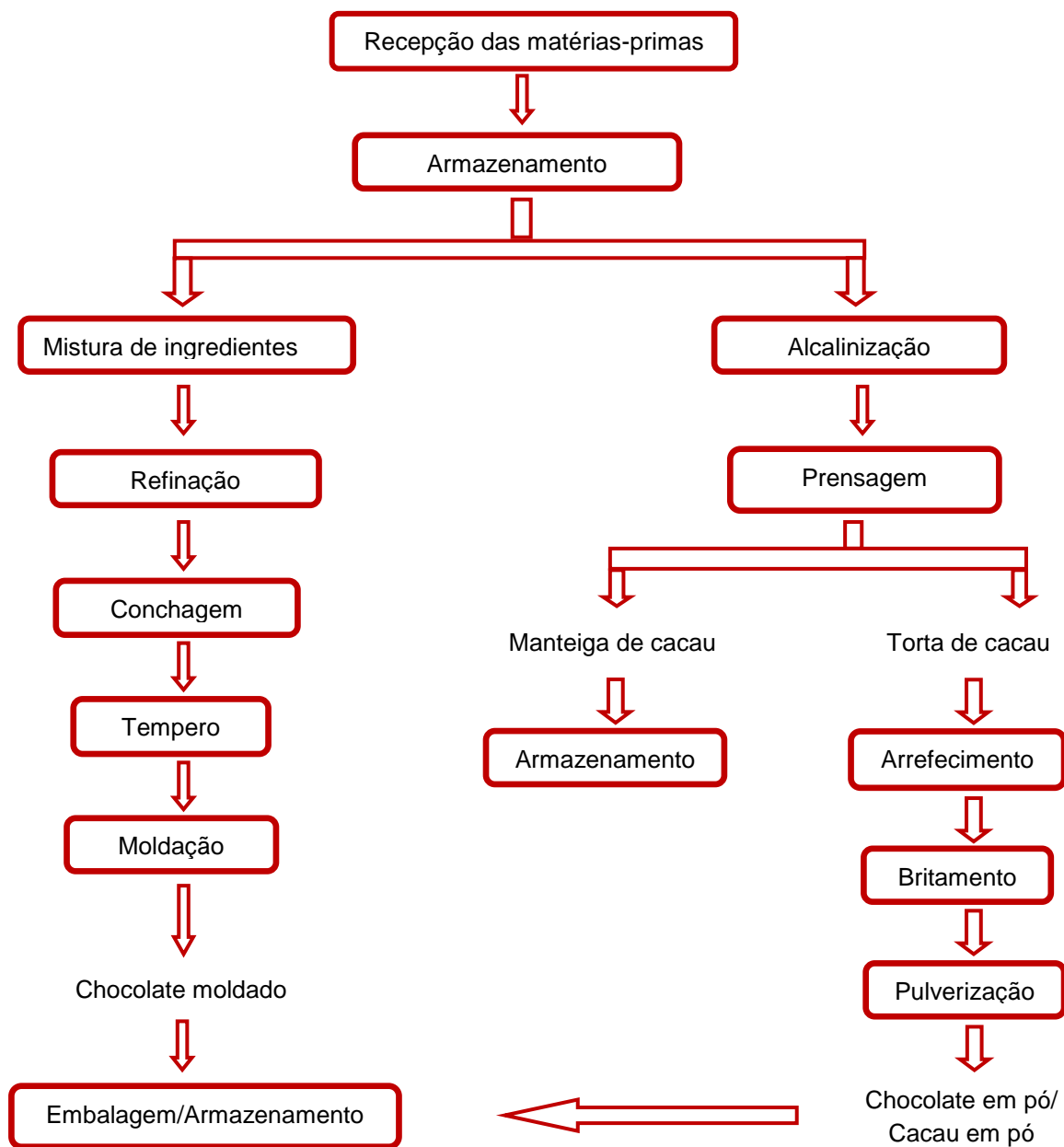


Figura 1.2.Diagrama representativo do processo de fabrico do chocolate.

1.5 Fabrico do cacau vs chocolate em pó

O cacau em pó é fabricado por britagem da torta de cacau a uma temperatura inferior a 34 °C e posterior moagem. Após arrefecimento a uma temperatura ambiente é lhe adicionado carbonato de potássio (alcalinização) para suavizar o sabor, fixar a cor e torná-lo solúvel em água (Ortemberg, 2003). O fabrico do chocolate em pó pode diferenciar-se do cacau em pó na adição de açúcar e também na adição de aroma, em que esta é adicionada após a trituração da torta de cacau. Esta parte do processo está descrita no lado direito do esquema da figura 1.2.

1.6 Fabrico da massa de chocolate

A partir do licor de cacau é fabricada a massa de chocolate (ver lado esquerdo da figura 1.2). Este fabrico envolve várias etapas, entre elas, a mistura dos ingredientes, a refinação desta mistura, a conchagem, o tempero, a moldação e por último o embalamento e armazenamento do produto.

Na mistura dos ingredientes, os ingredientes são colocados no misturador durante cerca de 15 minutos e à temperatura de 40 °C. Os ingredientes adicionados variam de acordo com o tipo de chocolate desejado e podem ser: leite em pó, manteiga de cacau, açúcar moído, licor de cacau, entre outros. Ao fim deste tempo obtêm-se uma massa pastosa e homogénea, que em seguida é refinada.

A refinação vai reduzir o tamanho das partículas, de forma a obter uma boa textura (suave e macia) e homogeneização do sabor. Se a massa não for devidamente refinada, corre-se o risco de obter uma textura areada, isto é, sentem-se as partículas do açúcar e, a sensação de aspereza (Cook, 1982).

Quando termina a refinação, a massa refinada segue para a conchagem (figura 1.3). Este nome resulta da aparência do equipamento. A concha tem um dispositivo de aquecimento e um sistema mecânico de pás, que fazem com que a massa circule e que esteja sempre em movimento, permitindo que os grumos formados desapareçam e que a massa fique fluida, reduzindo assim a viscosidade.



Figura 1.3 Interior de uma concha com as pás em movimento.

A conchagem tem como objectivo a evaporação de aromas indesejáveis, a evaporação da humidade residual das matérias-primas e a obtenção de um chocolate com uma boa fluidez (Cook, 1982). Durante esta etapa é adicionado um emulsionante, por exemplo a lecitina de soja, para aumentar a fluidez da mistura, reduzir a tensão superficial, reduzir a viscosidade e diminuir o tempo de conchagem. A conchagem termina quando a massa de chocolate atinge uma granulometria que varie entre os 0,018 mm e os 0,026 mm (Sokmen e Gunes, 2006), dependendo do tipo de chocolate, entre outros factores. O tempo de conchagem pode variar de um a três dias.

Quando a massa de chocolate que sai da concha não é necessária para a produção no momento, esta segue para depósitos de armazenamento e estes são providos de aquecimento e agitação onde a massa permanece a uma temperatura entre os 40 e os 45°C até ser necessária.

Após a conchagem a massa de chocolate segue para a etapa seguinte, o tempero. Esta etapa consiste em submeter a pasta a uma descida de temperatura controlada e gradual, pois caso não o seja, há a formação de cristais de manteiga de cacau que cristalizam numa forma que não é a desejada. A manteiga de cacau deve cristalizar na forma mais estável, forma β_{VI} (Talbot, 2009), caso a manteiga não estabilize nesta forma poderá trazer problemas para o resto do processo como é o caso do “fat-bloom”. O objectivo de temperar o chocolate é evitar o aparecimento da gordura na superfície do chocolate (“fat bloom”), obter um brilho uniforme, facilitar a desmoldação do chocolate, diminuir o tempo de arrefecimento e aumentar a resistência térmica do produto, aumentando assim o seu tempo de vida. O tempero é uma fase muito importante e que “decide” o aspecto do chocolate.

Após o tempero da massa, esta passa para a moldação. Nesta etapa enchem-se os moldes com chocolate, com constante vibração para eliminar quaisquer bolhas de ar que se possam formar e também para espalhar melhor e uniformemente o chocolate, que depois segue para um túnel de arrefecimento até atingir gradualmente os 15 °C. Concluído o arrefecimento, o chocolate está pronto para ser desmoldado e embalado.

1.7 Reologia do Chocolate

As propriedades reológicas como a viscosidade (σ_0), a tensão de corte (σ_p) e a tensão de corte crítica (“yield value”) (σ_{OICC}) do chocolate são importantes no processo de fabrico para a obtenção de produtos de altíssima qualidade com texturas bem definidas. A distribuição granulométrica, a viscosidade e os ingredientes são factores que desempenham um papel muito importante na formação do seu comportamento reológico e sensorial.

1.7.1. Distribuição Granulométrica

A distribuição granulométrica desempenha um papel claro na fluidez do processo e isso traduz-se numa maior eficiência do processo e / ou rendimento na produção dos alimentos (Talbot, 2009). Existem claros benefícios da optimização da distribuição do tamanho de partículas, como as reduções nos modificadores da viscosidade, os emulsionantes (Afoakwa, Paterson e Fowler, 2007).

A granulometria do chocolate pode ser avaliada por análise sensorial, isto é pela detecção da aspereza e dos grãos dispersos no chocolate ou por análises experimentais usando um micrómetro. O tamanho das partículas existentes no chocolate afecta a viscosidade, bem como a textura. Um chocolate com um tamanho de partícula de 20 μm é mais cremoso, macio do que um chocolate com 30 μm .

O tamanho das partículas influencia a distribuição da reologia do chocolate (Chevalley, 1999) e a área superficial específica e o tamanho médio da partícula influenciam a tensão de escoamento (Beckett, 2000). Bouzas e Brown (1995) observaram que "um chocolate com partículas de tamanho de acordo com a distribuição modal infinito pode dar menor viscosidade plástica".

É reconhecido que a redução das partículas de chocolate melhora as propriedades sensoriais (Ziegler, Mongia e Hollender, 2001), a viscosidade plástica e aumenta a tensão de corte crítica ("yield value") devido à maior área de superfície de partículas em contacto com a manteiga de cacau (Mongia e Ziegler, 2000).

1.7.2 Viscosidade

A viscosidade é uma propriedade dos fluidos que mede a sua resistência ao movimento. Para os fluidos mais simples como por exemplo, a água, a manteiga de cacau e o xarope de glicose a viscosidade é independente da tensão de corte. Estes fluidos são designados como fluidos Newtonianos.

O chocolate assim como muitos fluidos alimentares são por outro lado Não - Newtonianos O comportamento mais comum destes fluidos é o pseudoplástico, em que a viscosidade diminui com o aumento da tensão de corte. Este comportamento é muito comum em fluidos como o chocolate onde a microestrutura é uma dispersão, numa fase contínua, de partículas micro ou mais pequenas ainda.

Os principais factores que determinam a viscosidade do chocolate são: a fracção de volume das partículas sólidas dispersas e as forças de interacção entre as partículas.

1.7.3 Escolha do Emulsionante e Dosagem

Os emulsionantes funcionam com base na adsorção à superfície de sólidos dispersos que formando uma barreira repulsiva que previne a agregação das partículas e afectam a temperabilidade do chocolate e a sua textura (Talbot, 2009). Além de influenciar estas propriedades também afectam a solidificação, aumentando a probabilidade do aparecimento da gordura superficial ("fat-bloom") e a oxidação do chocolate. O emulsionante mais utilizado na indústria do chocolate é a lecitina de soja (fosfatidilcolina, figura 1.4) e é normalmente usada numa percentagem de 0,5% na

formulação do chocolate. Segundo Chevalley (1999), um a três quilos de lecitina de soja permitem reduzir a viscosidade da massa do chocolate de uma forma igual àquela que se obteria com a adição de dez quilos de manteiga de cacau. Existem outros emulsionantes que podem ser utilizados na indústria do chocolate tais como os fosfoglicerídeos fraccionados a partir da lecitina de soja natural, sais de amónio de ácidos fosfatídicos e polirricinoleato de poliglicerol (PGPR).

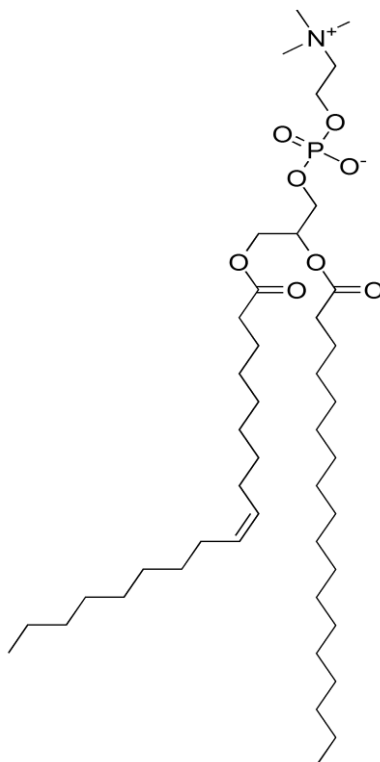


Figura 1.4 Fórmula da lecitina de soja (fosfatidilcolina) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lecitina>).

O fosfatídeo de amónio (YN) é também denominado por lecitina sintética e actua da mesma maneira que a lecitina de soja mas tem uma composição e uma eficiência mais constante.

O PGPR é preparado a partir da esterificação parcial dos condensados dos ácidos gordos e apresenta um comportamento especial. A adição de PGPR à massa de chocolate leva a uma diminuição significativa da tensão de escoamento e da viscosidade enquanto a lecitina de soja apenas diminui a viscosidade (Talbot, 2009). Estes efeitos permitem o processamento a baixas temperaturas e simplifica o manuseamento das massas de chocolate, especialmente no caso de baixas taxas de tensão de corte durante a moldação, facilita também a remoção de bolhas de ar. As propriedades do PGPR podem ser aumentadas quando se combinam com a lecitina de soja. Segundo Talbot, o emulsionante mais eficaz é o PGPR pois tem um peso

molecular superior e por isso consegue fornecer uma força repulsiva de maior alcance, relativamente aos outros emulsionantes. O efeito na viscosidade da massa dos três emulsionantes mais utilizados, lecitina de soja, YN e PGPR, para uma taxa de corte crítica baixa, pode ser visto na figura 1.5.

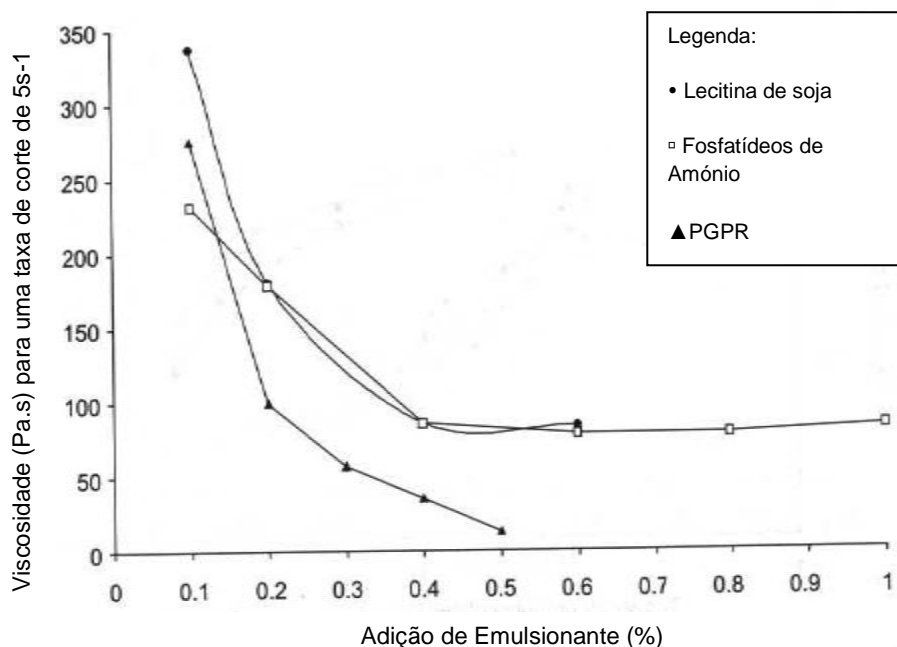


Figura 1.5. Efeito do tipo de emulsionantes e percentagem de emulsionantes na viscosidade do chocolate para uma baixa taxa de corte. (Talbot, 2009).

