



CATOLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE CONTROLO DE PESO COM
RECURSO A CONTROLO ESTATÍSTICO DE PROCESSO

por

Diana Margarida Andrade Moreira

Dezembro 2018



CATÓLICA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DE UM PROCESSO DE CONTROLO DE PESO COM
RECURSO A CONTROLO ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica
Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Alimentar

por

Diana Margarida Andrade Moreira

Local: Cerealis Produtos Alimentares, SA.

Orientação de: Engenheiro Rui Azevedo

Sob Tutoria de: Doutora Teresa Brandão

Dezembro 2018

Resumo

O conceito de qualidade, de um produto ou de um serviço, está relacionado com um vasto conjunto de características ou atributos que estão, muitas vezes, na base da escolha do consumidor. A diversidade dos perfis do consumidor, assim como a exigência dos padrões de qualidade e a forte competitividade atual fazem com que a Qualidade seja vista como um processo de melhoria contínua e não como mero cumprimento de uma especificação. Neste seguimento, as organizações de hoje vêem-se forçadas a melhorar continuamente a Qualidade, não só dos seus produtos ou serviços, como também das suas ferramentas, competências, métodos e, sobretudo, processos. Na prática, traduz-se muitas vezes em garantir processos mais eficazes, estáveis e previsíveis, já que a Qualidade de um produto ou serviço é inversamente proporcional à sua variabilidade.

Estando a *Cerealis Produtos Alimentares S.A.* sensível a esta realidade e sendo uma empresa que se posiciona continuamente na linha da frente do setor em que opera, o presente estudo teve como objetivo racionalizar o processo de controlo de peso dos pré-embalados de bolachas, no sentido de diminuir as perdas associadas ao excesso de peso das unidades de venda ao público. Assim, o trabalho desenvolvido focou-se na bolacha *Integral*, pretendendo-se minimizar o excesso de peso por lote de produção, cumprindo os limites legais de peso de cada unidade e os critérios de aceitação do lote, de acordo com a legislação aplicável e, consequentemente, com os limites impostos no grupo *Cerealis* (limite inferior: 190,50 g; limite superior: 218,00 g). A abordagem de redução de peso testada passava pela diminuição do limite superior de especificação (218,00 g) para o valor do limite superior de controlo (209,00 g). Para o efeito, procedeu-se à Caracterização Estatística do Processo, que contemplou a aplicação de ferramentas estatísticas como cartas de controlo e estudos de capacidade para o processo selecionado, que foram aplicados ao final da linha de embalagem.

Com os resultados obtidos foi possível concluir que o peso médio dos pré-embalados de bolacha *Integral* é de aproximadamente 204 g, sendo que o peso médio das unidades de venda ao público será superior, devido ao sistema de rejeição que garante o cumprimento dos requisitos legais, no qual são desconsideradas as unidades não conformes. Associado a esta realidade de excesso de peso estão diretamente implícitos três tipos de desperdícios, são eles: a perda de rentabilidade financeira por pré-embalado, já que o preço estabelecido tem em conta o peso nominal e não é variável com o peso efetivo da unidade; o custo de reprocessar as embalagens que não cumprem os requisitos legais, por excesso mas também por defeito, aos quais acresce novos gastos de materiais físicos e humanos; e por fim, a perda de rentabilidade do equipamento ao nível da sua eficiência, na ordem dos 2% por cada 4 grama de excesso, o que resulta na redução da sua cadência. Posto isto, a abordagem testada para redução do peso médio dos pré-embalados e, consequentemente, das unidades que seguem para o mercado, no concreto da bolacha em análise, não se mostrou viável, já que o comportamento e padrão da carta de controlo do processo estudado não apresentam estabilização nem variabilidade necessárias, a uma redução dos pesos médios aliada ao compromisso de perdas acima indicadas.

Palavras-chave: qualidade, controlo estatístico de processo, controlo de peso, variabilidade do processo, bolachas.

Abstract

Quality perception of a product or a service is related with a huge set of characteristics or attributes, which are mostly on the basis of consumer's choice. The diversity of consumer profiles, the demand for high quality levels and a strong world competitiveness imply that Quality is currently considered a continuous improvement and not a mere compliance with a specification. Therefore, companies are forced to continuously improve Quality, not only of their products or services, but also of their tools, skills, methods and, above all, processes. In practice, it often results in ensuring more effective processes, stable and predictable, since the Quality of a product or service is inversely proportional to its variability. *Cerealis Produtos Alimentares S.A.* is being sensitive to this reality and as a competitive company that positions itself continuously at the forefront of the agrifood sector, the present study aimed to streamline the process of weight control of pre-packed cookies in order to reduce losses associated with the overweight of the retail units.

Thus, the work focused on *Integral* cookies, minimizing excess of weight in a batch production, fulfilling the legal weight limits per unit and the acceptance criteria of the lot, in accordance with the applicable law and consequently with the limits imposed in *Cerealis Group* (lower limit: 190,50 g; upper limit: 218,00 g). The weight reduction approach aimed to decrease the upper specification limit (218,00 g) to the upper control limit (209,00 g). The Statistical Characterization of the Process was carried out, which included control charts and process capability studies, applied at the end of the packaging line.

Results allowed to conclude that the average weight of *Integral* pre-packed units was around 204 g. However, the average weight of retail units will be higher, due to weight control system that ensures compliance with the legal requirements, in which non-compliant units are disregarded.

The overweight reality directly implies three types of wastes, which are: loss of financial profitability, since the established price considers the nominal weight and is not variable with the effective unit weight; the cost of reprocessing the packages that do not meet the legal requirements, by excess or default, which added new material and human costs; and finally, equipment efficiency losses in the order of 2% for every 4 grams of excess, which results in nominal speed reduction.

Therefore, the tested approach to reduce the average weight of pre-packed units by reducing the upper control limit was not feasible, since the control charts of the process studied do not have neither the necessary stabilization or variability to attain a reduction of average weights coupled with commitment of losses listed above.

Key-words: quality, statistical process control, weight control, process variability, cookies.

Agradecimentos

Os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas, entidades e instituições que permitiram e contribuíram para a realização do presente trabalho, não podendo deixar de destacar:

- a Cerealis, enquanto empresa que me acolheu no meu primeiro desafio profissional e, ao longo destes três anos, ter sido capaz de continuamente me desafiar a abraçar novos projetos. Por ter ainda permitido a concretização de objetivos do foro mais pessoal, no sentido de conciliar o meu caminho profissional com o projeto de mestrado que iniciei. Por ter aceite o meu estágio curricular, que é com orgulho que apresento um trabalho realizado numa das maiores empresas do setor agro-alimentar português;
- o Engº Rui Azevedo, meu orientador, pelo seu exemplo, acompanhamento, aconselhamento e apoio incondicional durante o caminho profissional que tivemos oportunidade de cruzar, e ainda, no concreto do presente trabalho, por toda a ajuda, paciência e dedicação, em especial, na redação do relatório;
- a Doutora Teresa Brandão, pela tutoria ao longo do trabalho prático, esclarecimentos, acompanhamento próximo e atenção prestada; ainda, pela disponibilidade e empenho na correção do presente relatório;
- toda a equipa da fábrica de bolacha, na pessoa do Engº Miguel Gala, e ainda de forma muito especial à Sandra Magalhães e colaboradores que muito me ajudaram na recolha das amostras;
- a Escola Superior de Biotecnologia, faculdade que sempre me acolheu, por mais uma experiência académica, agora em contexto pós-laboral;
- a minha amiga, Carla Teixeira – companheira de caminhada – por me teres desafiado, ajudado e motivado a concretizar este objetivo. Por todas as noitadas em trabalho ou em modo psicóloga, pela tua amizade e por seres uma inspiração. És incrível.
- as minhas amigas, Mónica Santos, Margarida Bacelar, Inês Manuel, Cassandra Peixoto, pela paciência, ajuda e companheirismo, em todos os momentos;
- a minha irmã e ao meu irmão, Nídia e Francisco, pela alegria, ânimo e capacidade de aguentarem o meu *tão especial* humor nos dias mais cinzentos; e toda a minha família, vocês foram inalcançáveis;
- o meu namorado, César, que sempre me acompanha nas minhas batalhas, por ter sido capaz de gerir todo este longo percurso, com todos os momentos menos bons, de stress e cansaço, e “*no final das contas*” ainda se ter comprometido comigo para a vida;
- e sempre, o meu padrinho, Francisco, que continuamente me ensina e motiva a ser melhor.

Índice

Resumo	III
Abstract	IV
Agradecimentos.....	V
Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas	XI
Lista de Gráficos.....	XIII
Abreviaturas	XV
1. Introdução	1
1.1. O Grupo Cerealis	1
1.1.1. <i>Cerealis Produtos Alimentares - S.A.</i>	4
1.2. Qualidade na Indústria Alimentar	5
1.2.1. <i>Six Sigma</i> e Melhoria da Qualidade	8
1.2.2. Controlo Estatístico de Processo	11
Cartas de Controlo	11
Capacidade de Processo	14
1.2.3. Enquadramento Legal do Controlo de Peso.....	17
1.3. Caracterização do Pré-Embalado em Estudo.....	19
1.3.1. Unidade Fabril.....	20
1.3.2. A Bolacha e a Embalagem.....	20
1.3.3. Fluxograma do Processo de Produção	21
1.3.4. Produção – Processo de Fabrico	22
Ingredientes e Amassadura.....	22
Formação e Moldagem	24
Cozedura	26
1.3.5. Produção – Processo de Embalamento	28
1.3.6. Aplicação e Controlo dos Requisitos Legais.....	29
1.4. Contextualização e Objetivo do Trabalho	31

2. Metodologia.....	33
2.1. Análise Preliminar aos Controladores de Peso.....	33
2.2. Amostragem.....	34
2.2.1. <i>Peso das UVP's - Análise de Diferentes Produções</i>	34
2.2.2. <i>Peso das UVP's - Análise de uma Produção</i>	34
2.2.3. <i>Peso das Bolachas - Análise da Variabilidade entre Massas</i>	35
2.2.4. <i>Peso das Bolachas – Análise da Variabilidade de uma Massa</i>	35
2.3. Análise de Dados	36
3. Resultados e Discussão.....	37
3.1. Capacidade do Processo de Produção de Bolacha <i>Integral</i>	37
3.1.1. <i>Peso das UVP's - Análise de Diferentes Produções</i>	38
3.1.2. <i>Peso das UVP's - Análise de uma Produção</i>	42
3.2. Variabilidade do Processo de Produção de Bolacha <i>Integral</i>	49
3.2.1. <i>Peso da Bolacha - Análise da Variabilidade entre Massas</i>	50
3.2.2. <i>Peso da Bolacha – Análise da Variabilidade de uma Massa</i>	52
4. Conclusões Gerais.....	57
5. Trabalho Futuro e Considerações Finais.....	59
Bibliografia.....	61
Anexos	63
Apêndices.....	64

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Logotipos das marcas <i>Milaneza</i> e <i>Nacional</i>	4
Figura 1.2 – Representação gráfica do conceito <i>Six Sigma</i> , neste caso com distribuição normal desviada do valor <i>target</i> definido (LIE e LSE são limites de especificação: LIE – <i>Limite Inferior de Especificação</i> e LSE – <i>Limite Superior de Especificação</i>) (Montgomery, 2008).....	8
Figura 1.3 – Objetivos de cada etapa do ciclo de gestão <i>DMAIC</i> (adaptado de Montgomery, 2008).....	9
Figura 1.4 – Diagrama <i>espinha-de-peixe</i> com causas associadas à variabilidade dos processos de produção aplicados à indústria alimentar.....	10
Figura 1.5 – Exemplo de uma carta de controlo (Montgomery, 2008).....	12
Figura 1.6 – Largura de uma curva de Distribuição Normal com valores individuais e média das amostras ($\bar{x}$) (Montgomery, 2008).....	13
Figura 1.7 – Relação entre limites de especificação e valor de sigma (Spanò, 2012).....	15
Figura 1.8 – Relação entre os índices C_p e C_{pK} (Montgomery, 2008).....	15
Figura 1.9 – Bolacha <i>Integral</i> (Cerealís, 2018).....	21
Figura 1.10 – Fluxograma de processo de produção de bolacha (Cerealís, 2018).....	22
Figura 1.11 – Formação de bolacha por tecnologia <i>Impressão e Corte</i> (adaptado de Manley, 2011).....	25
Figura 1.12 – Fotografias reais do cilindro de impressão e corte: à esquerda o retalho originado e à direita a formação das 16 filas de bolacha <i>Integral</i>	25
Figura 1.13 – Posto de Controlo da Linha B da fábrica de bolachas.....	28
Figura 1.14 – Agrupamento das 16 filas originadas no processo de fabrico em 8 filas no processo de embalagem.....	29
Figura 1.15 – Limites legais aplicados a um pré-embalado de peso nominal de 200 g.....	30
Figura 1.16 – Esquema resumo da condução do trabalho prático para a caracterização estatística do processo de produção de bolacha <i>Integral</i>	32
Figura 2.1 – Distinção das diferentes filas de bolacha (E- esquerda; ME – meio-esquerda; MD – meio-direita; D – direita).....	35

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 – Equações para limites de controlo baseados em análise de dados amostrais, sem conhecimento dos valores μ e σ reais do processo (Montgomery, 2008).....	16
Tabela 1.2 - Valores de C_p e a associação em partes por milhão (ppm) de unidades defeituosas (Montgomery, 2008).....	16
Tabela 1.3 – Valores de tolerância dos erros admissíveis por defeito (Portaria nº 1198/91)...	19
Tabela 1.4 – Valores de tolerância admitidos para pesagem manual de ingredientes para produção de bolachas estabelecidos no Grupo Cerealis.....	23
Tabela 1.5 – Limites de Peso Efetivo (g) para rejeição e controlo pelo controlador de peso, aplicados para a bolacha <i>Integral</i>	31
Tabela 3.1 – Estatística Descritiva para médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes.....	38
Tabela 3.2 – Índices de capacidade do processo para as médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes.....	41
Tabela 3.3 – Estatística descritiva para amostras individuais do peso de UVP's ao longo de uma produção, com e sem rejeitados.....	43
Tabela 3.4 – Resultados médios, desvio-padrão e variância dos subgrupos do peso de UVP's recolhidas ao longo de uma produção.....	45
Tabela 3.5 – Índices de capacidade do processo para o peso de UVP's ao longo de uma produção.....	48
Tabela 3.6 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e para as saquetas, da produção acompanhada.....	50
Tabela 3.7 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e para as saquetas, da produção acompanhada por subgrupos amostrais.....	51
Tabela 3.8 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e saquetas de uma massa de produção.....	52
Tabela 3.9 – Estatística Descritiva para os pesos individuais de bolachas e saquetas de diferentes filas de uma massa de produção.....	53

Lista de Gráficos

Gráfico 3.1 – Histograma das médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (204,08 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].....	39
Gráfico 3.2 – Carta de controlo para as médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (204,08 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].....	40
Gráfico 3.3 – Histograma do peso individual de UVP's de uma produção [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].....	44
Gráfico 3.4 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de UVP's ao longo de uma produção (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * -severo)) [legenda: azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].....	46
Gráfico 3.5 – Carta de controlo para os valores individuais de peso de UVP's ao longo de uma produção [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].....	47
Gráfico 3.6 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolacha (à esquerda) e peso de saquetas (à direita) ao longo de uma produção (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)) [legenda: azul – média amostral (6,39 g e 50,99 g, respetivamente); verde – target/ valor tendência central (6,25 g e 50,00 g, respetivamente)].....	51
Gráfico 3.7 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolacha nas diferentes filas de fabrico de um <i>batch</i> (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)) [legenda: 1 – esquerda; 2 – meio-esquerda; 3- meio-direita; 4- direita].....	54
Gráfico 3.8 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolachas recolhidas ao longo de um <i>batch</i> , de 5 em 5 minutos (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)).....	54

Abreviaturas

ISO – International Standard Organization

UVP – Unidade de Venda ao Público

UVP's – Unidades de Venda ao Público

LIE – Limite Inferior de Especificação

LSE – Limite Superior de Especificação

LIC – Limite Inferior de Controlo

LSC – Limite Superior de Controlo

C_p – Indicador de Capacidade do Processo

C_{pL} – Indicador de Capacidade do Processo para o Limite Inferior de Especificação

C_{pU} – Indicador de Capacidade do Processo para o Limite Superior de Especificação

C_{pK} – Valor Mínimo do Indicador de Capacidade do Processo

ppm – Partes por Milhão

TNE – *Tolerable Negative Error* (Erro Admissível por Defeito)

Q_n – Quantidade Nominal

PPRO – Programa de Pré-Requisitos Operacionais

PCC – Ponto Crítico de Controlo

1. Introdução

1.1. O Grupo Cerealís

O Grupo Cerealís é uma das maiores empresas nacionais com atividade industrial e comercial do setor agroalimentar, com forte presença em Portugal e em grande expansão em mercados internacionais. A sua origem remonta a 8 de Fevereiro de 1919, por José Alves de Amorim e Manuel Gonçalves Lage, que com o seu partilhado espírito empreendedor e visão empresarial, fundavam a - Amorim & Lage, Lda.

O caminho começou com o negócio de produção de farinha de panificação, pela Moagem *Paradense*, situada em Águas Santas, Maia. Só em 1933 foi inaugurada a primeira fábrica de massas alimentícias com o lançamento da, tão bem conhecida dos portugueses, marca *Milaneza*. Desde a primeira hora que a marca *Milaneza* afirmou a sua posição no mercado nacional, desde logo pela qualidade das suas massas e, mais tarde em 1955, pela embalagem inovadora. Assim, as massas que, até então, eram vendidas a granel passavam a ser vendidas em embalagens de celofane. Desde cedo que a “*inovação*” se afirmou como um dos valores do Grupo, pelo que nesse sentido os anos seguintes contaram com diversos investimentos, dos quais se realça a criação de uma nova unidade industrial, em 1958, para fabrico de pão e na qual foi instalado o primeiro forno contínuo do país. Quatro anos depois, o grupo decidiu então avançar com a construção da primeira moagem portuguesa de trigo duro - especializada em produção de sêmola, a principal e mais importante matéria-prima do negócio das massas alimentícias. Em 1978, a então padaria foi convertida numa unidade para fabrico de biscoitos e bolachas, sob a titularidade da marca de massas. Anos mais tarde, em 1997, por forma a potenciar o negócio das moagens, deu-se a aquisição de novas unidades industriais e a fusão de algumas marcas, como a *Harmonia* e a *Concordia*. No ano seguinte, o grupo fechava ainda uma nova aquisição de moagem com a compra da *Moacir* – Moagem de Coimbra, Lda. Por fim, a década de noventa contou também com a aquisição da unidade industrial de cereais de pequeno-almoço, com a compra da marca *Nacional* em 1999, que posicionaria o grupo como o maior transformador nacional de cereais para alimentação humana. Após todo este período de aquisições e fusões, seguiram-se nos anos seguintes vários projetos de aumento de capacidade, pela instalação de novas linhas nas fábricas de massas e cereais de pequeno-almoço e construção da segunda unidade fabril produtora de massas alimentícias, também em Águas Santas, Maia.

O tão grande e rápido crescimento levou a que em 2005, o Grupo Amorim, Lage, Lda. reorganizasse a sua estrutura, passando então a designar-se de Grupo Cerealís. Assim, a empresa *holding* - *Cerealís SGPS, S.A.* - engloba as seguintes repartições:

- *Cerealís Produtos Alimentares* – S.A. – divisão de negócio de todos os produtos destinados ao consumidor final;
- *Cerealís Moagens* – S.A. – divisão de negócio destinado a produtos de uso industrial;
- *Cerealís Internacional* – Comércio de Cereais e Derivados, S.A. – divisão responsável pela importação de cereal, matéria-prima para o fabrico dos produtos do grupo, e exportação de produto acabado.

Além destas repartições, o Grupo Cerealis conta ainda com uma participação de 25% no capital social de uma empresa checa de massas alimentícias, a Europasta.