A adição da lecitina de soja e do YN é normalmente feita quando a conchagem está prestes a terminar. Isto permite que o processo de fabrico do chocolate seja maximizado durante a fase seca da conchagem e assim consegue-se diminuir a viscosidade quando se adiciona o emulsionante no fim da conchagem. Este procedimento é muito usado quando a conchagem é discreta (batch). Alguns dos fabricantes de chocolate preferem adicionar uma parte do emulsionante no início da conchagem e a outra parte no fim da conchagem, evitando a formação de “esferas de massa de chocolate” durante a envolvência da massa. Na maior parte dos casos, ainda se adiciona a maior parte do emulsionante na última fase da conchagem. A dosagem do emulsionante é essencial no processo e um excesso de emulsionante pode trazer graves problemas na qualidade do chocolate.

1.7.4 Efeito dos Emulsionantes na Viscosidade e na Tensão de Corte

Na tabela 1.1 apresentam-se as variações da tensão de corte e viscosidade em função do aumento da concentração dos emulsionantes, lecitina de soja e PGPR, no

chocolate de leite (Schantz e Rohm, 2005). A partir desta tabela consegue-se perceber que com o aumento da concentração da lecitina, a tensão de corte diminui drasticamente até se atingir um mínimo de tensão de corte, enquanto a viscosidade diminui sempre. Relativamente ao PGPR verifica-se que à medida que a quantidade de PGPR adicionado aumenta, a tensão de corte e a viscosidade diminuem. Tendo em conta a literatura (Beckett, 2000) o PGPR parece ser o emulsionante mais eficaz na redução da tensão de corte, pois para uma tensão de corte mínima temos uma concentração de PGPR máxima. Quanto à viscosidade de equilíbrio, a redução é mais eficiente para a lecitina, especialmente para valores baixos e intermédios de emulsionante. Geralmente, a viscosidade diminui com o aumento da concentração de emulsionante (Schantz e Rohm, 2005).

Tabela 1.1 Efeito da adição de emulsionante na tensão de corte e na viscosidade em massas de chocolate de leite (Schantz e Rohm, 2005).

Emulsionante (g/kg)	Lecitina de soja		PGPR	
	Tensão de corte (Pa)	Viscosidade (Pa.s)	Tensão de corte (Pa)	Viscosidade (Pa.s)
0,00	79,60	12,30	79,60	12,30
1,00	19,50	4,18	16,10	7,20
2,00	11,80	3,63	7,49	5,89
3,00	10,20	3,28	4,23	4,86
4,00	9,00	3,04	2,31	4,67
5,00	9,15	2,89	1,63	4,23
6,00	9,59	2,79	1,44	3,98
7,00	10,30	2,71	1,09	3,76

1.8 Controlo de Qualidade

A tensão de corte, a viscosidade e a tensão de corte crítica (“yield value”) são parâmetros importantes de avaliação da qualidade do chocolate. O processo de controlo da qualidade do chocolate inclui também a rastreabilidade do processo.

1.8.1 Rastreabilidade

A rastreabilidade é definida no Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro de 2002, como a capacidade de detectar a origem e de seguir o rasto de um género alimentício, de um alimento para animais, de um animal produtor de géneros alimentícios ou de uma substância, destinados a ser incorporados em géneros alimentícios ou em alimentos para animais, ou com probabilidades de o ser, ao longo de todas as fases da produção, transformação e distribuição.

A importância da rastreabilidade como mecanismo para o conhecimento do historial de um alimento foi amplamente reconhecida por distintas organizações de âmbito internacional. Resultado disso foi uma reunião conjunta entre a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e a OMS (Organização Mundial de Saúde) em que ficou decidido que a rastreabilidade tem que ser considerada como um elemento fundamental e que deve ser regulado por todos os países para prevenir crises de foro alimentar (Qualfood).

A rastreabilidade de matérias-primas constitui um requisito e uma obrigação legal desde o dia 1 de Janeiro de 2005 (Regulamento (CE) n.º 178/2002) de todos os operadores do sector alimentar e tem como objectivo garantir a segurança alimentar e a saúde pública de todos os consumidores, tal como descrito no Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos (Regulamento (CE) nº178/2002).

O sistema de rastreabilidade numa empresa apresenta muitas vantagens, para as autoridades, já que estas podem actuar de forma mais eficaz na gestão dos alertas sanitários, reduzindo os alarmes na população e para as empresas na medida em que estas adquirem uma maior confiança por parte dos consumidores e também permite que haja um maior controlo das suas actividades.

Em síntese, um sistema de rastreabilidade visa garantir segurança alimentar, justeza das transacções comerciais e fiabilidade da informação que é transmitida ao consumidor final, sendo isto vantajoso para o operador económico, para o consumidor e para as autoridades

Na indústria alimentar a rastreabilidade inclui três conceitos importantes: rastreabilidade a montante, rastreabilidade a jusante e rastreabilidade interna.

A **rastreabilidade a montante** consiste na compilação de toda a informação referente àquele género alimentício, por exemplo licor de cacau, manteiga de cacau, açúcar, entre outros, desde a sua origem, manipulação, transformação e expedição até à indústria em causa. Este procedimento inicia-se com a retirada de uma amostra representativa da matéria-prima, para assim se controlar a qualidade e verificar todos os aspectos importantes do produto. Também é verificado se o produto vem acompanhado, no caso de géneros alimentícios, de um boletim de análise correspondente aquele lote para assim se verificar se este se encontra dentro de todos os parâmetros exigidos pela legislação. Caso o produto não venha em conformidade com o exigido este é retirado e devolvido ao fornecedor.

A **rastreabilidade a jusante** não é mais que a capacidade de conhecer o destino de um produto. Este tipo de rastreabilidade rege-se nas ferramentas e nos procedimentos utilizados para detectar o historial do produto desde a saída da empresa até um terceiro.

A **rastreabilidade interna** permite que haja a vinculação dos produtos que entram na empresa com aqueles que saem. Nesta rastreabilidade deve-se ter em conta as divisões, troca ou mistura de lotes ou agrupamento, assim como o número de pontos nos quais é necessário estabelecer registos ou ligações com o sistema de autocontrolo estabelecido. Exemplos deste tipo de rastreabilidade são: a rastreabilidade às matérias-primas e ao produto acabado.

2 Parte Experimental

Este trabalho foi realizado nas duas unidades fabris da empresa (UF1 e UF2). A unidade UF1 é, a unidade mais antiga da empresa, é semi-automática e modular. A unidade UF2 entrou em funcionamento em 2007, e é provida de toda a tecnologia de ponta, constituída por uma linha totalmente automática. Nesta unidade apenas a adição de lecitina de soja e de vanilina é feita manualmente.

O tipo de massa de chocolate escolhida para estudo, é daqui em diante designada por CAI e foi produzida tanto na UF1 e na UF2. Na UF1 foi produzida em três conchas diferentes, na concha 5, 7 ou 8 e na UF2 apenas numa. As conchas diferem na quantidade de massa de chocolate produzida, no tempo de conchagem e a na sua capacidade de refinação. Existem conchas que refinam e concham (conchas universais) e outras que só concham. O tempo de conchagem que este tipo de massa necessita para estar em condições para passar à fase seguinte varia entre 24 h no caso da UF1 e 4 h no caso da UF2.

Este tipo de massa de chocolate resulta da mistura de vários ingredientes, entre eles, o licor de cacau, a manteiga de cacau, o lactosoro, o açúcar, o leite gordo, lecitina de soja, o aroma e, nalguns casos, inutilizados de fabrico. Os inutilizados de fabrico são chocolates (produto final) com referências diferentes feito com a mesma massa de chocolate que são rejeitados por estarem partidos ou com defeito (por exemplo, com pouco brilho). Os inutilizados de fabrico podem ser adicionados à massa de chocolate numa quantidade máxima definida pelo departamento de Investigação e Desenvolvimento da Imperial.

2.1 Rastreabilidade para o Controlo de Qualidade

Neste trabalho foi feita a rastreabilidade interna da matéria-prima e do produto acabado. Este estudo foi importante para a fase seguinte de trabalho, na medida em que através das rastreabilidades foi possível identificar os lotes dos ingredientes usados no estudo dos efeitos dos ingredientes.

2.1.1 Rastreabilidade da Matéria-Prima

Na rastreabilidade da matéria-prima, o objectivo primordial é conseguir seguir o rasto das matérias-primas, desde o momento que entram na empresa até à sua utilização ao longo do processo. Este trabalho vai permitir que haja um controlo das matérias-primas usadas na empresa

Toda a informação sobre a matéria-prima (lote, quantidade, fornecedor, data de chegada) é dada por um registo (boletim de recepção de materiais/matérias-primas). É de salientar que a rastreabilidade de matéria-prima devem ser feitas regularmente.

2.1.2 Rastreabilidade Interna do Produto Acabado

Na rastreabilidade interna segue-se o historial do produto acabado, isto é, consegue-se estudar todo o percurso desde o produto final até às matérias-primas e vice-versa, usando para isso um sistema de registos (boletins). Esse sistema pode ser descrito pelo esquema seguinte:

Produto acabado ⇒ Boletim de produção de Embalagem ⇒ Boletim de produção Confeitaria / Moldação (máquina Aasted) / Fantasias ⇒ Boletim de produção de Massas ⇒ Participações Diárias ⇒ Boletim de controlo Matérias-Primas

Este esquema descreve todo o procedimento que é seguido para se conseguir fazer a rastreabilidade do produto acabado. O procedimento para esta rastreabilidade começa com a escolha de um produto que tenha sido feito. Através do produto acabado (referência, lote e validade), consegue-se aceder à data de embalagem e a partir desta data, chega-se a toda a informação atrás referida (ver esquema acima) sobre este produto. Trata-se de uma pequena “auditoria” a todas as fases envolvidas na produção do produto. Este procedimento deve ser efectuado regularmente tal como acontece com a rastreabilidade de matéria-prima.

2.2 Caracterização da Massa de Chocolate

A caracterização da massa CAI foi feita com base na tensão de corte (σ_p), na viscosidade (σ_0), na tensão de corte crítica (“yield value”, σ_{0ICC}), e na granulometria. Para esta caracterização foi recolhida uma toma com cerca de 200 mL de massa de chocolate após ter terminado a conchagem.

2.2.1 Determinação da Tensão de Corte, Viscosidade e da Tensão de Corte Crítica

A determinação da viscosidade, da tensão de corte crítica (“yield value”) e da tensão de corte foi efectuada num reómetro (HAAKE, modelo VT 550) que tem acoplado um computador com um software próprio para o efeito (RheoWin 3 Job Manager e Data Manager) que faz as medições em simultâneo destas três variáveis. Para cada massa de chocolate foram realizados cinco ensaios, em que a partir da toma recolhida na concha retira-se uma pequena quantidade de amostra e procede-se à sua análise. Esta análise demora cerca de 15 minutos e fornece os valores da viscosidade, da

tensão de corte, da tensão de corte crítica (“yield value”) e dos factores correlativos (Chi^2 e R). No anexo A1 encontra-se o procedimento completo.

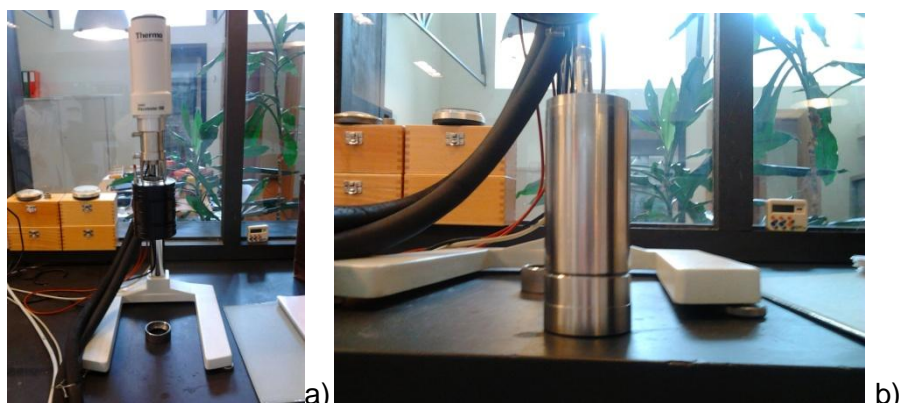


Figura 2.1 Imagens do equipamento utilizado (a) e da respectiva taça (b).

2.2.2 Determinação da Granulometria

A determinação da granulometria foi efectuada com um micrómetro (Mitutoyo, modelo MDC- 25SB) que mede o tamanho das partículas presentes na massa do chocolate. Antes de proceder à análise no micrómetro a amostra tem que ser preparada: pesagem de 5 g da massa de chocolate e de 1g de parafina líquida, mistura dos ingredientes e homogeneização. Uma pequena toma desta mistura é colocada no micrómetro e procede-se assim à análise (Anexo A.2).



Figura 2.2 Micrómetro

2.3 Tratamento Estatístico dos Dados

Todos os dados obtidos neste projecto foram avaliados através de um tratamento de análise estatística, recorrendo ao Programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 18.

Inicialmente fez-se tratamento estatístico descritivo que consiste em representar os dados de forma sucinta e simples, de modo a permitir caracterizar o conjunto de resultados quanto às medidas de tendência central, à dispersão dos resultados em torno da estatística de tendência central e identificar pontos anormalmente desviados, caso existam (Martinez e Ferreira, 2010). Neste tipo de análise foram usados gráficos

de caixa de bigodes para detectar pontos aberrantes. Os gráficos de caixa de bigodes permitem visualizar em simultâneo cinco parâmetros estatísticos, concretamente, a mediana, os valores máximos, mínimo e os valores dos percentis 25 e 75.

Para se retirar conclusões num domínio mais vasto, recorreu-se à estatística indutiva. A primeira etapa consistiu em verificar se as variáveis dependentes possuem distribuição normal. Para testar a normalidade dos resultados foi usado o teste de Kolmogorov-Smirnov (teste K-S). Este teste é um teste paramétrico e de grande utilização, em que é exigido que a forma da distribuição amostral seja conhecida e serve para verificar o ajustamento à normalidade de uma variável de nível ordinal ou superior (Martinez e Ferreira, 2010). Para além do teste de K-S é habitual efectuar o teste Shapiro-Wilk (Maroco, 2007), que é um teste alternativo e que permite chegar a conclusões idênticas ao teste K-S, mas é mais robusto quando se analisam amostras com menor dimensão (entre 3 e 200 elementos). Para estes testes a hipótese nula (H_0) é que os valores apresentam distribuição normal.

O passo seguinte no estudo foi comparar as médias das populações. Para isto, recorreu-se a testes de Análise de Variâncias (ANOVA) Este método compara a variância dentro das amostras ou grupos (variância residual) com a variância entre amostras ou grupos (variância do factor). Se a variância residual (aquela associada a erros de medidas, entre outros) for significativamente inferior à variância entre os grupos ou amostras, então as médias populacionais estimadas a partir das amostras, não são todas iguais (Maroco, 2007). A hipótese nula (H_0) neste teste ANOVA é a de que todas as médias são iguais e por conseguinte basta que apenas uma seja diferente para que se rejeite a hipótese nula. É esta a razão para se fazer testes *Post-Hoc*, por exemplo o teste LSD (Least Significant Difference), de modo a identificar os grupos cujos valores médios são estatisticamente iguais.

O ANOVA exige que as observações sejam independentes, que a distribuição dos valores seja normal e que as variâncias populacionais sejam homogéneas (Maroco, 2007). O teste de Levene (Maroco, 2007) é um dos testes mais potentes e particularmente robusto a desvios de normalidade e foi aplicado para testar a homogeneidade de variância dos grupos. A hipótese nula (H_0) do teste Levene é: a de que, a variância de todos os grupos em análise é igual. Quando não se verificou a homogeneidade das variâncias, usaram-se os testes de Welch e de Brown-Forsythe (Gageiro, 2008) que são robustos para testar a igualdade das médias.

Neste projecto foi avaliado o efeito das conchas, efeito dos diferentes lotes de ingredientes, o efeito dos inutilizados, tendo sido estudado um factor de cada vez,

utilizando-se o ANOVA One-Way. O teste ANOVA Two-Way também foi aplicado, tendo-se estudado o efeito de dois factores em simultâneo na média dos grupos, usando o GLM, modelo linear geral (Gageiro, 2008).

Quando os dados não apresentam distribuição normal recorreu-se a técnicas não paramétricas. O teste de Kruskal-Wallis representa uma alternativa não paramétrica ao ANOVA para amostras independentes quando não se encontram as condições de aplicação de um teste paramétrico (Martinez, Ferreira, 2010). O teste de Kruskal-Wallis é aplicado para a comparação das medianas de três ou mais amostras inigualáveis (Miller, 2005). Os resultados deste teste são baseados na ordenação dos valores e não nos valores exactos. Este teste é sempre bilateral dado que apenas permite verificar se existem ou não diferenças significativas entre os grupos face à variável envolvida. Não permite assim verificar isoladamente quais os grupos que diferem entre si (Martinez, Ferreira, 2010). Neste teste a hipótese nula é (H_0): os grupos são significativamente iguais.

3 Análise e Discussão dos Resultados

3.1 Rastreabilidades Internas

Foram realizadas quatro rastreabilidades internas ao produto acabado e três rastreabilidades internas às matérias-primas. A partir das rastreabilidades efectuadas tanto às matérias-primas como ao produto acabado conclui-se que se consegue seguir, tal como esperado, o rasto desde as matérias-primas até ao produto acabado e vice-versa.

3.2 Análise dos Dados Relativos à Unidade Fabril UF1

Os resultados usados neste estudo foram obtidos no controlo de processo ao longo de vários meses. Nesta unidade fabril foram estudadas oito massas diferentes, tendo sido atribuído um número de boletim a cada uma (boletins 163, 185, 186, 198, 228, 250, 276 e 277). A partir de agora cada massa de chocolate será identificada por boletim. Na tabela 3.1 apresentam-se os dados relativos aos ingredientes usados na preparação das 8 massas, sendo neste trabalho designados pelo respectivo número de lote. Pode-se verificar que existem muitos lotes de ingredientes a variar, com a excepção do aroma e dos inutilizados de fabrico.

Tabela 3.1 Dados relativos aos ingredientes e seus lotes para a unidade UF1.

Ingrediente	Total de lotes	Designação do lote (n1;n-1)*
Manteiga de cacau	6	103 (-2;0); 109 (-3;0); 110(-4;0); 124 (-3;0); 207(-4;0); 263(-2;0)
Licor de cacau	6	103(1); 207(-1); 208(-1); 238(3); 263(1); 323(2)
Leite	2	93 (5;-1); 302(2;-1)
Lactosoro	5	132(1); 133 (4;-1); 256(2;-1)
Açúcar	7	110209(-1); 110215 (-4); 110218(-3); 110223(-1); 110302(-2); 110311(-3); 110317(-2)
Aroma	1	73 (8)
Lecitina	3	59 (3); 187(-4); 257(-4)
Tipo inutilizados	1	185402(8)

* n é o número de utilizações sozinho; -n é o número de utilizações misturado com outro lote

Em cada massa foram analisadas a tensão de corte (σ_p), a viscosidade (σ_0), a tensão de corte crítica (σ_{0ICC}), e a granulometria. Na tabela 3.2 visualiza-se para cada variável estudada, a média das médias das 5 réplicas feitas para cada boletim, o desvio padrão das médias dos boletins e o desvio relativo em percentagem para cada boletim.

Tabela 3.2 Resultados médios globais das análises efectuadas em todos os boletins da unidade UF1.

	Valores médios	Desvio padrão	Desvio padrão relativo (%)
σ_p (Pa)	12,611	0,495	3,94
μ_o (Pa.s)	3,162	0,081	2,60
σ_{oOCC} (Pa)	11,648	0,459	3,94
Granulometria (mm)	0,0112	0,0015	13,5

Os valores das variáveis e da composição pormenorizada obtidos para essas massas de chocolate encontram-se na tabela B.1 no anexo B.

Tendo em conta os dados obtidos e a complexidade das variáveis foi usado o SPSS para tratar estatisticamente os resultados. Os valores de tensão de corte, tensão de corte crítica, de viscosidade e da granulometria foram considerados como resposta (variáveis dependentes); as conchas e os ingredientes usados na confecção das massas (referidos pelos respectivos números de lote) como factores. Os objectivos da análise de resultados foram: estudar o efeito da concha e o efeito da variação dos lotes de ingredientes nas características das massas. De referir que, no que respeita ao efeito dos ingredientes, existiram limitações neste estudo pois o mesmo lote de ingrediente foi utilizado em mais do que uma massa (tabela 3.1) e noutros casos, variaram em simultâneo os lotes de mais do que um ingrediente, não permitindo separar o efeito de cada ingrediente. Estas situações colocaram entraves no aprofundamento do estudo. Os efeitos do aroma e dos inutilizados de fabrico (presença e tipo) não puderam ser estudados porque não houve nenhuma variação.

Exploração dos dados

Foram traçados gráficos de caixa de bigodes (figura C.1 no anexo C1) para a tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica e granulometria. A exploração desta análise prévia de resultados permitiu verificar que não existiam “outliers” (pontos anormalmente desviados) severos nos resultados.

O passo seguinte consistiu em verificar se os dados se ajustavam à distribuição normal. Para o efeito foram usados os testes paramétricos de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk, para todas as massas de chocolate fabricadas, traduzidas pelo número de boletim nas diferentes conchas (5, 7 e 8) e cujos resultados para as variáveis independentes tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica e granulometria estão resumidos nas tabelas 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6, respectivamente. Os resultados obtidos mostraram que se deve aceitar a hipótese nula (ver capítulo 2.3) de

que a distribuição dos valores é normal para todos os boletins e para as variáveis dependentes, com exceção da granulometria, uma vez que os valores do nível de significância (probabilidade de rejeitar a hipótese nula sabendo que é verdadeira) que se encontram nas tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 são todos superiores a 0,05. No caso da granulometria (tabela 3.6) os resultados obtidos em 5 das 8 massas estudadas não apresentaram uma distribuição normal. Concretamente, as massas com boletim 163,198, 228, 276 e 277, apresentaram valores de significância para o teste de Shapiro-Wilk, inferiores a 0,05, ou seja, para estas massas a probabilidade de rejeitar erradamente a hipótese nula foi inferior a 5 %. Se for considerado um nível de significância de 0,01, então a hipótese nula só era rejeitada para 3 massas (228, 276 e 277). Com o objectivo de obter uma distribuição normal dos resultados foi feita a transformação logarítmica, calculou-se a raiz quadrada e a recíproca da variável granulometria, mas nenhum destes tratamentos teve êxito.

Através destes testes verificou-se que a tensão de corte, a viscosidade e a tensão de corte crítica podiam ser estudadas usando testes paramétricos mas tal não pôde ser aplicado à granulometria. Esta variável foi avaliada recorrendo a testes não paramétricos.

Tabela 3.3 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro tensão de corte.

Nº Boletim	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.	
σ_p (Pa)	163	0,227	5	0,200*	0,916	5	0,507
	185	0,184	5	0,200*	0,959	5	0,801
	186	0,343	5	0,055	0,790	5	0,067
	198	0,271	5	0,200*	0,911	5	0,474
	228	0,203	5	0,200*	0,917	5	0,512
	250	0,167	5	0,200*	0,972	5	0,887
	276	0,273	5	0,200*	0,811	5	0,099
	277	0,209	5	0,200*	0,963	5	0,831

^a). Correção de Lilliefors; *. limite inferior de significância; df. Graus de Liberdade; Sig. Significância

Tabela 3.4 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro viscosidade.

Nº Boletim		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.
μ (Pa.s)	163	0,289	5	0,199	0,896	5	0,390
	185	0,315	5	0,117	0,810	5	0,097
	186	0,176	5	0,200 [*]	0,969	5	0,869
	198	0,299	5	0,163	0,878	5	0,299
	228	0,202	5	0,200 [*]	0,961	5	0,818
	250	0,228	5	0,200 [*]	0,903	5	0,425
	276	0,209	5	0,200 [*]	0,945	5	0,702
	277	0,157	5	0,200 [*]	0,994	5	0,993

^{a)}. Correção de Lilliefors; *. Limite inferior de significância; df. Graus de Liberdade; Sig. Significância

Tabela 3.5. Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro tensão de corte crítica ("yield value").

Nº Boletim		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.
σ_{01cc} (Pa)	163	0,227	5	0,200 [*]	0,916	5	0,505
	185	0,185	5	0,200 [*]	0,958	5	0,793
	186	0,343	5	0,055	0,790	5	0,067
	198	0,270	5	0,200 [*]	0,912	5	0,477
	228	0,203	5	0,200 [*]	0,917	5	0,514
	250	0,166	5	0,200 [*]	0,972	5	0,890
	276	0,274	5	0,200 [*]	0,810	5	0,097
	277	0,209	5	0,200 [*]	0,963	5	0,830

^{a)}. Correção de Lilliefors; *. Limite inferior de significância; df. Graus de Liberdade; Sig. Significância

Tabela 3.6 Resultados do teste de normalidade relativos aos boletins das massas para o parâmetro granulometria.

Nº Boletim	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.
Granulometria 163	0,349	5	0,046	0,771	5	0,046
185	0,231	5	0,200	0,881	5	0,314
186	0,300	5	0,161	0,883	5	0,325
198	0,327	5	0,087	0,728	5	0,018
228	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006
250	0,300	5	0,161	0,883	5	0,325
276	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006
277	0,473	5	0,001	0,552	5	0,000

^a). Correção de Lilliefors; *. Limite inferior de significância; df. Graus de Liberdade; Sig. Significância

A representação gráfica dos valores das médias das 4 variáveis dependentes com os respectivos intervalos de confiança (nível de confiança de 95%) encontra-se na figura 3.1. Para as tensões de corte e tensões de corte crítica, os gráficos não permitiram identificar diferenças entre os vários boletins (considerando o intervalo contendo os valores das médias e respectivos limites de confiança).

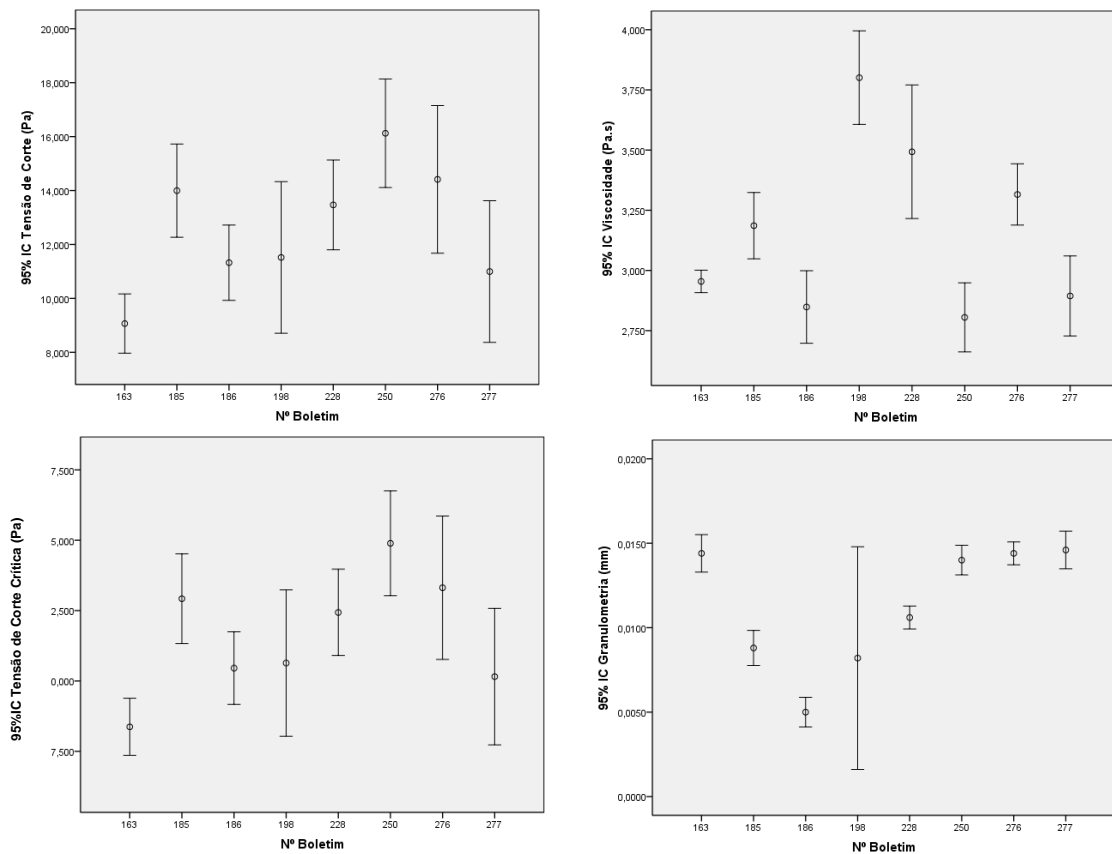


Figura 3.1 Gráfico das médias e respectivos intervalos de confiança para as 4 variáveis dependentes para os diferentes boletins.

No caso da variável viscosidade (figura 3.1) distinguiram-se pelo menos dois grupos de valores, um correspondente aos boletins nº 163, 186, 250 e 277, e outro correspondendo aos restantes boletins. Neste grupo, todos os boletins nº163, 186 e 277 foram produzidos na concha nº7, excepto o boletim nº250 que foi produzido na concha nº8. O outro grupo que se destaca inclui os boletins nº 185, 198, 228 e 276 sendo estes boletins produzidos na concha nº8, à excepção do boletim nº228 que correspondente à concha nº5. As excepções verificadas em cada grupo, boletins nº 228 e 250, sugeriram que o factor concha não afectaria a viscosidade, porque o boletim nº250 foi produzido na concha nº8 e estava agrupado com os boletins da concha nº7 e o boletim nº228 correspondente à concha nº5 estava agrupado com os da concha nº8.

Dos resultados de granulometria (figura 3.1) verificou-se que o boletim nº 198 apresentou uma dispersão de valores muito superior relativamente aos restantes; relativamente aos restantes 7 boletins verificou-se que os valores do 186 distinguiram-

se dos valores dos outros dois grupos (185; 228) e (163, 250,276, 277). Estes dois grupos assemelhavam-se entre si nas conchas, mas com algumas exceções como por exemplo, o boletim nº185, cuja massa foi produzida na concha nº8 e nesta análise parece estar agrupada com o boletim nº228 que usou a concha nº5. De lembrar que nesta análise não foi possível tirar conclusões seguras pois, como foi referido atrás, para a variável granulometria a distribuição dos resultados da maioria dos boletins não se ajustava à normalidade.

ANOVA

Para avaliar se os resultados de cada variável são iguais recorreu-se à análise de variância (ANOVA). Este teste requer que as amostras sejam independentes, que variáveis tenham uma distribuição normal e que se verifique a homogeneidade das variâncias populacionais. Por isso, a granulometria não foi estudada pelo ANOVA, mas sim recorrendo a testes não paramétricos, mais propriamente o teste Kruskal-Wallis.

Para testar a condição de homogeneidade foi usado o teste de Levene (ver capítulo 2.3) para as três variáveis dependentes que apresentaram uma distribuição normal. Os valores de significâncias obtidos com este teste (ver Anexo C1) foram todos superiores a 0,05, mostrando que se pode aceitar a homogeneidade de variâncias para as 3 variáveis dependentes.

Procedeu-se então ao teste one-way ANOVA e os resultados obtidos (ver Anexo C1) permitiram afirmar, com um nível de significância igual ou superior a 0,05, que para as variáveis tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”), as médias dos oito boletins estudados não são todas iguais.

A ANOVA não permite identificar quais são os boletins que diferem significativamente. Para averiguar este aspecto recorreu-se a um teste *Post Hoc*, o teste LSD (ver capítulo 2.3) para um nível de significância de 0,05. O resultado desta análise, apresentado no Anexo C1, permitiu constatar que para a viscosidade, as massas correspondentes ao boletim nº 228 e ao boletim nº 198 são completamente diferentes de todas as outras. Para além disto, com os testes *Post-Hoc* verificou-se que, para todas as variáveis estudados os boletins nº163 juntamente com o boletim nº277 são iguais e os boletins nº186 e nº277 também são iguais entre si. Todos os outros boletins têm algumas semelhanças umas com as outras, mas não se consegue obter nada conclusivo para todas as variáveis estudadas.

As semelhanças e as diferenças que foram encontradas nos boletins, com este teste sugerem que o factor concha esteja a justificar estes resultados, porque os boletins

nº163, 186 e 277 dizem todos “respeito” à concha nº7 e os outros boletins à concha 5 e 8.