A barra cronológica que se segue visa ilustrar o crescimento, assim como as oportunidades de investimento que o Grupo foi capaz de, ao longo destes 100 anos, concretizar:

1919	Fundação da Amorim, Lage – moagem de trigo, por José Alves de Amorim e Manuel Gonçalves Lage, uma empresa de raiz familiar e que iniciou a sua atividade com o fabrico de farinhas para panificação
1933	Abertura da Fábrica de Massas Alimentícias, num edifício exclusivamente para o efeito e com a mais moderna tecnologia da época, sendo também lançada a marca Milaneza
1935	Ampliação da capacidade de produção da Fábrica de Massas Alimentícias
1937	Compra da Moagem do Minho Lda. (Guimarães) e Moagem da Restauração Lda. (Porto)
1945-50	Modernização da Fábrica Massas Alimentícias e ampliação da Moagem
1955	Lançamento das primeiras embalagens de massas alimentícias em celofane
1958	Inauguração da primeira fábrica de pão em forno contínuo (em Portugal)
1959	Abertura dos primeiros depósitos de venda de produtos Milaneza (Grande Porto)
1960	Lançamento do primeiro pão de forma português fatiado e embalado
1962	Inauguração da primeira semolaria de trigo duro em Portugal
1967	Inauguração de nova moagem em Coimbra
1970	Instalação da primeira linha de produção contínua
1978	Conversão da fábrica de pão para o fabrico de bolachas e biscoitos Milaneza
1980	Projeto Anos 80 - Ampliação e Modernização Industrial
1991	Cisão do negócio da farinha industrial
1994	A marca Milaneza atingiu a liderança do mercado de massas alimentícias
1996	Certificado de Qualidade Milaneza



1997	Aquisição de uma posição maioritária na Companhia de Moagens Harmonia, S.A. Constituição da Milaneza - Massas e Bolachas, S.A. Constituição da Amorim, Lage, SGPS
1998	Aquisição de quota na Moacir - Moagem de Coimbra, passando a deter a totalidade do capital social
1999	Aquisição da Nacional - Companhia Industrial Transformação Cereais, S.A.
2001	Milaneza patrocinou equipa profissional de ciclismo da Maia
2002	Fusão da Moacir - Moagem de Coimbra com a Companhia de Moagens Harmonia, S.A.
2003	Lançamento de soluções de refeição refrigeradas Milaneza
2004	Inauguração da nova Fábrica de Massas Alimentícias (Maia)
2005	Reestruturação do Grupo Amorim Lage e das subsidiárias Milaneza, Nacional e Harmonia para Cerealis, SGPS, S.A., Cerealis Produtos Alimentares, S.A, Cerealis Moagens, S.A., Cerealis Internacional, S.A.
2006	Inauguração da nova linha de cereais de pequeno-almoço multigrão na Trofa. Melhorias em equipamentos e infraestruturas nos centros de produção do Freixo e Beato
2007	Melhorias em equipamentos e infraestruturas nos centros de produção da Maia e Trofa
2008	Arranque da construção da nova semolaria no centro de produção da Maia
2009/10	Obra de ampliação do centro de produção da Trofa e aquisição da nova linha de extrusão (linha de 3ton). Inauguração do armazém automático da Trofa
2010	Aquisição de uma participação na empresa Europasta (Republica Checa)

2012	Arranque da nova moagem de Lisboa, Remodelação Tecnológica da fábrica de bolachas e aumento de capacidade e remodelação produtiva de algumas linhas do fabrico de massas
2013	Remodelação da unidade de farinhas para usos culinários em Lisboa
2017	Remodelação da unidade de produção de Bolachas na Maia
2018	Arranque de uma nova linha de produção, para uma nova tipologia de produto, na unidade industrial da Trofa, para produção de barras de cereais

Com quase um século de existência, o grupo Cerealís continua o seu negócio dedicado à transformação de cereais, nos 5 centros de produção que hoje detém, distribuídos entre o norte e o sul do país, e nos quais transforma anualmente cerca de 400 mil toneladas de cereais.

Atualmente, o grupo atua nos seguintes segmentos de produto: massas alimentícias, bolachas, cereais de pequeno-almoço, farinhas para usos industriais e culinários. Mais recentemente, na unidade industrial de cereais de pequeno-almoço, situada na Trofa, o Grupo instalou a primeira linha de barras de cereais, mercado no qual dá os primeiros passos.

Cumprindo a missão a que se propõe, a Cerealís é hoje líder de mercado nacional nos setores de massas alimentícias, farinhas para usos industriais e culinários. Apresenta-se entre os maiores grupos agroalimentares portugueses e, através da sua continuada política de investimento permanente, posiciona-se na vanguarda industrial (Cerealís, 2018).

1.1.1. Cerealís Produtos Alimentares - S.A.

Atualmente, a empresa *Cerealís Produtos Alimentares – S.A.* é detentora das marcas *Milaneza* e *Nacional* (**Figura 1.1**), e produtora para diversas marcas próprias e primeiros preços de várias cadeias de distribuição.



Figura 1.1 – Logotipos das marcas *Milaneza* e *Nacional*.

A produção dos produtos alimentares acontece no centro de produção da Maia, que contém dois edifícios industriais – Maia 1 e Maia 2 – e ainda no centro de produção da Trofa.

O centro de produção da Maia dedica-se à produção de massas alimentícias e bolachas, contendo dois fabricos e embalamentos de massas e uma fábrica de bolachas. No polo Maia 1 está também instalada uma moagem de trigo duro, denominada por Semolaria, cujo produto – sêmola – se destina

exclusivamente à produção de massas alimentícias. No polo Maia 2 está instalado o entreposto logístico da empresa, que possui um armazém automático com capacidade de 12 000 paletes.

O centro de produção da Trofa dedica-se à produção de cereais de pequeno-almoço e barras de cereais, possuindo também um armazém automático com capacidade para 10 600 paletes.

A *Cerealis Produtos Alimentares* – S.A. comercializa ainda as farinhas para usos culinários (FUC's), com marca de produtor, a *Nacional*, e ainda para diferentes cadeias de distribuição, produzidas no centro de produção de Lisboa da empresa *Cerealis Moagens* – S.A.

1.2. Qualidade na Indústria Alimentar

O papel da Qualidade tem, ao longo dos anos, diversificando o seu enfoque. Se na sua génese este conceito, na indústria alimentar, estava vulgarmente associado a Segurança Alimentar, sabe-se que, atualmente, os Sistemas de Qualidade vão desde a gestão documental ao controlo de processos, com vista a uma efetiva garantia dos requisitos de segurança impostos pela legislação, mas igualmente assegurar os requisitos de Qualidade, que inclusive são muitas vezes colocados pelos clientes e consumidores (Dias, 2008).

Com mercados cada vez mais competitivos, as empresas atuais buscam o crescimento e a fidelização dos seus clientes trabalhando os produtos que produzem como um todo, isto é, procuram a melhor sinergia possível entre as várias variáveis que possam promover ou condicionar a escolha pelo “seu” produto, desde as campanhas de marketing atentas às necessidades dos consumidores, preços mais baixos e competitivos e, ainda, estabelecendo padrões de qualidade que os posicione competitivamente no mercado que operam.