Para além de o factor concha, o factor ingrediente também poderia estar a interferir nos resultados e por isso foi também feita a análise de variância a dois factores, a two-way ANOVA, estudando o efeito da concha e dois conjuntos de ingredientes, usando as variáveis tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”). De salientar, que nesta unidade UF1 foram obtidos dados de um só ensaio para a concha nº5, quatro ensaios para a concha nº7 e três ensaios para a concha nº8. No estudo da influência dos ingredientes, emparelhou-se quatro boletins dois a dois (Boletim nº 185 e 186 com os Boletins nº 276 e 277), ficando com ingredientes iguais e duas conchas diferentes (concha nº7 e concha nº8). No Anexo C1 são apresentados os resultados obtidos pelo teste GLM (“General Linear Model”) para as variáveis tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”). A partir da visualização das tabelas dadas pelo GLM considerou-se que o efeito da concha foi significativo (porque a probabilidade de rejeitar a hipótese nula foi zero). O efeito dos dois lotes diferentes de ingredientes não foi significativo, porque o valor da significância deste factor foi elevado, para um nível de confiança de 95%,

Testes não paramétricos

No estudo da granulometria recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis que é um teste não paramétrico, em que a distribuição normal não constitui um requisito essencial. Para aplicar este teste teve que se atribuir a cada boletim um novo número, de forma a obedecer aos requisitos do programa do SPSS. Seguidamente este teste vai ordenar os novos boletins por ordem crescente do seu valor e cada um dos valores passa a ser representado pela posição (designada por “rank” ou ordem) que ocupa nessa sequência. Estes valores de ordem permitem estudar a localização dos grupos. O teste de Kruskal-Wallis testa a seguinte hipótese nula H_0 : as distribuições têm o mesmo parâmetro de localização;

Na tabela 3.7 apresenta-se o posicionamento dos grupos dado pelo valor da ordenação média para todos os boletins. Verificou-se que a ordenação média relativa ao grupo 8 (tabela 3.7) foi a mais elevada. Isto indicou que o grupo 8 apresentou valores mais elevados de granulometria, uma vez que “ranks” superiores implicam valores absolutos da variável superiores (Martinez, Ferreira, 2010). A tabela 3.7 também mostra a existência de quatro conjuntos de grupos diferentes com medianas semelhantes (conjunto 1 com o grupo 1,7 e 8; conjunto 2 com o grupo 6; o conjunto 3 com o grupo 2,4 e 5 e o conjunto 4 com o grupo 3). Estes conjuntos de grupos

distinguem-se pelos diferentes lotes de ingredientes usados. Na tabela 3.8, mostram-se os resultados da aplicação do teste de Kruskal-Wallis. Como a significância assintótica obtida para esta estatística, da granulometria, foi nula, os parâmetros de localização central dos grupos não foram todos iguais.

O teste Kruskal-Wallis também permite que se visualize as frequências nos grupos e que se distinga o número de amostras de cada grupo que se encontram acima da mediana e os que se encontram na mediana ou abaixo dela. Na tabela 3.9 encontram-se os resultados deste teste e evidencia que os grupos 2,3 e 5 apresentaram valores abaixo ou iguais ao da mediana e os restantes grupos têm valores predominantemente acima da mediana.

Tabela 3.7. Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins.

Grupo (Boletim)	N	Ordenação média
1 (Nº 163)	5	30,50
2 (Nº185)	5	11,20
3 (Nº186)	5	5,30
4 (Nº198)	5	12,30
5 (Nº228)	5	15,80
6 (Nº250)	5	26,70
7 (Nº276)	5	29,80
8 (Nº277)	5	32,40
Total	40	

Tabela 3.8 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins.

	Granulometria
Chi ²	29,151
Df	7
Significância assintótica	0,000

Variável de grupo: Boletim

Tabela 3.9 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins.

		Boletim							
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
Granulometria	> Mediana	4	0	0	2	0	4	5	4
	≤ Mediana	1	5	5	3	5	1	0	1

Após ter realizado o teste de Kruskal-Wallis para todos os boletins estudados decidiu-se aplicar novamente o teste de Kruskal-Wallis, mas desta vez apenas para quatro boletins. Estes quatro boletins têm a particularidade de constituírem dois conjuntos diferentes, em que os lotes de ingredientes são iguais para cada conjunto o que os distingue são as conchas. Assim obteve-se um conjunto constituído pelos boletins nº 185 (Grupo 1) e 186 (Grupo 2) (respectivamente, concha nº 8 e concha nº 7) e o outro conjunto é constituído pelos boletins nº 276 (Grupo 3) e 277 (Grupo 4) (respectivamente concha nº 8 e nº7). A tabela 3.10 identifica o número de grupos formados, 4, mostra que a ordenação média maior foi para o grupo 4 e que existiram dois conjuntos de grupos diferentes, em que os primeiros dois grupos têm as menores ordenações e os dois restantes têm as maiores. O teste de Kruskal-Wallis permitiu avaliar se para os quatro boletins estudados a variável granulometria era toda igual entre os grupos ou não. Estes resultados estão apresentados na tabela 3.11 onde se verificou que a granulometria para estes quatro boletins não era toda igual porque a significância assintótica foi aproximadamente zero. Para se descobrir como é que se distribuiu a ordem da mediana de cada grupo relativamente à ordem global de todas as amostras foi também avaliada a distribuição das frequências. Estes resultados são indicados na tabela 3.12 e mostraram que existiam diferenças evidentes: grupos 1 e 2 (boletins nº 185 e nº186) relativamente aos grupos 3 e 4 (boletins nº 276 e 277). Estas diferenças são mostradas pelos valores das medianas, em que para os dois primeiros grupos (1 e 2), todos os valores de granulometria eram abaixo da mediana enquanto para os outros dois grupos, 3 e 4 estavam iguais ou acima da mediana. Considerando que, o que distingue os dois conjuntos de grupos são os lotes de ingredientes considera-se que a diferença na granulometria advém dos lotes diferentes e é independente das conchas.

Tabela 3.10 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os quatro boletins.

Grupo (Boletim)	N	Ordenação média
Granulometria 1 (Nº185)	5	8,00
2 (Nº 186)	5	3,00
3 (Nº 276)	5	14,80
4 (Nº 277)	5	16,20
Total	20	

Tabela 3.11 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os quatro boletins.

	Granulometria
Chi ²	16,779
Df	3
Significância assintótica	0,001

Variável grupo: Boletim

Tabela 3.12 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os quatro boletins.

	Boletim			
	1,00	2,00	3,00	4,00
Granulometria > Mediana	0	0	5	5
≤ Mediana	5	5	0	0

3.3 Análise dos Dados Relativos à Unidade Fabril UF2

Nesta unidade fabril foram estudadas trinta e três massas de chocolate (boletins) diferentes, obtidas na única concha existente e analisadas ao longo dos meses de estudo. Os boletins estudados só variaram entre si nos lotes de ingredientes usados e no tipo de inutilizado de fabrico usado, caso tenham sido incorporados. Os valores medidos para controlo de cada massa de chocolate (boletim) e os respectivos componentes utilizados em cada boletim encontram-se descritos no Anexo B2. Os valores medidos de tensão de corte, tensão de corte crítica (“yield value”), viscosidade e a granulometria de cada massa de chocolate foram considerados como resposta na análise de dados por SPSS e os parâmetros que identificam os constituintes das massas de chocolate (componente e respectivo número de lote) como factores. Os objectivos da análise de resultados foram: i) estudar o efeito da utilização de inutilizados de fabrico nas características da massa obtida; e ii) identificar efeitos da variação dos lotes de ingredientes nos parâmetros avaliados das massas.

Para esta unidade fabril o estudo do efeito dos lotes de ingredientes continuou a ter limitações nos factores em estudo, pois houve variação em simultâneo de vários lotes de ingredientes, não sendo possível separar o efeito de cada ingrediente nas propriedades da massa obtida. Por exemplo, na massa do boletim 27M foi usada a manteiga de cacau do lote 110 e 124 e de leite o lote 93 e 302. Por outro lado, verificou-se que em todos os boletins em que foi usado o inutilizado de fabrico 180147 foram sempre usados os mesmos lotes de lecitina e de aroma, não sendo possível averiguar o efeito doutro lote de lecitina e/ou de aroma para as massas preparadas com este inutilizado. Estas circunstâncias dificultaram a identificação concreta de qual dos ingredientes tem efeitos nas variáveis estudadas. Tendo em consideração, este género de limitações, o primeiro passo da análise de resultados consistiu em seleccionar os resultados que permitiriam identificar alguns efeitos, e quais os efeitos que se podiam estudar.

Na tabela 3.13 estão apresentados os dados relativos aos ingredientes com indicação dos números de lotes utilizados e respectiva frequência de utilização. Pode-se verificar que existiram diversos lotes a variar nos 33 boletins estudados. No caso dos inutilizados de fabrico, foram “aproveitados” três tipos diferentes de inutilizados de fabrico (referências 180147, 180156 e 181104) e nos boletins em que não foram introduzidos inutilizados de fabrico foi representado como lote zero. Na tabela 3.14 visualiza-se para cada variável estudada, a média das médias das 5 réplicas feitas para cada boletim, o desvio padrão das médias dos boletins e o desvio relativo em percentagem para cada boletim.

Apesar de se ter tentado estudar outros ingredientes, apenas se conseguiu estudar o efeito do açúcar. Não se conseguiu estudar os outros ingredientes porque existe uma grande variedade de lotes a variar em simultâneo dos vários ingredientes e não existiam mais de três boletins, que eram importantes para se ter uma amostra representativa, em que o mesmo lote dos outros ingredientes se mantivesse constante.

Tabela 3.13 Dados relativos aos ingredientes e seus lotes para a unidade UF2.

Ingrediente	Total de lotes	Designação do lote (n ₁ ;n ₋₁)*
Manteiga de cacau	6	109 (-; 2); 110 (5; 3); 124 (-3; 3); 219 (9; -1); 260 (3; -2); 514 (8;-1)
Licor de cacau	9	1676 (2; -1); 238 (2; -2); 264 (7; -1); 323 (-1); 351(7; -3); 350 (-1); 422(-1); 368 (4; -1); 513 (7; -1)
Leite	6	1464 (2; -1); 2 (2; -1); 93 (2;-3) ; 302(3; -3); 338 (14; -1); 518 (7; -1)
Lactosoro	5	1734 (2); 133 (10; -1); 256 (10; -1); 363 (5; -1); 465 (6;-1)
Açúcar	8	140111(1); 250211(5); 30311(6); 150311(3); 10411 (7; -1); 70411(2;-1); 210411(5); 40511(4)
Aroma	2	73 (26); 307 (9)
Lecitina	3	187 (22; -2); 337 (4; -5); 473 (4; -3)
Tipo inutilizados	4	180147 (16; -3); 0 (11); 180156 (-1); 181104 (4;-3);

* n é o número de utilizações sozinho; -n é o número de utilizações misturado com outro lote

Tabela 3.14 Resultados médios globais das análises efectuadas em todos os boletins da unidade UF2.

	Valores médios (das médias)	Desvio padrão	Desvio padrão relativo (%)
σ_p (Pa)	10,877	0,632	5,81
μ_o (Pa.s)	2,508	0,041	1,7
σ_{oicc} (Pa)	10,056	0,579	5,76
Granulometria	0,0195	0,0007	3,7

3.3.1 Análise dos Dados Relativos ao Efeito do Inutilizado de Fabrico

É de salientar que existiram boletins que apresentaram misturas de inutilizados de fabrico, como é o caso dos boletins nº 44M, 45M e 47M. Nestes boletins houve dificuldades e limitações em distinguir qual dos inutilizados é que interferiu mais nas variáveis estudadas, isto é, nos parâmetros medidos nas massas de chocolate. Para estudar o efeito do tipo de inutilizado de fabrico foram seleccionados os boletins das massas de chocolate em que os lotes dos restantes ingredientes eram iguais (boletins nº 41M, 42M, 43M, 45M e 46M). O conjunto de resultados obtidos por este critério incluiu uma massa sem inutilizados de fabrico (43M), uma massa com o inutilizado de fabrico com a referência 180156 (42M), duas massas com o inutilizado de fabrico com a referência 180147 (41M e 46M) e uma massa com mistura de inutilizados de fabrico (45M). Desta forma foi-se estudar isoladamente o efeito dos diferentes inutilizados de fabrico, incluindo a ausência deles.

Exploração dos dados

Esta parte inicial da análise estatística relativa às massas produzidas na unidade fabril UF2 foi iniciada da mesma forma que na unidade UF1. Logo o primeiro passo desta análise foi fazer uma análise exploratória dos dados para retirar pontos “outliers” severos, usando a informação retirada dos gráficos caixas de bigodes (ver no Anexo C2), e fazer uma análise descritiva dos resultados. De seguida aprofundou-se mais a análise de forma a verificar se os dados se ajustavam à distribuição normal, recorrendo-se aos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk (ver capítulo 2.3). Os resultados desta análise em cada variável dependente (tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) e granulometria), para as massas de chocolate estudadas estão resumidos na tabela 3.15. Os resultados obtidos mostraram que, excepto para a granulometria, todos os resultados obtidos para as massas se ajustam à distribuição normal (nível de significância de 0,05), tal como foi observado na UF1. A análise da granulometria foi por isso tratada separadamente e recorrendo aos testes não paramétricos.

Para se fazer uma primeira avaliação das possíveis diferenças entre os boletins foram traçados os gráficos de erros (nível de confiança de 95%.) para as variáveis dependentes estudadas (ver figura 3.2). Verificou-se para as três variáveis dependentes que têm uma distribuição normal, que o boletim nº45M apresentava um comportamento totalmente diferente dos outros. Este estudo foi realizado com boletins de massas produzidas com os mesmos lotes de ingredientes mas com referências diferentes de inutilizados de fabrico. No caso do boletim nº45M havia uma mistura de inutilizados de fabrico (referências 181104 e 180147), isto sugere que esta mistura esteja a influenciar os resultados. Para além desta informação também se pode visualizar no gráfico da figura 3.2 que, no caso da variável viscosidade, o boletim 43M também se destacou dos outros, tendo um valor mais baixo de viscosidade em comparação com a dos outros. Tendo em conta que os ingredientes para este grupo de boletins estudados eram todos idênticos entre si, e que o boletim 43M era a única massa em que não foi adicionado inutilizados de fabrico, levou a considerar que a viscosidade era afectada pelos inutilizados de fabrico enquanto, a tensão de corte e a tensão de corte crítica não eram afectadas pela presença de inutilizados de fabrico.

Tabela 3.15 Resultados do teste de normalidade para todas as variáveis e para todos boletins estudados no efeito dos inutilizados de fabrico.

	Nº Boletim	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.
σ_p (Pa)	41,00	0,263	5	0,200 [*]	0,891	5	0,364
	42,00	0,214	5	0,200 [*]	0,934	5	0,623
	43,00	0,298	5	0,169	0,901	5	0,416
	45,00	0,224	5	0,200 [*]	0,968	5	0,859
	46,00	0,234	5	0,200 [*]	0,896	5	0,390
μ_o (Pas)	41,00	0,186	5	0,200 [*]	0,971	5	0,884
	42,00	0,220	5	0,200 [*]	0,866	5	0,252
	43,00	0,165	5	0,200 [*]	0,963	5	0,828
	45,00	0,173	5	0,200 [*]	0,949	5	0,733
	46,00	0,414	5	0,005	0,707	5	0,011
σ_{oICC} (Pa)	41,00	0,265	5	0,200 [*]	0,892	5	0,368
	42,00	0,214	5	0,200 [*]	0,935	5	0,631
	43,00	0,296	5	0,176	0,903	5	0,424
	45,00	0,223	5	0,200 [*]	0,969	5	0,866
	46,00	0,237	5	0,200 [*]	0,898	5	0,398
Granulometria (mm)	41,00	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006
	42,00	0,473	5	0,001	0,552	5	0,000
	43,00	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006
	45,00	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006
	46,00	0,367	5	0,026	0,684	5	0,006

a) Correção de Lilliefors *. Limite inferior de significância; df. Graus de Liberdade; Sig. Significância

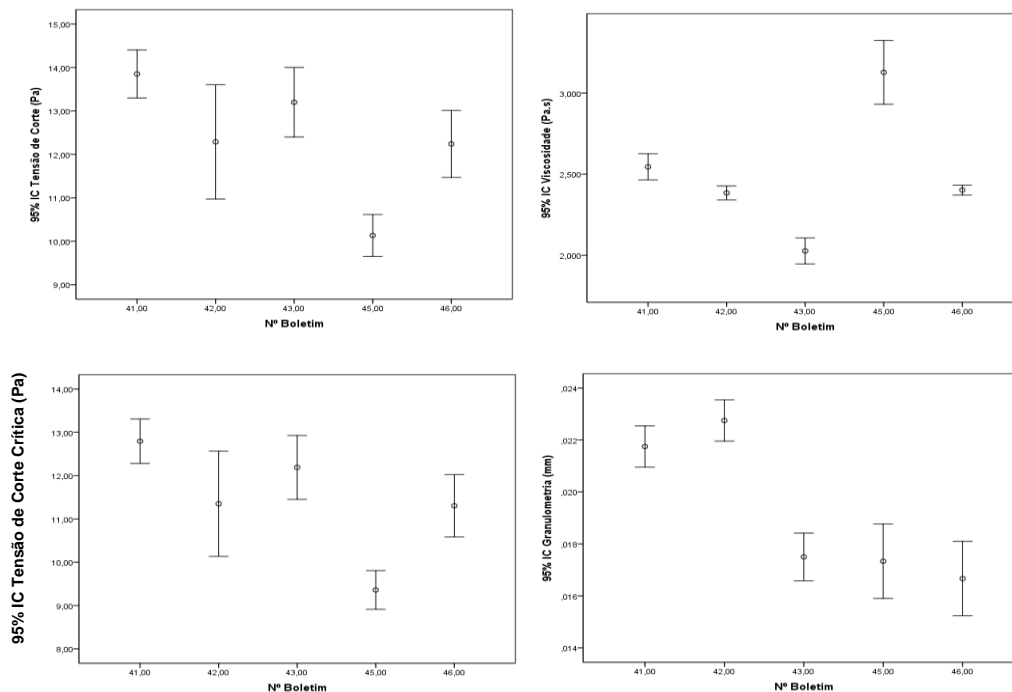


Figura 3.2 Gráficos de erros para todas as variáveis: tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) e a granulometria para o estudo do efeito dos inutilizados de fabrico.

ANOVA

Para se aprofundar o estudo recorreu-se à ANOVA. Para isso começou-se por verificar se existia homogeneidade das variâncias populacionais dos grupos em estudo usando o Teste de Levene. Os resultados obtidos por este teste são apresentados no Anexo C2 e mostraram que as 3 variáveis, tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) cumpriam este requisito para um nível de significância de 0,05. De seguida foram realizados os testes “one-way” ANOVA cujos resultados se apresentam no anexo C2 e que permitiram afirmar para um nível de significância de 0,05 que as médias das variáveis medidas para os grupos (boletins seleccionados) não eram todas iguais. De referir que esta análise estatística não nos permite identificar quais os boletins que diferem significativamente. Para averiguar este aspecto recorreu-se a um teste *Post Hoc*, que consistiu no cálculo do teste LSD para o nível de significância 0,05. Os resultados desta análise (Anexo C2) permitiram confirmar que para todas as variáveis estudadas, o boletim 45M era diferente e inferior a todos os outros boletins nos parâmetros das tensões de corte e corte crítica. Este resultado leva a concluir que a mistura da referência 181104 com o 180147 conduziu a uma massa de chocolate significativamente diferente de todas as outras. No caso do boletim nº43M também se constatou que a viscosidade deste era diferente de todos os outros (ver Anexo C2).

Testes não paramétricos

Tal como na unidade UF1 os resultados da granulometria na unidade UF2 continuaram a não ter uma distribuição normal e para o estudo da granulometria recorreu-se aos testes não paramétricos, mais concretamente ao teste de Kruskal-Wallis.

Neste estudo utilizaram-se os resultados da granulometria obtidos para os mesmos boletins que foram seleccionados para o estudo das outras variáveis. A tabela 3.16 identifica os boletins correspondentes a cada grupo e mostra o modo como foram ordenadas as granulometrias de acordo com o valor médio da ordenação em cada grupo. Através da tabela 3.16 pode-se verificar que a ordenação média mais elevada foi obtida no grupo 2, sugerindo que provavelmente este grupo tem valores mais elevados de granulometria. Além desta informação, a tabela 3.16 também indicou a existência de dois conjuntos de grupos diferentes, um constituído pelos grupos 1 e 2, e outro pelos restantes grupos. Estes dois conjuntos de grupos foram identificados a partir da sua ordenação média, em que os valores de um conjunto são da ordem dos 20 e o outro tem valores a rondar os 10. Os resultados do teste de Kruskal-Wallis

apresentados na tabela 3.17 permitiram identificar que a significância assintótica da granulometria era nula, indicando que a localização central dos grupos não era toda igual. Também foi feita a avaliação das frequências dos grupos e os resultados encontram-se na tabela 3.18, para fazer a distinção entre o número de amostras do grupo que se encontravam acima da mediana e os que se encontravam na mediana ou abaixo dela. Verificou-se que os grupos 1 e 2 apresentaram valores acima da mediana e os restantes grupos tinham valores abaixo da mediana. Isto evidenciou que o boletim nº41M com o inutilizado de referência 180147 exibia frequências de valores iguais ao boletim nº42M com o inutilizado de fabrico de referência 180156. Os outros grupos continham as massas de chocolate com os boletins nºs 43M, 45M e 46M, em que no boletim nº43M não foi introduzido nenhum inutilizado de fabrico e nos outros boletins foram utilizados as misturas de inutilizados de fabrico com a referência 181104 com 180147 e 180147, respectivamente. Estes resultados foram pouco esclarecedores visto que quando se utilizou o mesmo inutilizado de fabrico da referência 180147 foram obtidas duas massas de chocolate (boletins 41M e o 46M) com frequências bastante diferentes (18,30 e 4,20). Tudo isto sugere que possam haver factores externos que não foram controlados e que possam ter afectado o estudo, como pode ser o caso dos lotes dos tipos de inutilizados de fabrico.

Tabela 3.16 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.

	Grupo (Boletim)	N	Ordenação média
Granulometria	1 (Nº41M)	5	18,30
	2 (Nº42M)	5	22,70
	3 (Nº43M)	5	9,90
	4 (Nº45M)	5	9,90
	5 (Nº46M)	5	4,20
	Total	25	

Tabela 3.17 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.

41	Granulometria
Chi ²	21,170
Df	4
Sig.Assimpt	0,000

Variável grupo: Boletim

Tabela 3.18 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 41M,42M,43M, 45M e 46M.

		Boletim				
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Granulometria	> Mediana	5	5	0	0	0
	<= Mediana	0	0	5	5	5

3.3.2. Análise dos Dados Relativos ao Efeito do Açúcar

Após ter estudado o efeito dos inutilizados de fabrico, decidiu-se que seria importante estudar o efeito dos diferentes lotes de ingredientes. Como no caso do açúcar existiam um maior número de boletins que se podiam estudar, optou-se pelo estudo deste ingrediente na massa de chocolate. Para isso foram estudados quatro boletins (39M, 40M,43M e 46M). Estes quatro boletins tinham a particularidade de ter os lotes de ingredientes todos iguais à excepção do açúcar, de que existiam dois lotes diferentes (150311 e 10411) e dos inutilizados de fabrico (dois boletins, o 40M e o 46M utilizaram o inutilizado com a referência180147 e os boletins 39M e 43M não foram introduzidos inutilizados de fabrico). Deste modo com estes quatro boletins pretendeu-se estudar o efeito dos diferentes lotes de açúcares e também o efeito da presença/ ausência de inutilizados de fabrico. A informação detalhada sobre os lotes dos vários ingredientes e sobre os tipos de inutilizados de fabrico pode ser vista no Anexo B, tabela B.2.

Exploração dos dados

A exploração dos dados foi igualmente feita como nos casos anteriores, aplicando os gráficos de bigodes (ver figura C.3, anexo C2), apenas para os quatro boletins em estudo (39M, 40M, 43M e 46M). Foi atribuído o número 1 ao lote açúcar 150311 e o número 2 ao lote de 10411. A análise exploratória dos dados por aplicação dos testes de Kolmogorov-Smirnov e dos testes Shapiro-Wilk, cujos resultados estão apresentados na tabela 3.19 levaram a afirmar que as variáveis tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”) cumprem com o requisito da distribuição normal e o da homogeneidade de variâncias (tabela C.14, anexo C2).

Tabela 3.19 Resultados do teste de normalidade para o estudo dos boletins com os diferentes lotes de açúcar.

	Grupo (Lote de Açúcar)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	Df	Sig.	Estatística	Df	Sig.
σ_p (Pa)	1,00	0,098	15	0,200 [*]	0,977	15	0,941
	2,00	0,118	15	0,200 [*]	0,980	15	0,972
σ_o (Pa.s)	1,00	0,255	15	0,010	0,847	15	0,016
	2,00	0,167	15	0,200 [*]	0,959	15	0,669
σ_{o0icc} (Pa)	1,00	0,100	15	0,200 [*]	0,976	15	0,939
	2,00	0,118	15	0,200 [*]	0,980	15	0,972

Os resultados da granulometria nestes boletins, mais uma vez não aderiam à distribuição normal e por isso esta variável será apresentada posteriormente e analisada por testes não paramétricos. Os gráficos de erros também foram traçados, com um nível de confiança de 95% para a tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica e granulometria (ver figura 3.3). Estes permitiram identificar, numa primeira análise se existem diferenças entre os lotes de açúcar e provavelmente com o efeito dos inutilizados de fabrico. Notou-se claramente que para o caso das tensões de corte e de tensão de corte crítica (“yield value”) existiam diferenças significativas entre as duas massas, em que o lote de açúcar designado por 1 na figura 3.3 apresentou valores de tensões superiores às do lote número 2.

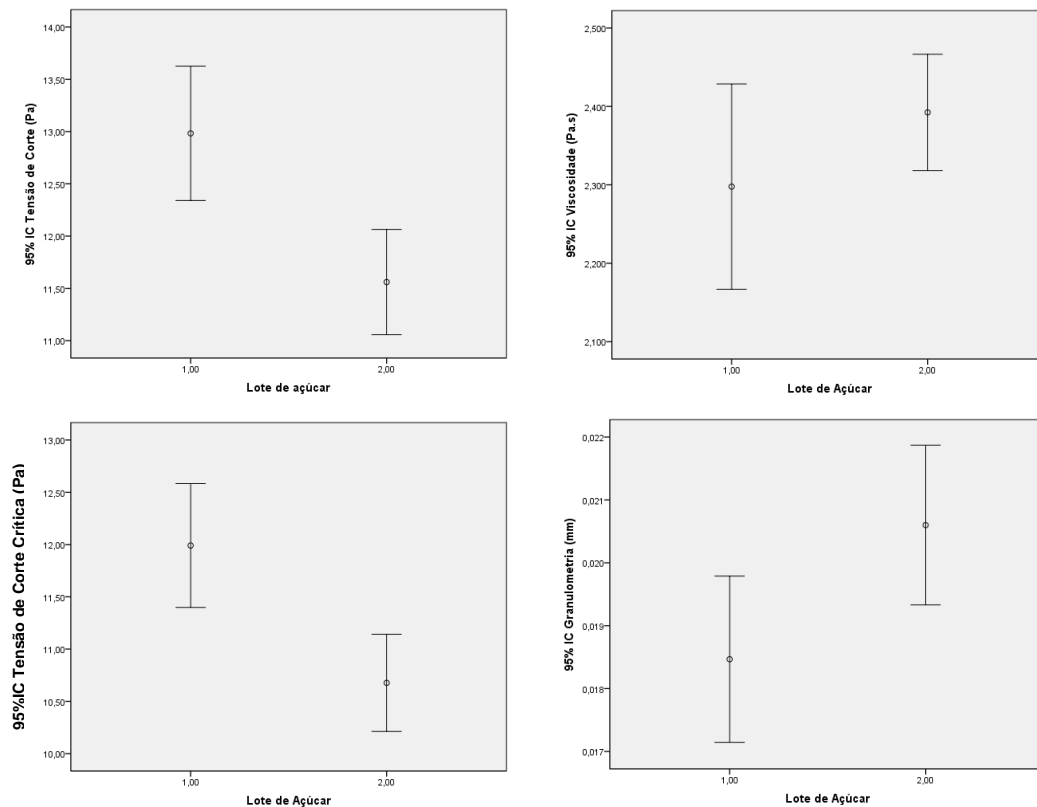


Figura 3.3 Gráficos de erros para todas as variáveis: tensão de corte, viscosidade, tensão de corte crítica (“yield value”) e a granulometria para o estudo do efeito dos lotes de açúcar.

“Two-way” ANOVA

Após ter cumprido todos os requisitos do ANOVA, ou seja, todas as variáveis tinham distribuição normal (tabela 3.19) e homogeneidade das variâncias (tabela C.14) resolveu-se aplicar o teste GLM para estudar mais aprofundadamente o efeito dos lotes de açúcar assim como o efeito da presença de inutilizados de fabrico nos quatro boletins (39M,40M, 43M e 46M) e nas 3 variáveis dependentes, tensão de corte (Anexo C2, tabela C.13), viscosidade (Anexo C2, tabela C.14) e tensão de corte crítica (“yield value”) (Anexo C2, tabela C.15). De acordo com os resultados destes testes, verificou-se que para a tensão de corte é afectada apenas pelo lote de açúcar, a viscosidade é afectada tanto pelo lote de açúcar como pela presença de inutilizados de fabrico e a tensão de corte crítica não é afectada por nenhum destes efeitos (tabelas C.15,C.16 e C.17, respectivamente).

Testes não paramétricos

No estudo da granulometria foram estudados quatro boletins de massas de chocolate (Boletins nº 39M, 40M, 43M e 46M) correspondentes aos quatro grupos 1, 2, 3, e 4

respectivamente. A ordenação média destes grupos, apresentada na tabela 3.20, permitiu verificar que a ordenação média mais elevada foi obtida para o grupo 2, indicando que provavelmente este grupo tem granulometria mais elevada. A mesma tabela também mostra que os valores da ordenação média obtidos são bastante diferentes. Por outro lado o teste de Kruskal-Wallis mostrou que a localização central dos grupos não era toda igual (ver tabela 3.21), dado que o valor da significância assintótica era aproximadamente nulo. A análise da tabela 3.22 permite avaliar a distribuição dos valores dentro de cada grupo relativamente à mediana, a partir das frequências para os vários grupos e do número de amostras do grupo que se encontravam acima da mediana e os que se encontravam na mediana ou abaixo dela. Deste teste verificou-se que os grupos 3 (boletim 43M) e 4 (boletim 46M) apresentaram valores abaixo da mediana, o grupo 2 tinha todos os valores acima ou iguais ao da mediana e o grupo 1 tinha frequências abaixo e acima da mediana, tendo mais valores acima da mediana. Com estes dados restritos considerou-se que as semelhanças em frequências entre os grupos 1 e 2 e os grupos 3 e 4 resultaram dos diferentes lotes de açúcar. Contudo deve-se ter em conta que no grupo 1 houve valores de frequência acima e abaixo da mediana, evidenciando que esta análise era limitada.

Tabela 3.20 Posicionamento dos grupos dados pelo teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M,40M,43M e 46M.

	Grupo (Boletim)	N	Ordenação média
Granulometria	1 (Nº39M)	5	12,6
	2 (Nº40M)	5	18,00
	3 (Nº43M)	5	7,80
	4 (Nº46M)	5	3,60
	Total	20	

Tabela 3.21 Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M,40M,43M e 46M.

	Granulometria
Chi ²	17,060
Df	3
Sig. Assimpt.	0,001

Variável grupo: Boletim

Tabela 3.22 Frequências dos grupos resultantes do teste de Kruskal-Wallis para os boletins 39M,40M,43M e 46M.

		Boletim			
		1,00	2,00	3,00	4,00
Granulometria	> Mediana	3	5	0	0
	<= Mediana	2	0	5	5

4 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objectivo verificar e analisar a importância alimentar da rastreabilidade das matérias-primas e do produto acabado e também determinar e estudar alguns parâmetros da qualidade do chocolate, tais como a viscosidade, a tensão de corte e a tensão de corte crítica (“yield value”).