A avaliação da Qualidade de um produto, nos dias de hoje, já não compreende apenas as boas condições físico-químicas do produto, mas deve ter em consideração todas as restantes dimensões (Montgomery, 2008), das quais são exemplo:

- *Performance*: a aquisição de um produto está de imediato associada a uma funcionalidade. Pense-se, por exemplo, no caso dos produtos alimentares unidos, em que na maior parte dos casos pretendem ser mais portáteis, promovendo a facilidade de consumo em ambientes diferentes. Assim, a questão que muitas vezes se coloca é: até que ponto o produto desempenha a função pretendida ou esperada?
- *Confiabilidade*: esta dimensão está diretamente relacionada com a repetibilidade dos processos. Com a capacidade de o mesmo produto, e pensando novamente na ótica da indústria alimentar, por exemplo apresentar as mesmas características sensoriais, entre outras variáveis, cujo consumidor associa de imediato às próprias marcas;
- *Durabilidade*: qual a vida útil efetiva de um produto?
- *Estética*: a necessidade de se fazerem produtos, embalagens ou, até mesmo, as atividades de «*marketização*» apelativas e atentas aos consumidores;
- *Características*: físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, sobre as quais muitas vezes se faz a ligação à Segurança Alimentar do produto;

- *Conformidade*: com os requisitos e/ou especificações estabelecidas, cadernos de encargos, certificações ou normas de Qualidade, por exemplo o cumprimento do peso líquido de um produto;
- *Qualidade percebida*: aquela que o consumidor atribui ao produto, com base em todas as dimensões anteriores, aliando ainda, na grande parte das vezes o fator posicionamento do produto no mercado, a sua reputação e a reputação da marca representante.

Entre muitas outras dimensões, que variam inclusive com o produto em análise.

Pelo exposto, é fácil compreender a globalidade que hoje em dia o conceito de Qualidade abarca e a responsabilidade que, perante consumidores tão diversificados, criteriosos e exigentes, as indústrias do setor alimentar abraçam. Por este motivo, muito se discute sobre o custo da Qualidade de um produto, ou a falta dela.

A proposta de valor, na grande maioria das vezes, assenta na dimensão *Conformidade*, que por si só, é influenciada por inúmeros fatores, como: os processos de produção, a formação das equipas de trabalho, o rigor na supervisão efetuada, os tipos de controlo de processo efetuados, o cumprimento das atividades, tarefas, procedimentos e normas estabelecidas, etc. (Montgomery, 2008). Estes fatores, para além de impactarem diretamente a Qualidade do produto, têm um impacto financeiro significativo nas organizações, pelo que a competitividade industrial atual faz com que se viva num ambiente cada vez mais dinâmico, em que a adaptação das empresas e a evolução dos seus Sistemas de Qualidade acabe por acontecer a um ritmo mais acelerado, impulsionado por uma disciplina de Melhoria Contínua. As normativas e certificações, como são exemplo as ISO (*International Standards Organization*), têm incentivando essa cultura de melhoria contínua. No caso do grupo Cerealis, o sistema integrado de gestão da Qualidade aplica-se às duas empresas produtoras do grupo, nomeadamente *Cerealis Produtos Alimentares – S.A.* e *Cerealis Moagens – S.A.*, nas quais foram adotadas as normas NP EN ISO 22000 (Sistemas de gestão da segurança alimentar – Requisitos para qualquer organização que opere na cadeia alimentar) e IFS (*International Featured Standards*). Ao longo do processo de conceção, implementação e desenvolvimento do sistema de Qualidade e Segurança Alimentar (QSA) foram ainda tidas como linhas de orientação as normas: NP EN ISO 9001 (Sistemas da Qualidade – Requisitos), NP EN ISO 9004 (Sistemas da Qualidade – Linhas de orientação para melhoria de desempenho), NP EN ISO 14 001 - 2015 (Sistemas de Gestão Ambiental, Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização), ISO 45 001 (*Occupational health and safety management systems – Requirement*) e a SA 8000: 2014 (Responsabilidade Social). Ainda numa perspetiva de melhoria contínua, o grupo detém uma equipa interna dedicada à melhoria dos seus indicadores de performance e processos.

A extensão alargada dos Sistemas de Qualidade de hoje desafia as empresas a uma visão global da operação, o que leva à necessidade de as empresas conhecerem bem os seus processos industriais e organizacionais (Montgomery, 2008). Assim, a Qualidade não deve ser vista como um “ato isolado” ou responsabilidade de um único departamento, mas como um objetivo comum, promovido e praticado em todos os processos organizacionais (Machado, 2012). Ora, esta visão globalizada permitirá realizar o controlo, gestão de pessoas e processos necessários à diminuição da variabilidade existente. Para o efeito, é necessário identificar as atividades que conduzem ao resultado esperado, identificar as

melhorias existentes e implementá-las. Este ciclo de gestão – definir, medir, analisar, melhorar e controlar (em inglês conhecido pela sigla *DMAIC*) - associado à metodologia *Six Sigma* (capítulo 1.2.1.), justificará o investimento realizado em conhecer e controlar os processos (Montgomery, 2008; Aized, 2012).

Neste sentido e percebendo o impacto da Qualidade no sistema financeiro, várias organizações têm integrado as metodologias de Melhoria Contínua na sua estratégia de negócios, colocando assim a Qualidade como uma vantagem competitiva (Montgomery, 2008). Com fim a produtos de Qualidade superior - cujos custos aportados pelas necessidades de ajuste aos processos, assim como tarefas sem valor acrescentado, nem para o produto nem para o cliente, como são o caso dos erros e falhas, que implicam muitas vezes novos consumos, novos recursos e retrabalho - as empresas têm focado na redução do desperdício, numa lógica de fazer bem à primeira, promovendo então o aumento da capacidade/estabilidade dos processos (Juran & Godfrey, 1999). Significa então rentabilizar a aposta na Qualidade de um produto, pela conformidade do mesmo e mitigação das perdas. O que é o mesmo que dizer que as organizações passaram a ter a “*obligatoriedade*” de olhar para suas ferramentas, competências, métodos e, sobretudo, processos, a fim de garantir incrementos na Qualidade dos seus produtos pela Melhoria Contínua das operações inerentes, sabendo que a Qualidade dos mesmos são inversamente proporcionais à variabilidade existente em toda a operação (Montgomery, 2008).

O peso líquido é uma das características de produto que é controlada sob o ponto de vista de qualidade do mesmo, na medida em que esta variável permite rapidamente concluir sobre a estabilidade ou variabilidade de um processo. Para além disso, a verificação do peso líquido de um produto alimentar é um requisito legal que deve ser garantido.

A aceitação ou rejeição de um lote de produção depende da legislação aplicável em cada país, mas em todos os casos, de modo geral, pretende proteger o consumidor, pois deve garantir-se que o peso líquido das unidades de venda ao público (UVP's) não é, de forma deliberada e frequente, inferior ao peso nominal (como exposto em maior detalhe no subcapítulo 1.2.3). O que resulta em que, por segurança, as empresas assumam o custo de expedir alguns grama de produto acima dessa quantidade nominal, com impactos financeiros significativos. A aproximação do peso líquido de uma UVP ao peso nominal só é possível se o processo produtivo apresentar uma estabilidade que permita assegurar, com o ajuste dos parâmetros necessários de forma assertiva e precisa, uma baixa variabilidade, isto é, sem implicar variações aleatórias e inconsequentes que possam comprometer o cumprimento dos requisitos legais.

Sendo a variabilidade uma realidade inerente a qualquer processo industrial, que muito justifica a estabilidade ou instabilidade do mesmo, várias indústrias têm vindo a aplicar métodos estatísticos para controlo e aumento da Qualidade dos seus produtos (Montgomery, 2008). Não obstante, no que à indústria alimentar diz respeito, a aplicação de ferramentas de Melhoria Contínua para este fim está ainda aquém de outras indústrias, como a indústria automóvel, por exemplo.