No estudo da rastreabilidade à matéria-prima e aos produtos acabados verificou-se que foi possível seguir o percurso de todas as matérias-primas e dos produtos acabados estudados, concluindo-se que o controlo de qualidade foi efectuado em conformidade.

Para avaliar e melhorar a qualidade do chocolate foi feito um estudo que se baseou nos valores de tensão de corte, tensão de corte crítica (“yield value”), viscosidade e granulometria do produto na fase final da conchagem. Este estudo foi realizado para uma só formulação de massas de chocolate, provenientes das duas unidades fabris da empresa, a UF1 (unidade modular e semi-automática) e UF2 (unidade totalmente automatizada). Os factores considerados foram, no caso da UF1, o efeito da concha e o efeito dos diferentes lotes de ingredientes juntamente com a concha, e na UF2, em que apenas existe uma concha, os efeitos dos inutilizados de fabrico e o efeito dos diferentes lotes de açúcar juntamente com o efeito da presença/ausência de inutilizados de fabrico. Para realizar esta análise estatística recorreu-se ao SPSS e foi usada a ANOVA para estudar as variáveis viscosidade, tensão de corte e tensão de corte crítica e, para a granulometria cujos resultados não aderiam à distribuição normal, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis.

Na unidade UF1 conclui-se que os parâmetros do chocolate tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica variavam com a concha utilizada e que o efeito da concha é mais significativo que o efeito dos lotes de ingredientes. Pelo contrário, para a granulometria conclui-se que esta era mais afectada pelo efeito dos diferentes lotes de ingredientes do que pela concha.

Na unidade UF2 conseguiu-se estudar o efeito dos vários tipos de inutilizados de fabrico, dos diferentes lotes de açúcar e o efeito da presença/ausência de inutilizados de fabrico. Conclui-se que existiram diferenças entre as massas quando se utilizaram diferentes inutilizados de fabrico, sendo a diferença mais acentuada para uma das cinco massas estudadas. No caso da granulometria, os resultados sugerem que esta variável também é afectada pelos inutilizados de fabrico. No estudo do efeito dos

diferentes lotes de açúcar juntamente com o efeito da presença de inutilizados de fabrico conclui-se que a tensão de corte é afectada apenas pelo lote de açúcar, a viscosidade é afectada tanto pelo lote de açúcar como pela presença de inutilizados de fabrico e a tensão de corte crítica não é afectada por nenhum destes efeitos. Para a granulometria conclui-se que esta era afectada pelos lotes de açúcar estudados.

Isto leva a concluir que possam existir factores não contemplados neste estudo que possam influenciar a qualidade da massa, como o tempo de conchagem, os restantes ingredientes das massas ou a granulometria do açúcar. Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se que se utilize um maior número de ensaios, para permitir obter resultados com maior representatividade. Deve-se prosseguir o estudo do efeito das conchas na qualidade do chocolate. Sugere-se também que se façam estudos com maior variabilidade dos lotes dos ingredientes. Outra das grandes limitações neste trabalho foi o estudo da variável granulometria. Esta variável aparenta ser afectada pelos diversos efeitos, mas devido à grande variabilidade de resultados não pode ser mais aprofundadamente estudada e de forma a obter resultados mais precisos, sugiro que num trabalho futuro se complemente este estudo com análises externas de distribuição do tamanho das partículas (“Particle Size Distribution-PSD”).

Lista de Referências Bibliográficas

Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M. (2007). Factors influencing and textural qualities in chocolate- a review. *Internacional Journal of Food Science & Technology*, 290-298.

Beckett, S.T, 2000. *The science of chocolate*. Royal Society of Chemistry Paperbacks.

Bouzas, J, e Brown, B.D.(1995). Interacting affecting microstructure texture and rheology of chocolate confectionery products. In A.G. Gaonkar (Ed.), *Ingredient interactions; effects on food quality* (pp. 451-528). New York, NY: Marcel and Dekker.

Chevalley, J, 1999. *Chocolate flow properties*. S.T. Beckett (Ed.), *Industrial chocolate manufacture and use* (3rd ed.). (pp 182-200). Oxford: Blackwell Science.

Cook, L. Russel, 1982. *Chocolate production and use*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc New York, 145-236.

Decreto-Lei nº229/2003, 27 de Setembro de 2003, Diário da República.

Gageiro, João N., Pestana, Maria H. (2008). *Análise de Dados para as Ciências Sociais, A Complementaridade do SPSS*. 5ª Edição, Edições Silabo, 273-350.

Maroco, João (2007). *Análise Estatística com utilização do SPSS*. 3ªEdição, Edições Sílabo, 133-180.

Martinez, Luís F., Ferreira, Aristides I. (2010). *Análise de Dados com SPSS, Primeiros Passos*. 3ªEdição, Escolar Editora, 49-129.

Miller, James N., Miller, Jane C.(2005).*Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Fifth edition, Pearson- Prentice Hall, 165-169.

Mongia, G., e Ziegler, G.R. (2000). Role of particle size distribution of suspended solids in defining flow properties of milk chocolate. *International Journal of Food Properties*, 3, 137-147.

Ortemberg, Adriana, 2007. *Paixão pelo Chocolate*. Círculo de Leitores, pág 12-39.

Qualfood,<http://qualfood.biostrument.com/?option=noticia&task=show&id=200> (acedido a 20 de Maio de 2011).

Regulamento (CE) n.º 178/2002, 28 de Janeiro de 2002, Parlamento Europeu e do Conselho.

Schantz, B, e Rohm, H (2005). Influence of lecithin- PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *Lebensmittel-Wissenschaft und Techonologie*, 41-45

Sokmen, A., e Gunes, G. (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT- Food Science & Techonology* , 1053-1058.

Talbot, Geoff, 2009. Science and techonology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products. Woodhead publishing limited and CRC Press LLC, 57-273.

Wikipédia, http://pt.wikipedia.org/wiki/Chocolate#Processamento_do_cacau (acedido em 27 de Julho), <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lecitina> (acedido em 5 de Julho).

Ziegler, G. R., Mongia, G., e Hollender, R. (2001). Role of particle size distribution of suspended solids in defining the sensory properties of milk chocolate. *Internacional Journal of Food Properties*, 4, 353-370.

Anexos

A. Métodos

A.1 Determinação da tensão de corte, da viscosidade e da tensão de corte crítica (“yield value”) nas massas de chocolate

Material e equipamento:

- ✓ Reómetro (HAAKE, VT 550);
- ✓ Computador com software RheoWin 3 Job Manager e Data Manager;
- ✓ Espátula;
- ✓ Taça;
- ✓ Banho termoestático;

Procedimento:

1. Recolher a amostra após o término da conchagem.
2. Ligar o banho termoestático e esperar que este atinja a temperatura de 40°C.
3. Ligar o computador e abrir o software RheoWin 3 Job Manager.
4. Após a temperatura do banho ter estabilizado, colocar a amostra na taça e depois colocar a taça no reómetro.
5. Após ter apertado a taça ao parafuso do reómetro, dar início ao ensaio.
6. No fim do ensaio, abrir o software Data Manager e retirar os resultados da tensão de corte, da viscosidade, do “yield value” e dos valores do ajuste ao modelo.
7. Retirar a taça do reómetro e proceder à sua limpeza, mas apenas com água e colocá-la a secar numa estufa a 40°C.
8. Este procedimento foi repetido cinco vezes, para cada massa recolhida, de modo a proceder a uma estimativa de erros procurando descartar os erros grosseiros (acidentais).

A.2 Determinação da granulometria da massa de chocolate

Material e Equipamento:

- ✓ Espátula;
- ✓ Copo de precipitação;
- ✓ Micrómetro (Mitutoyo, modelo MDC- 25SB);
- ✓ Balança analítica;
- ✓ Parafina líquida.

Procedimento:

1. Retirar durante a fase de conchagem, uma amostra da massa de chocolate.
2. Pesar 5 g da amostra de chocolate, adicionar 1g parafina líquida e misturar bem até ter uma amostra homogênea e sem formação de grumos.
3. Calibrar o micrómetro antes de proceder à análise.
4. Após a mistura estar uniforme, retirar uma pequena quantidade da amostra e colocá-la na abertura do micrómetro.
5. Encostar o parafuso do micrómetro à amostra e rodar três vezes. O resultado é mostrado no visor do micrómetro.

B. Dados obtidos nas duas unidades fabris.

Tabela B.1 Dados com as médias de todos os boletins para todas as variáveis do processo da UF1.

Nº Boletim	Mant cacau	Licor de cacau	Leite	Lactosoro	Açúcar	Aroma	Lecitina	Tipo inut	σ_p (Pa)	η_o (Pas)	$\sigma_{o,icc}$ (Pa)	Granulometria (mm)
163	109;207	207;208	93	132	110209;110215	73	59	185402	9,064	2,954	8,371	0,0144
185	207;110;109	238	93	133	110215;110218	73	59	185402	13,99	3,186	12,92	0,0088
186	207;110;109	238	93	133	110215;110218	73	59	185402	11,32	2,848	10,45	0,005
198	207;110	238	93	133	110215;110218	73	59	185402	11,51	3,800	10,63	0,0082
228	263;110	263	93	133	110223;110302	73	187_257	185402	13,46	3,493	12,43	0,0106
250	263;124	103	93_302	133_256	110302;110311	73	257_187	185402	16,12	2,805	14,89	0,014
276	103;124	323	302	256	110311;110317	73	257_187	185402	14,41	3,315	13,31	0,0144
277	103;124	323	302	256	110311;110317	73	257_187	185402	10,99	2,894	10,15	0,0146

Tabela B.2 Dados com as médias de todos os boletins para todas as variáveis do processo da UF2.

Nº Boletim	Manteiga de cacau	Licor de cacau	Leite	Lactosoro	Açúcar	Aroma	Lecitina	Tipo inutilizados	σ_p (Pa)	η_0 (Pas)	σ_{0iCC} (Pa)	Granulometria (mm)
19M	109; 110	1676	1464	1734	140111	73	187	180147	7,256	2,260	6,701	0,0138
20M	109; 110	1676	1464	1734	250211	73	187	180147	11,68	2,223	10,79	0,0148
21M	110	1676;238	1464;2	133	250211	73	187	180147	8,787	2,480	8,116	0,0168
22M	110	238	2	133	250211	73	187	180147	9,368	2,035	8,652	0,017
23M	110	238	2	133	250211	73	187	180147	9,743	2,235	8,998	0,0152
24M	110	238;264	93	133	250211	73	187	180147	9,570	2,108	8,837	0,015
25M	110	264	93	133	250211	73	187	180147	9,626	2,354	8,893	0,0106
26M	110;124	264	93;302	133	30311	73	187	180147	8,767	3,035	8,098	0,0156
27M	110;124	264	93;302	133	30311	73	187	180147	14,33	2,883	13,244	0,0182
28M	110;124	264	93;302	133	30311	73	187	180147	8,583	2,658	7,927	0,0204
29M	124	264	302	133	30311	73	187	180147	8,603	2,295	7,836	0,0194
30M	124	264	302	133	30311	73	187	180147	9,990	2,297	9,229	0,0184
31M	124	264	302	133;256	30311	73	187	180147	13,55	2,730	12,52	0,0216
36M	219	323;351	338	256	150311	73	187	0	11,37	2,425	10,51	0,0186
39M	219	351	338	256	150311	73	187	0	11,51	2,233	10,64	0,0196
40M	219	351	338	256	150311	73	187	180147	11,78	2,519	10,88	0,0236
41M	219	351	338	256	10411	73	187	180147	14,13	2,526	13,06	0,0216
42M	219	351	338	256	10411	73	187	180156	12,02	2,361	11,11	0,0228
43M	219	351	338	256	10411	73	187	0	12,77	2,023	11,80	0,0174
44M	219	350;351	338	256	10411	73	187	180156;181104	11,43	2,390	10,62	0,0216
45M	219	351	338	256	10411	73	187	181104;180147	10,13	3,169	9,361	0,0174
46M	219	351	338	256	10411	73	187	180147	12,03	2,344	11,12	0,0164
47M	219;360	351;422	338	256	10411	73	187;337	181104;180147	10,958	2,768	10,12	0,0206
48M	360	368	338	363	010411;070411	73	187;337	181104	10,42	2,937	9,621	0,0236

Tabela B.2 Cont.

Nº Boletim	Manteiga de cacau	Licor de cacau	Leite	Lactosoro	Açúcar	Aroma	Lecitina	Tipo inutilizados	σ_p (Pa)	η_0 (Pas)	σ_{OICC} (Pa)	Granulometria (mm)
49M	360	368	338	363	70411	73	337	0	11,57	2,595	10,68	0,0206
50M	360	368	338	363	70411	73	337	0	10,28	2,299	9,491	0,0204
56M	360;514	368	338	363	210411	307	337	0	9,951	2,305	9,189	0,024
57M	514	368;513	338;518	363	210411	307	337	181104	9,654	2,583	8,916	0,0246
58M	514	513	518	363;495	210411	307	337;473	181104	10,27	2,700	9,484	0,0238
59M	514	513	518	495	210411	307	337;473	181104	9,703	2,595	8,962	0,0252
60M	514	513	518	495	210411	307	337;473	0	10,78	2,418	10,36	0,021
64M	514	513	518	495	40511	307	473	0	12,79	2,838	11,81	0,0236
65M	514	513	518	495	40511	307	473	0	12,61	2,940	11,65	0,0158
66M	514	513	518	495	40511	307	473	0	12,23	2,727	11,29	0,0216
67M	514	513	518	495	40511	307	473	0	12,40	2,514	11,46	0,0222

C. Resultados obtidos através do SPSS

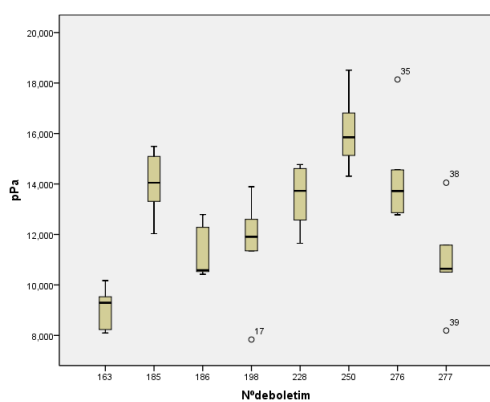
C.1 UF1

Estudo da influência das conchas

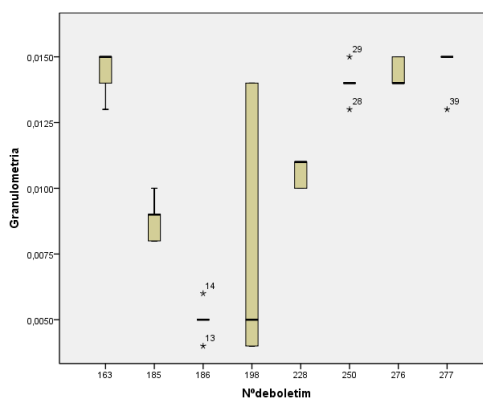
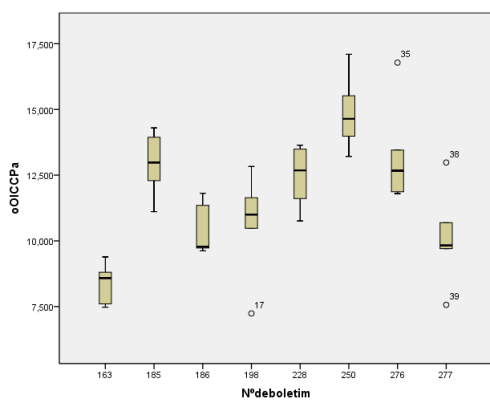
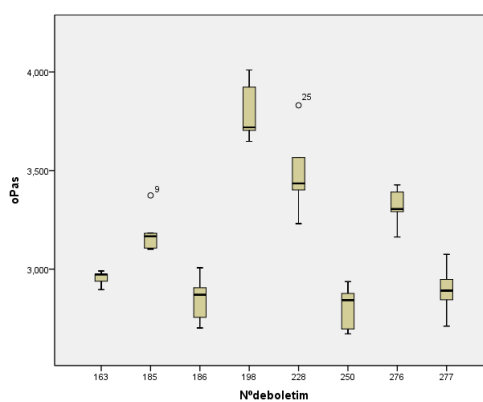
Exploração dos dados

- Caixa de bigodes

a)



b)



c)

d)

Figura C.1 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (c) e granulometria (d) para a UF1.

ANOVA

- Requisito da homogeneidade de variâncias.

Tabela C.1. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias.

	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Tensão de corte	0,461	7	32	0,855
Viscosidade	1,628	7	32	0,163
Tensão de corte crítica ("yield value")	0,465	7	32	0,852

Tabela C.2. Resultados do teste do ANOVA para o estudo dos boletins.

		Soma dos quadrados	df	Média dos quadrados	F	Sig.
σ_p (Pa)	Entre grupos	181,313	7	25,902	9,056	0,000
	Dentro de grupos	91,521	32	2,860		
	Total	272,834	39			
σ_o (Pa.s)	Entre grupos	4,413	7	0,630	34,852	0,000
	Dentro de grupos	0,579	32	0,018		
	Total	4,991	39			
σ_{oicc} (Pa)	Entre grupos	154,717	7	22,102	9,030	0,000
	Dentro de grupos	78,324	32	2,448		
	Total	233,041	39			

Tabela C.3 Resultados dos testes de robustez de ANOVA para o estudo dos boletins.

		Estatística ^a	df1	df2	Sig.
σ_p (Pa)	Welch	12,384	7	13,590	0,000
	Brown-Forsythe	9,056	7	24,314	0,000
σ_o (Pa.s)	Welch	26,966	7	13,114	0,000
	Brown-Forsythe	34,852	7	20,540	0,000
σ_{oicc} (Pa)	Welch	12,382	7	13,589	0,000
	Brown-Forsythe	9,030	7	24,270	0,000
Granulometria (mm)	Welch	88,751	7	13,625	0,000
	Brown-Forsythe	16,630	7	5,167	0,003

a. F distribuído assintoticamente

Tabela C.4 Testes *Post-Hoc* referentes à variável tensão de corte para os diferentes boletins.

(I) N°deboletim	(J) N°deboletim	Diferença média (I-J)	Erro padrão	Sig.	95% Intervalo de confiança	
					Limite mínimo	Limite máximo
163	185	-4,929 [*]	1,070	0,000	-7,108	-2,750
	186	-2,257 [*]	1,070	0,043	-4,436	-0,07892
	198	-2,453 [*]	1,070	0,029	-4,631	-0,2745
	228	-4,401 [*]	1,070	0,000	-6,580	-2,222
	250	-7,057 [*]	1,070	0,000	-9,236	-4,878
	276	-5,347 [*]	1,070	0,000	-7,526	-3,168
	277	-1,930	1,070	0,081	-4,108	0,2484
185	163	4,929 [*]	1,070	0,000	2,750	7,108
	186	2,672 [*]	1,070	0,018	0,4933	4,850
	198	2,476 [*]	1,070	0,027	0,2977	4,655
	228	0,5280	1,070	0,625	-1,650	2,706
	250	-2,128	1,070	0,055	-4,306	0,05069
	276	-0,4180	1,070	0,699	-2,596	1,760
	277	2,999 [*]	1,070	0,009	0,8208	5,1781
186	163	2,2576 [*]	1,070	0,043	0,07892	4,436
	185	-2,672 [*]	1,070	0,018	-4,8506	-0,4933
	198	-0,19560	1,070	0,856	-2,3742	1,983
	228	-2,144	1,070	0,054	-4,322	0,03468
	250	-4,800 [*]	1,070	0,000	-6,978	-2,621
	276	-3,090 [*]	1,070	0,007	-5,268	-0,9113
	277	0,3274	1,070	0,762	-1,851	2,506
198	163	2,453 [*]	1,070	0,029	0,2745	4,631
	185	-2,476 [*]	1,070	0,027	-4,655	-0,2972
	186	0,19560	1,070	0,856	-1,983	2,3742
	228	-1,9484	1,070	0,078	-4,127	0,2302
	250	-4,604 [*]	1,070	0,000	-6,783	-2,426
	276	-2,894 [*]	1,070	0,011	-5,0731	-0,7157
	277	0,5230	1,070	0,628	-1,655	2,702
228	163	4,401 [*]	1,070	0,000	2,222	6,580
	185	-0,5280	1,070	0,625	-2,706	1,651
	186	2,144	1,070	0,054	-0,03468	4,322
	198	1,948	1,070	0,078	-0,2302	4,127
	250	-2,656 [*]	1,070	0,018	-4,834	-0,4773
	276	-0,9460	1,070	0,383	-3,124	1,232
	277	2,471 [*]	1,070	0,027	0,2927	4,650

250	163	7,057*	1,070	0,000	4,878	9,236
	185	2,128	1,070	0,055	-0,05068	4,306
	186	4,800*	1,070	0,000	2,621	6,979
	198	4,604*	1,070	0,000	2,425	6,783
	228	2,656*	1,070	0,018	0,4773	4,834
	276	1,710	1,070	0,120	-0,4686	3,881
	277	5,127*	1,070	0,000	2,9487	7,3061
276	163	5,347*	1,070	0,000	3,168	7,526
	185	0,4180	1,070	0,699	-1,761	2,597
	186	3,090*	1,070	0,007	0,9113	5,269
	198	2,894*	1,070	0,011	0,7157	5,073
	228	0,9460	1,070	0,383	-1,232	3,124
	250	-1,710	1,070	0,120	-3,887	0,4687
	277	3,417*	1,070	0,003	1,238	5,597
277	163	1,930	1,070	0,081	-0,2484	4,109
	185	-2,999*	1,070	0,009	-5,178	-0,8207
	186	-0,3274	1,070	0,762	-2,506	1,851
	198	-0,5230	1,070	0,628	-2,702	1,655
	228	-2,471*	1,070	0,027	-4,650	-0,2927
	250	-5,127*	1,070	0,000	-7,306	-2,949
	276	-3,417*	1,070	0,003	-5,596	-1,239

*.A diferença média tem significado para um nível de 0,05.

Tabela C.5 Testes *Post-Hoc* referentes à variável viscosidade para os diferentes boletins.

(I) N°deboletim	(J) N°deboletim	Diferença média (I-J)	Erro padrão	Sig.	95% Intervalo de confiança	
					Limite mínimo	Limite máximo
163	185	-0,2318*	0,08506	0,010	-0,4051	-0,05854
	186	0,1062	0,08506	0,221	-0,06706	0,2795
	198	-0,8464*	0,08506	0,000	-1,020	-0,6731
	228	-0,5386*	0,08506	0,000	-0,7119	-0,3653
	250	0,1492	0,08506	0,089	-0,02406	0,3225
	276	-0,3612*	0,08506	0,000	-0,5345	-0,1879
	277	0,06040	0,08506	0,483	-0,1129	0,2336
185	163	0,2318*	0,08506	0,010	0,05854	0,4050
	186	0,33800*	0,08506	0,000	0,1647	0,5112
	198	-0,6146*	0,08506	0,000	-0,7878	-0,4413
	228	-0,3068*	0,08506	0,001	-0,4800	-0,1335

	250	0,3810 ⁺	0,08506	0,000	0,2077	0,5543
	276	-0,1294	0,08506	0,138	-0,3026	0,04386
	277	0,2922 ⁺	0,08506	0,002	0,1189	0,4654
186	163	-0,1062	0,08506	0,221	-0,2794	0,0670
	185	-0,3380 ⁺	0,08506	0,000	-0,5113	-0,1647
	198	-0,9530 ⁺	0,08506	0,000	-1,126	-0,7793
	228	-0,6448 ⁺	0,08506	0,000	-0,8181	-0,4715
	250	0,04300	0,08506	0,617	-0,1302	0,2162
	276	-0,46740 ⁺	0,08506	0,000	-0,64066	-0,2941
	277	-0,04580	0,08506	0,594	-0,2190	0,1274
198	163	0,8464 ⁺	0,08506	0,000	0,6731	1,019
	185	0,6146 ⁺	0,08506	0,000	0,4413	0,7878
	186	0,9526 ⁺	0,08506	0,000	0,7793	1,126
	228	0,3078 ⁺	0,08506	0,001	0,1345	0,4811
	250	0,9956 ⁺	0,08506	0,000	0,82234	1,169
	276	0,4852 ⁺	0,08506	0,000	0,3119	0,6585
	277	0,9068 ⁺	0,08506	0,000	0,7335	1,080
228	163	0,5386 ⁺	0,08506	0,000	0,3653	0,7119
	185	0,3068 ⁺	0,08506	0,001	0,1335	0,4801
	186	0,6448 ⁺	0,08506	0,000	0,4715	0,8182
	198	-0,3078 ⁺	0,08506	0,001	-0,4811	-0,1345
	250	0,6878 ⁺	0,08506	0,000	0,5145	0,8611
	276	0,1774 ⁺	0,08506	0,045	0,00414	0,3507
	277	0,5990 ⁺	0,08506	0,000	0,4257	0,7723
250	163	-0,14920	0,08506	0,089	-0,3225	0,02406
	185	-0,3810 ⁺	0,08506	0,000	-0,5543	-0,2077
	186	-0,04300	0,08506	0,617	-0,2163	0,1303
	198	-0,995 ⁺	0,08506	0,000	-1,169	-0,8223
	228	-0,687 ⁺	0,08506	0,000	-0,8611	-0,5145
	276	-0,5104 ⁺	0,08506	0,000	-0,6832	-0,3371
	277	-0,08880	0,08506	0,304	-0,2621	0,08446
276	163	0,3612 ⁺	0,08506	0,000	0,1879	0,5344
	185	0,1294	0,08506	0,138	-0,04386	0,3026
	186	0,4674 ⁺	0,08506	0,000	0,29414	0,6406
	198	-0,4852 ⁺	0,08506	0,000	-0,6585	-0,3119
	228	-0,1774 ⁺	0,08506	0,045	-0,3506	-0,00414
	250	0,5104 ⁺	0,08506	0,000	0,3371	0,6837
	277	0,4216 ⁺	0,08506	0,000	0,2483	0,5949

277	163	-0,06040	0,08506	0,483	-0,2336	0,1128
	185	-0,2922 [*]	0,08506	0,002	-0,4654	-0,1189
	186	0,04580	0,08506	0,594	-0,1274	0,2191
	198	-0,9068 [*]	0,08506	0,000	-1,080	-0,7335
	228	-0,5990 [*]	0,08506	0,000	-0,7723	-0,4257
	250	0,08880	0,08506	0,304	-0,08446	0,2621
	276	-0,4216 [*]	0,08506	0,000	-0,5949	-0,2483

*.A diferença média tem significado para um nível de 0,05.

Tabela C.6 Testes Post-Hoc referentes à variável tensão de corte crítica (“yield value”) para os diferentes boletins.

(I) N°deboletim	(J) N°deboletim	Diferença média (I-J)	Erro padrão	Sig.	95% Intervalo de confiança	
					Limite mínimo	Limite máximo
163	185	-4,553 [*]	0,9895	0,000	-6,568	-2,537
	186	-2,086 [*]	0,9895	0,043	-4,102	-0,07072
	198	-2,266 [*]	0,9895	0,029	-4,282	-0,2511
	228	-4,065 [*]	0,9895	0,000	-6,080	-2,049
	250	-6,519 [*]	0,9895	0,000	-8,534	-4,503
	276	-4,943 [*]	0,9895	0,000	-6,958	-2,927
	277	-1,783	0,9895	0,081	-3,798	0,2329
185	163	4,553 [*]	0,9895	0,000	2,537	6,568
	186	2,466 [*]	0,9895	0,018	0,4511	4,482
	198	2,286 [*]	0,9895	0,027	0,2707	4,302
	228	0,4880	0,9895	0,625	-1,528	2,503
	250	-1,966	0,9895	0,056	-3,981	0,04948
	276	-0,3900	0,9895	0,696	-2,405	1,626
	277	2,770 [*]	0,9895	0,009	0,7547	4,786
186	163	2,086 [*]	0,9895	0,043	0,07072	4,102
	185	-2,466 [*]	0,9895	0,018	-4,482	-0,4511
	198	-0,1804	0,9895	0,856	-2,196	1,835
	228	-1,979	0,9895	0,054	-3,994	0,03688
	250	-4,433 [*]	0,9895	0,000	-6,448	-2,417
	276	-2,856 [*]	0,9895	0,007	-4,872	-0,8411
	277	0,3036	0,9895	0,761	-1,712	2,319
198	163	2,266 [*]	0,9895	0,029	0,2511	4,282
	185	-2,286 [*]	0,9895	0,027	-4,302	-0,2707
	186	0,18040	0,9895	0,856	-1,835	2,196
	228	-1,798	0,9895	0,079	-3,8137	0,2173
	250	-4,252 [*]	0,9895	0,000	-6,268	-2,237

	276	-2,676 [*]	0,9895	0,011	-4,692	-0,6607
	277	0,4840	0,9895	0,628	-1,531	2,499
228	163	4,064 [*]	0,9895	0,000	2,049	6,080
	185	-0,4880	0,9895	0,625	-2,5035	1,527
	186	1,979	0,9895	0,054	-0,03688	3,994
	198	1,798	0,9895	0,079	-0,2173	3,814
	250	-2,454 [*]	0,9895	0,019	-4,469	-0,439
	276	-0,8780	0,9895	0,382	-2,893	1,137
	277	2,282 [*]	0,9895	0,028	0,2667	4,298
250	163	6,5188 [*]	0,9895	0,000	4,503	8,5343
	185	1,966	0,9895	0,056	-0,04948	3,981
	186	4,433 [*]	0,9895	0,000	2,417	6,448
	198	4,252 [*]	0,9895	0,000	2,237	6,268
	228	2,454 [*]	0,9895	0,019	0,4385	4,469
	276	1,576	0,9895	0,121	-0,4394	3,591
	277	4,736 [*]	0,9895	0,000	2,720	6,751
276	163	4,943 [*]	0,9895	0,000	2,927	6,958
	185	0,3900	0,9895	0,696	-1,625	2,405
	186	2,856 [*]	0,9895	0,007	0,8411	4,872
	198	2,676 [*]	0,9895	0,011	0,6607	4,692
	228	0,8780	0,9895	0,382	-1,137	2,893
	250	-1,576	0,9895	0,121	-3,591	0,4395
	277	3,160 [*]	0,9895	0,003	1,145	5,176
277	163	1,783	0,9895	0,081	-0,2328	3,7981
	185	-2,770 [*]	0,9895	0,009	-4,786	-0,7547
	186	-0,3036	0,9895	0,761	-2,319	1,712
	198	-0,4840	0,9895	0,628	-2,499	1,531
	228	-2,282 [*]	0,9895	0,028	-4,297	-0,2667
	250	-4,736 [*]	0,9895	0,000	-6,752	-2,721
	276	-3,160 [*]	0,9895	0,003	-5,176	-1,145

*.A diferença média tem significado para um nível de 0,05.

Tabela C.7 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte (Pa) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo corrigido	47,056 ^a	3	15,685	5,002	0,012
Intercepção	3215,978	1	3215,978	1025,512	0,000
Ingredientes	0,010	1	0,010	0,003	0,955
NºConcha	46,351	1	46,351	14,780	0,001
ingredientes* NºConcha	0,695	1	0,695	0,221	0,644
Erro	50,176	16	3,136		
Total	3313,209	20			
Total Corrigido	97,231	19			

a. R Quadrado = 0,484 (Ajuste R quadrado = 0,387)

Tabela C.8 Resultados dos testes do GLM para a variável viscosidade (Pa.s) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Correcto	0,768 ^a	3	0,256	18,482	0,000
Intercepção	187,394	1	187,394	13522,789	0,000
Ingredientes	0,038	1	0,038	2,769	0,116
NºConcha	0,721	1	0,721	52,046	0,000
ingredientes * NºConcha	0,009	1	0,009	0,630	0,439
Erro	0,222	16	0,014		
Total	188,384	20			
Total Corrigido	0,990	19			

a. R Quadrado = 0,776 (Ajuste R quadrado = 0,734)

Tabela C.9 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte crítica ("yield value") (Pa) para o estudo das conchas juntamente com os ingredientes.