1.2.1. Six Sigma e Melhoria da Qualidade

O conceito *Six Sigma* foi introduzido pela primeira vez em 1980 pela Motorola. É uma metodologia que integra, em muitas indústrias, a própria estratégia de gestão do negócio, visando a melhoria dos processos para níveis em que as falhas ou defeitos são extremamente improváveis (Montgomery, 2008; Aized, 2012).

De entre as ferramentas *Six Sigma* fazem parte; controlo estatístico de processo, testes de hipóteses, análises de variância, regressões lineares, desenhos experimentais, FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), análise de capacidade de processos, etc. Assim, grande parte das ferramentas utilizadas requerem fundamentos estatísticos, onde *sigma* (σ) é a letra que representa o desvio padrão. Então, a metodologia *Six Sigma* identifica a variação existente, face às condições perfeitas ou ideais de operação, isto é, ao *target* definido (Aized, 2012).

Desta forma, a diferença entre a qualidade potencial de um produto e a qualidade atual é aquilo que esta metodologia identifica como desperdício e, por isso, o que se pretende eliminar. Procura a melhoria da qualidade dos produtos, pela redução destes desperdícios, ajudando as organizações a produzirem produtos de melhor qualidade, mais rápidos e mais baratos (Pyzdek, 2003). O objetivo *Six Sigma* é, então, que não exista em todo o processo mais do que 3,4 ppm de defeitos, enganos ou erros (Aized, 2012).

Em suma, um processo *Six Sigma* significa que estatisticamente existe, aproximadamente, 99,9996% de probabilidade de os produtos fabricados serem esperados como *conformes* face às especificações definidas, mesmo que existam desvios entre o valor *target* (na figura como “T”) e a média “ μ ” (Aized, 2012; ver **Figura 1.2**).

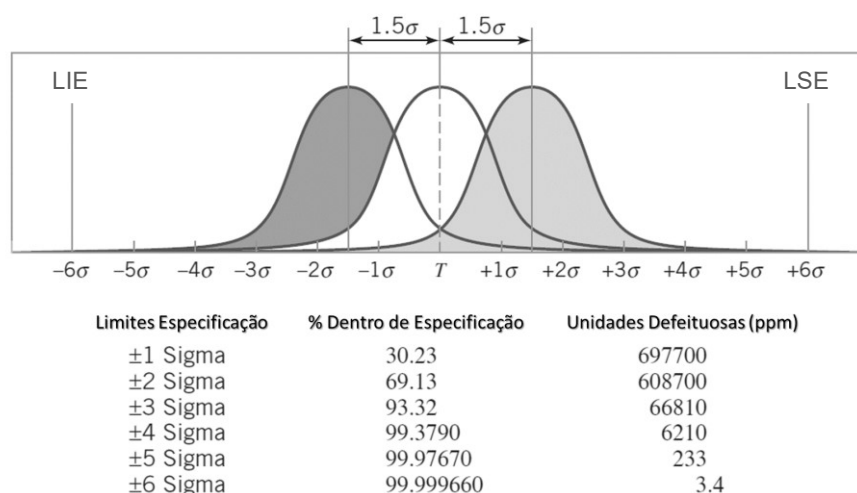


Figura 1.2 – Representação gráfica do conceito *Six Sigma*, neste caso com distribuição normal desviada do valor *target* definido (LIE e LSE são limites de especificação: LIE – *Limite Inferior de Especificação* e LSE – *Limite Superior de Especificação*) (Montgomery, 2008).

Como referido no capítulo anterior, esta metodologia assenta no ciclo de gestão *DMAIC* (**Figura 1.3**), passando a *Análise* na maior parte dos casos pela utilização de métodos estatísticos, como é exemplo a ANOVA e as cartas de controlo, que em simultâneo permitirão concluir sobre a variabilidade do processo em estudo (Antony & Kumar, 2008; Montgomery, 2008).

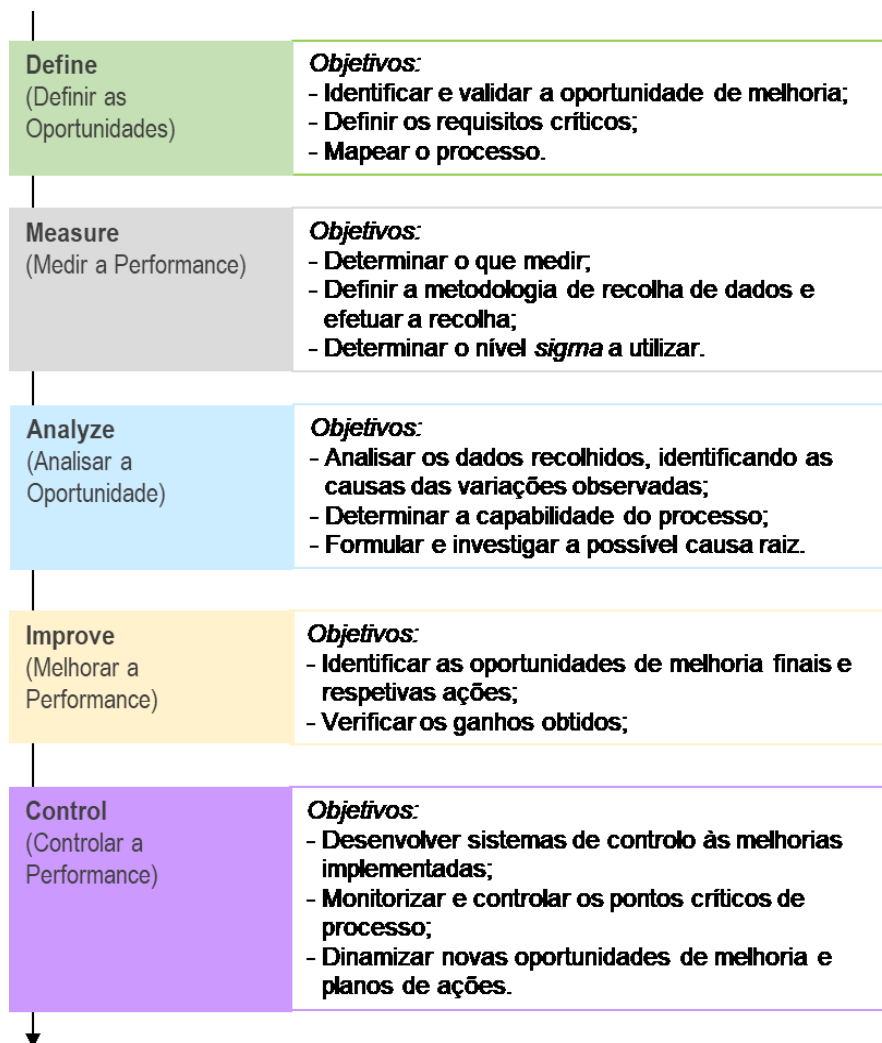


Figura 1.3 – Objetivos de cada etapa do ciclo de gestão *DMAIC* (adaptado de Montgomery, 2008).

Sabe-se por definição que a variabilidade é representada num sistema de produção, pela variabilidade das suas saídas, que por sua vez é função das entradas. Assim, interessa analisar quais as possíveis variáveis, isto é causas, que estarão na base dos valores de variabilidade. No caso da indústria alimentar a variabilidade advém de diferentes causas, basta observar no número de ingredientes que muitas vezes uma receita possui e o contributo que a variação das especificações de cada elemento poderá induzir. O diagrama de *espinha-de-peixe* é uma das ferramentas de Melhoria Contínua utilizadas para a análise de causas-efeito e assenta em 5 eixos: método, matéria-prima, mão de obra, máquina e meio-ambiente (Ribeiro & Caten 2012). O diagrama abaixo ilustrado na **Figura 1.4** foi elaborado com recurso a uma equipa multidisciplinar composta por: elementos da produção, chefias e operadores; um elemento da melhoria contínua e um elemento da qualidade do grupo Cerealis.

Assim, o presente diagrama visa exemplificar, ainda que de forma muito sucinta, as causas mais frequentes em cada eixo associadas a um produto alimentar. O importe que cada causa representa na variabilidade de um processo é difícil de quantificar de forma isolada, visto ocorrerem simultaneamente e, frequentemente, de forma relacionada.

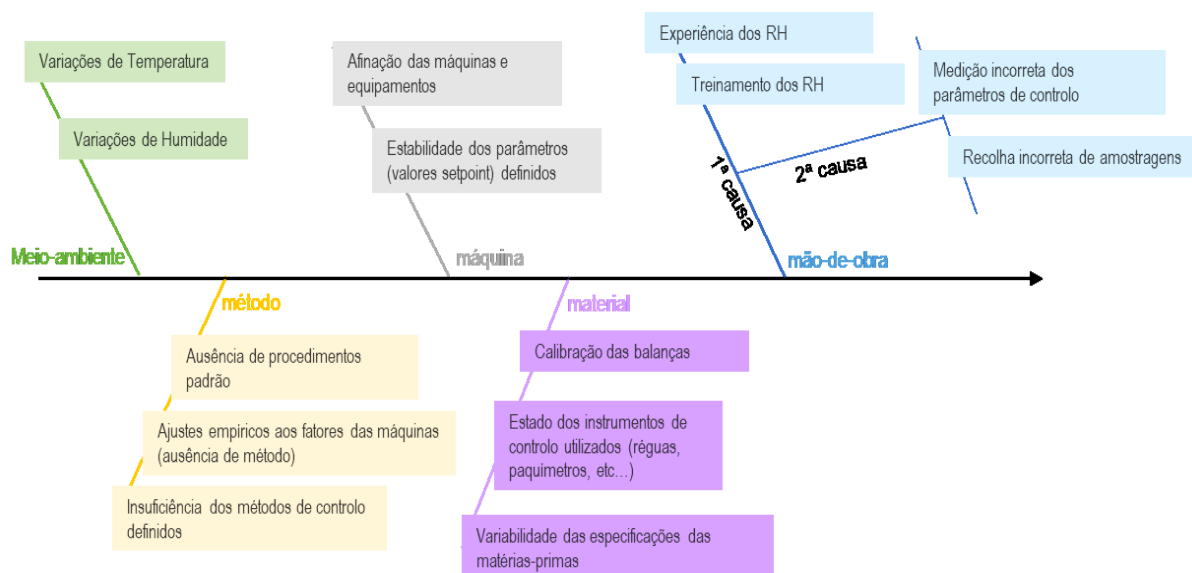


Figura 1.4 – Diagrama *espinha-de-peixe* com causas associadas à variabilidade dos processos de produção aplicados à indústria alimentar.

Podem distinguir-se 2 tipos de causas: causas esporádicas ou especiais e causas crónicas ou comuns. Num processo *Six Sigma* as causas especiais têm frequentemente um impacto financeiro maior e devem por isso ser eliminadas, enquanto a ocorrência de causas comuns está normalmente assente nos planos de controlo de qualidade e devem ser analisadas numa perspetiva de oportunidades de melhoria (Juran & Godfrey, 1999). Walter Shewhart, considerado “o pai do Controlo de Qualidade Moderno” e “do Controlo Estatístico de Processo”, considera uma variação dentro dos limites $\pm 3\sigma$ como a variabilidade provocada por causas comuns, pelo que as variações acima dos três sigmas são então consideradas como produzidas por causas especiais, indicando problemas de processo (Aized, 2012).

Não obstante, apesar das vantagens associadas ao uso de ferramentas *Six Sigma*, a boa implementação e utilização das mesmas depende, logo em primeira instância, do seu alinhamento com a estratégia da empresa. A literatura existente sobre esta temática identifica vários fatores críticos para o sucesso das ferramentas, nomeadamente:

- *Compromisso e envolvimento da gestão de topo (administradores e diretores)* - numa lógica de gestão *top-down*, onde o acompanhamento deve ser garantido quase como uma obrigação, pois só assim se conseguirá influenciar e reestruturar a organização no sentido de uma mudança cultura, numa perspetiva de “fazer bem à primeira”;

- *Formação e experiência* - compreende o conhecimento das ferramentas, a formação das equipas de operação, pois só assim se garante a correta utilização das mesmas e ganhos efetivos ao nível dos resultados de *performance*, mas também financeiros;
- *Mudança cultural* - implica haver abertura à mudança; em primeira instância no que concerne aos RH, em que nesse caso deverá ser promovida uma mudança cultural, assente em planos de comunicação, formação e acompanhamento bem definidos. Por outro lado, alterações necessárias nas infra-estruturas, métodos, procedimentos, etc;
- *Foco no cliente* - talvez um dos maiores fatores críticos de sucesso, pois a implementação de *Six Sigma* deve atender e potenciar os requisitos mais sensíveis à satisfação de cliente;
- *Elencar os benefícios financeiros* - a quantificação do ganho em termos financeiros, permite uma melhor compreensão das ferramentas pelos operadores e potencia o seu envolvimento;
- *Conhecimento dos processos* - o conhecimento e compreensão das medições, isto é, parâmetros, e a sua relação com a satisfação do cliente; muitas organizações implementam pontos de controlo em que a robustez dos métodos de medição é dúbia, o que desde logo coloca em causa a aplicabilidade de *Six Sigma*. Por outro lado, nem sempre o parâmetro escolhido é de facto aquele que deve ser utilizado, pela relação esforço-benefício que aporta ao controlo de processo.

Dos fatores críticos identificados, grande parte compreende o envolvimento dos recursos humanos. De facto, o estudo realizado por Madanhire & Mbohwa (2016) corrobora esta análise, na medida em que identifica a resistência à mudança, formação e envolvimento dos colaboradores como os principais desafios à implementação. Deste modo, pode concluir-se que a implementação de ferramentas *Six Sigma* é diretamente proporcional ao envolvimento e formação das equipas.