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Correcto	40,187 ^a	3	13,396	4,980	0,013
Intercepção	2743,559	1	2743,559	1019,917	0,000
Ingredientes	0,009	1	0,009	0,003	0,954
NºConcha	39,576	1	39,576	14,712	0,001
ingredientes * NºConcha	0,601	1	0,601	0,224	0,643
Erro	43,040	16	2,690		
Total	2826,786	20			
Total Corrigido	83,226	19			

a. R Quadrado = 0,483 (Ajuste R quadrado = 0,386)

C.2 UF2

Resultados relativos ao efeito do estudo dos inutilizados de fabrico

Exploração dos dados

- Caixa de bigodes

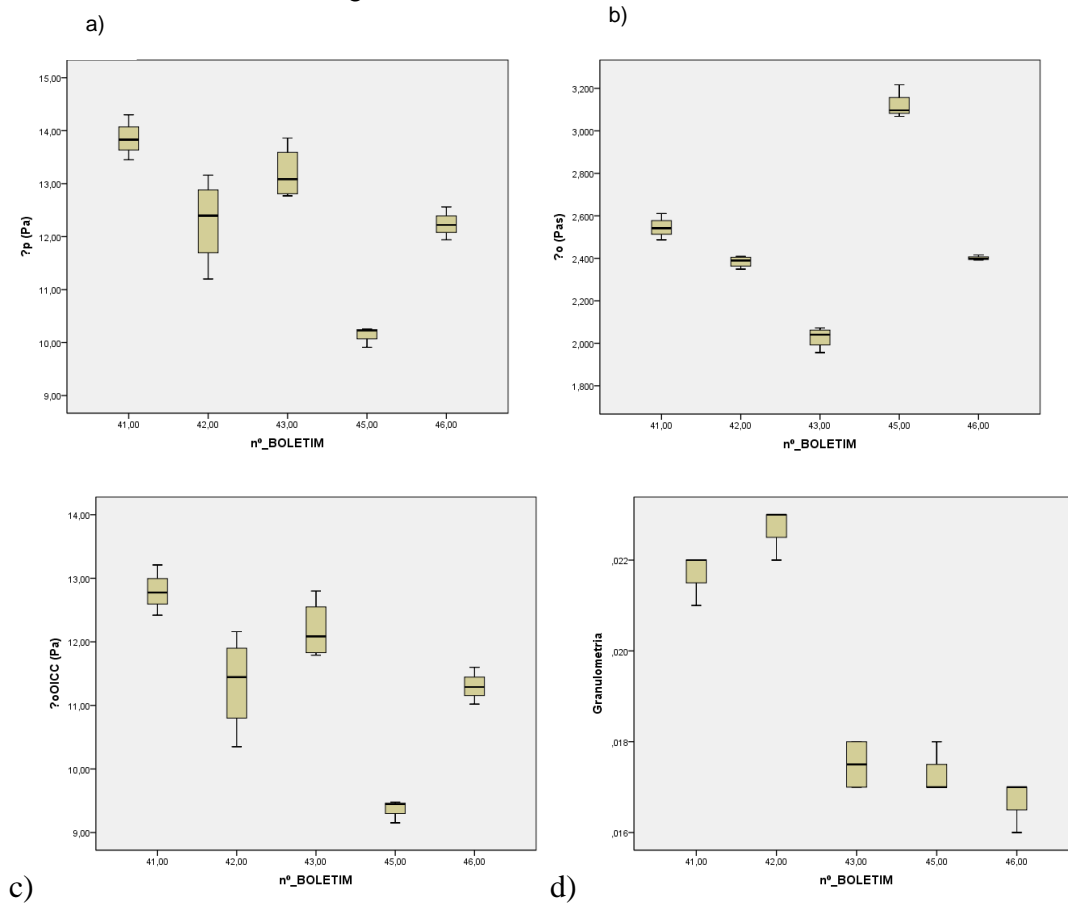


Figura C.2 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (“yield value”) (c) e granulometria (d) para a UF2.

ANOVA

- Requisito do ANOVA- Homogeneidade de variâncias.

Tabela C.10. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias.

	Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
σ_p (Pa)	1,505	4	13	0,258
σ_o (Pa.s)	1,724	4	13	0,205
σ_{oICC} (Pa)	1,530	4	13	0,251

Tabela C.11 Testes Post-Hoc referentes à tensão de corte, viscosidade e tensão de corte crítica (“yield value”) para o estudo dos inutilizados de fabrico.

Variável dependente	(I) NºBoletim	(J) NºBoletim	Diferença média (I-J)	Erro padrão	Sig.	95% Intervalo de confiança	
						Limite mínimo	Limite máximo
σ_p (Pa)	41,00	42,00	1,565 [*]	0,3637	0,001	0,7792	2,351
		43,00	0,6535	0,3637	0,096	-0,1333	1,438
		45,00	3,7192 [*]	0,3929	0,000	2,870	4,568
		46,00	1,612 [*]	0,3929	0,001	0,7637	2,461
	42,00	41,00	-1,565 [*]	0,3637	0,001	-2,351	-0,7792
		43,00	-0,9125 [*]	0,3637	0,026	-1,698	-0,1267
		45,00	2,154 [*]	0,3929	0,000	1,305	3,003
		46,00	0,04750	0,3929	0,906	-0,8013	0,8963
	43,00	41,00	-0,6525	0,36374	0,096	-1,4383	0,1333
		42,00	0,91250 [*]	0,3637	0,026	0,1267	1,698
		45,00	3,067 [*]	0,3929	0,000	2,218	3,915
		46,00	0,9600 [*]	0,3929	0,030	0,1112	1,809
	45,00	41,00	-3,720 [*]	0,3929	0,000	-4,568	-2,870
		42,00	-2,154 [*]	0,39289	0,000	-3,003	-1,305
		43,00	-3,066 [*]	0,3929	0,000	-3,915	-2,218
		46,00	-2,106 [*]	0,4201	0,000	-3,014	-1,199
46,00	41,00	-1,612 [*]	0,3929	0,001	-2,461	-0,7637	
	42,00	-0,04750	0,3929	0,906	-0,8963	0,8013	
	43,00	-0,9600 [*]	0,3929	0,030	-1,808	-0,1112	
	45,00	2,107 [*]	0,4201	0,000	1,199	3,014	
σ_o (Pas)	41,00	42,00	0,1610 [*]	0,03420	0,000	0,08711	0,2349
		43,00	0,5180 [*]	0,03420	0,000	0,4441	0,5919
		45,00	-0,5821 [*]	0,036945	0,000	-0,6619	-0,5023
		46,00	0,1432 [*]	0,036945	0,002	0,06343	0,2231
	42,00	41,00	-0,1610 [*]	0,034205	0,000	-0,23489	-0,08711
		43,00	0,3570 [*]	0,03420	0,000	0,2831	0,43089
		45,00	-0,74308 [*]	0,036945	0,000	-0,82290	-0,6633
		46,00	-0,01775	0,036945	0,639	-0,09757	0,06207
	43,00	41,00	-0,5180 [*]	0,034205	0,000	-0,5919	-0,4441
		42,00	-0,3570 [*]	0,034205	0,000	-0,4309	-0,2831
		45,00	-1,101 [*]	0,036945	0,000	-1,179	-1,020
		46,00	-0,3748 [*]	0,036945	0,000	-0,4546	-0,2949
	45,00	41,00	0,5821 [*]	0,036945	0,000	0,5023	0,6619
		42,00	0,7431 [*]	0,03694	0,000	0,6633	0,8229

		43,00	1,100 ⁺	0,03694	0,000	1,020	1,179
		46,00	0,7253 ⁺	0,03950	0,000	0,6400	0,8106
	46,00	41,00	-0,1432 ⁺	0,036945	0,002	-0,2231	-0,06343
		42,00	0,01775	0,036945	0,639	-0,06207	0,09757
		43,00	0,3747 ⁺	0,03694	0,000	0,2949	0,4546
		45,00	-0,7253 ⁺	0,03950	0,000	-0,8107	-0,6400
σ_{oiicc} (Pa)	41,00	42,00	1,445 ⁺	0,33645	0,001	0,7181	2,172
		43,00	0,6050	0,3364	0,095	-0,1219	1,332
		45,00	3,436 ⁺	0,3634	0,000	2,651	4,221
		46,00	1,4917 ⁺	0,3634	0,001	0,7066	2,277
	42,00	41,00	-1,445 ⁺	0,3364	0,001	-2,172	-0,7181
		43,00	-0,8400 ⁺	0,3364	0,027	-1,567	-0,1131
		45,00	1,991 ⁺	0,3634	0,000	1,206	2,776
		46,00	0,04667	0,3634	0,900	-0,7384	0,8318
	43,00	41,00	-0,6050	0,3364	0,095	-1,332	0,1219
		42,00	0,8400 ⁺	0,3364	0,027	0,1131	1,567
		45,00	2,831 ⁺	0,3634	0,000	2,046	3,616
		46,00	0,8867 ⁺	0,3634	0,030	0,1016	1,672
	45,00	41,00	-3,436 ⁺	0,3634	0,000	-4,221	-2,651
		42,00	-1,991 ⁺	0,3634	0,000	-2,776	-1,206
		43,00	-2,831 ⁺	0,3634	0,000	-3,616	-2,046
		46,00	-1,944 ⁺	0,3885	0,000	-2,784	-1,105
	46,00	41,00	-1,492 ⁺	0,3634	0,001	-2,277	-0,7066
		42,00	-0,04667	0,3634	0,900	-0,8318	0,7384
		43,00	-0,8867 ⁺	0,3634	0,030	-1,672	-0,1016
		45,00	1,944 ⁺	0,3885	0,000	1,105	2,784

Tabela C.12. Resultados do One-way ANOVA relativos ao estudo dos inutilizados de fabrico.

		Soma dos quadrados	df	Média de quadrados	F	Sig.
σ_p (Pa)	Entre grupos	26,449	4	6,612	24,988	0,000
	Dentro de grupos	3,440	13	0,265		
	Total	29,889	17			
σ_o (Pa.s)	Entre grupos	2,146	4	0,537	229,302	0,000
	Dentro de grupos	0,030	13	0,002		
	Total	2,177	17			
σ_{oIICC} (Pa)	Entre grupos	22,564	4	5,641	24,916	0,000
	Dentro de grupos	2,943	13	0,226		
	Total	25,507	17			

Tabela C.13. Resultados dos testes robustos de ANOVA para o estudo dos inutilizados de fabrico.

		Estatística	df1	df2	Sig.
σ_p (Pa)	Welch	75,047	4	6,347	0,000
	Brown-Forsythe	28,316	4	7,667	0,000
σ_o (Pa.s)	Welch	94,449	4	5,941	0,000
	Brown-Forsythe	216,786	4	6,009	0,000
σ_{oIICC} (Pa)	Welch	74,613	4	6,342	0,000
	Brown-Forsythe	28,217	4	7,702	0,000

Resultados relativos ao efeito do estudo dos lotes de açúcar juntamente com o estudo dos inutilizados de fabrico

Exploração dos dados

- Caixa de bigodes

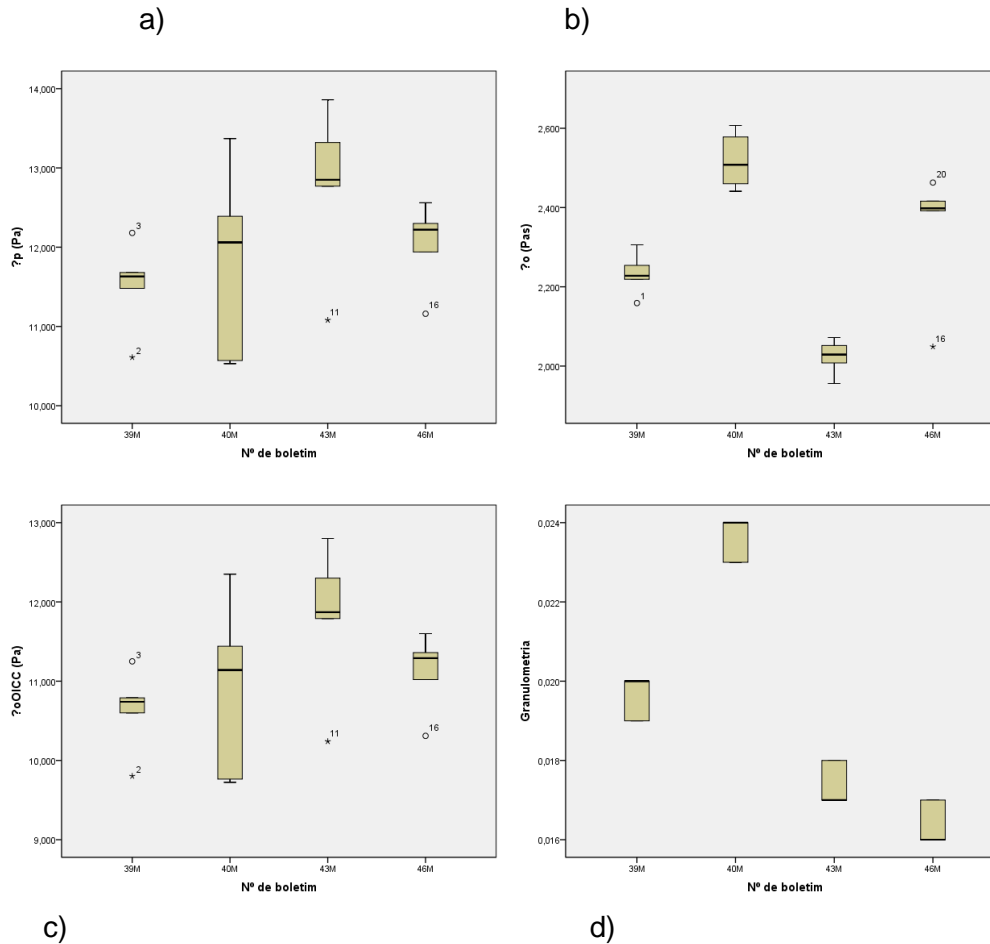


Figura C.3 Caixas de bigodes para a tensão de corte (a), viscosidade (b), tensão de corte crítica (“yield value”) (c) e granulometria (d) para a UF2.

- Requisito do ANOVA- Homogeneidade de variâncias.

Tabela C.14. Resultados do teste de Levene para a homogeneidade de variâncias.

	Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
σ_p (Pa)	1,606	3	16	0,227
σ_o (Pa.s)	2,312	3	16	0,115
σ_{oICC} (Pa)	1,611	3	16	0,226

Tabela C.15 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte para o estudo do efeito do lote de açúcar juntamente com o estudo dos inutilizados de fabrico.

Variável Dependente: Tensão de corte (Pa)

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Correcto	19,621 ^a	2	9,811	11,029	0,001
Intercepção	3151,556	1	3151,556	3542,840	0,000
Lote de Açúcar	16,308	1	16,308	18,333	0,001
tipo_inut	3,313	1	3,313	3,724	0,070
Erro	15,122	17	0,890		
Total	3186,300	20			
Total corrigido	34,744	19			

R Quadrado= 0,565 (Ajuste R Quadrado = 0,514)

Tabela C.16-Resultados dos testes do GLM para a variável viscosidade para o estudo do lote de açúcar juntamente com o estudo dos inutilizados de fabrico.

Variável Dependente: Viscosidade (Pa.s)

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Correcto	0,828 ^a	2	0,414	61,559	0,000
Intercepção	108,150	1	108,150	16077,746	0,000
Lote de Açúcar	0,051	1	0,051	7,613	0,013
tipo_inut	0,777	1	0,777	115,506	0,000
Erro	0,114	17	0,007		
Total	109,092	20			
Total corrigido	0,943	19			

R Quadrado= 0,878 (Ajuste R Quadrado = 0,864)

Tabela C.17 Resultados dos testes do GLM para a variável tensão de corte crítica (“yield value” para o estudo do lote de açúcar com o estudo dos inutilizados de fabrico.

Variável dependente: Tensão de corte crítica (“yield value”)

Fonte	Tipo III Soma dos quadrados	Df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Correcto	3,017 ^a	2	1,509	1,771	0,200
Intercepção	2454,176	1	2454,176	2881,766	0,000
Lote de Açúcar	2,897	1	2,897	3,402	0,083
tipo_inut	,120	1	0,120	0,141	0,712
Erro	14,478	17	0,852		
Total	2471,671	20			
Total corrigido	17,495	19			

a. R Quadrado = 0,172 (Ajuste R Quadrado = 0,075)