1.2.2. Controlo Estatístico de Processo

A utilização de ferramentas para Controlo Estatístico do Processo (CEP) pretende auxiliar o controlo, planeamento e melhoria da Qualidade, potenciando a estabilidade dos processos e a identificação de causas especiais ou comuns. As ferramentas mais utilizadas com esse fim são as cartas de controlo e as análises ao índice de capacidade de processo (Juran & Godfrey, 1999).

Cartas de Controlo

As cartas de controlo são uma ferramenta gráfica que permitem estudar e controlar parâmetros críticos de qualidade de um produto ao longo do tempo e, sobre essa perspetiva, concluir sobre o desempenho do processo (Montgomery, 2008). São uma ferramenta bastante prática e intuitiva, que muitas vezes é executada pelos próprios operadores de produção, e permitem definir um processo como *controlado/ estável* ou *fora de controlo/ instável*.

Graficamente, uma carta de controlo contém uma medida de tendência central (*target*), normalmente obtida pela média das amostras ($\bar{x}$) e limites inferior e superior de controlo. Como pode observar-se pelo exemplo apresentado na **Figura 1.5**, cada ponto no gráfico representa uma amostragem, sendo objetivo que estes se aproximem o mais possível do valor central.

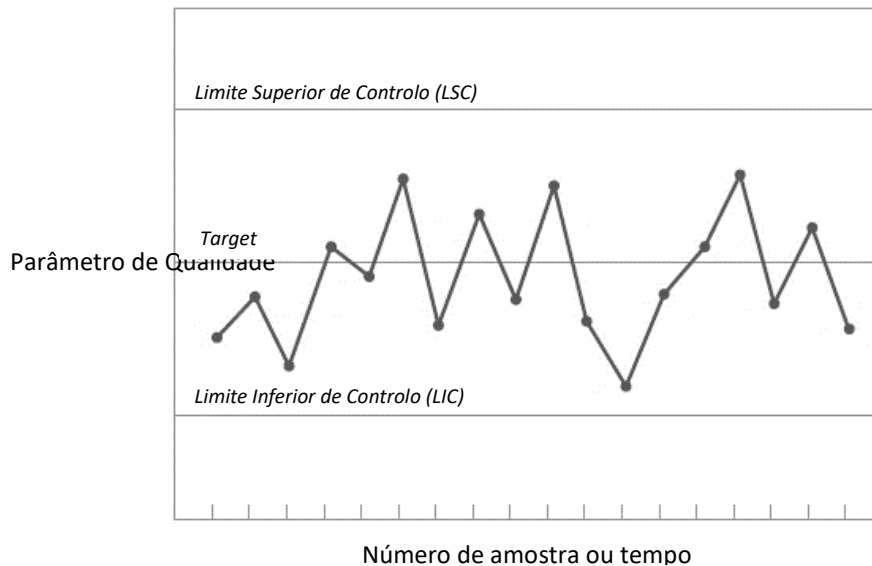


Figura 1.5 – Exemplo de uma carta de controlo (Montgomery, 2008).

A existência de pontos sucessivos (tendência) ou ocorrências não sistemáticas fora dos limites de controlo é um indicador de um processo *instável*, e por isso *fora de controlo* (Montgomery, 2008). A existência de causas comuns em processos é frequente, e normalmente, quando eliminados, conduzem a um processo sobre controlo. As causas esporádicas ou especiais, por sua vez, ocorrem com menor frequência, e tendem a descrever uma tendência. São mais difíceis de identificar e normalmente dificultam a estabilização dos processos.

O desenho das cartas de controlo depende da característica que se pretende estudar. Assim, existem dois tipos de cartas de controlo:

- Cartas de controlo por variáveis - as que utilizam características quantificáveis sobre a forma numérica, às quais normalmente se denomina por variável;
- Cartas de controlo por atributos - as que utilizam uma classificação qualitativa e normalmente binária, como *conforme* ou *não conforme*, não apresentando uma escala numérica contínua. Normalmente a medida utilizada é a contagem de amostras *não conformes*.

As cartas de controlo por variáveis são as mais utilizadas e as que permitem correlacionar com a análise de capacidade dos processos, pois utilizam valores com representatividade estatística, como médias e desvios-padrão (Montgomery, 2008). Assim, nestes casos, por definição para um processo

estável e controlado, os valores naturais de controlo são definidos em função da média do processo (μ) e do seu desvio-padrão (σ), como descrevem as equações (1) e (2):

$$\text{LSC} = \mu + L\sigma \quad (1)$$

$$\text{LIC} = \mu - L\sigma \quad (2)$$

em que L é a distância dos limites de controlo ao valor central, representado em termos de desvio-padrão, e normalmente é ajustada à confiabilidade desejada.

A largura dos limites de controlo é inversamente proporcional ao tamanho da amostra, por esse motivo, trabalham-se as médias das amostras e não os valores individuais (**Figura 1.6**). Por outro lado, o tamanho da amostra tem grande impacto nas conclusões que se podem aferir sobre a estabilidade do processo. Uma amostra maior diminui a probabilidade de erros do tipo II, que consiste em considerar-se o processo como estável, quando na realidade não está (Montgomery, 2008).

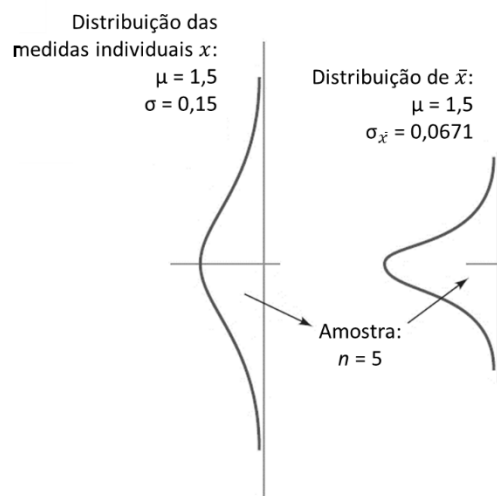


Figura 1.6 – Largura de uma curva de Distribuição Normal com valores individuais e média das amostras ($\bar{x}$) (Montgomery, 2008).

A correta utilização de cartas de controlo poderá potenciar o aumento da produtividade, prevenir a ocorrência de falhas ou erros e ainda de ajustes desnecessários ao processo. Por outro lado, é também uma ferramenta bastante poderosa no diagnóstico da experiência das equipas de operação e levantamento de eventuais necessidades de formação (Montgomery, 2008).

Capacidade de Processo

A análise da capacidade de um processo é importante sobre o ponto de vista de ganhos de Qualidade, pois é uma medida da variabilidade do processo (Juran & Godfrey, 1999; Montgomery, 2008), à qual rapidamente se podem associar métricas financeiras e perceber os impactos das variações existentes.

Esta ferramenta permite definir se o processo é *capaz* ou *incapaz* de cumprir com as especificações definidas. A equação (3) descreve o índice de capacidade de processo (C_p):

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (3)$$

onde LSE é o limite superior de especificação e LIE é o limite inferior de especificação.

Enquanto nas cartas de controlo os limites de controlo são habitualmente definidos pela empresa em função do que consegue realizar na operação, pois têm que fazer cumprir ou alertar para o possível incumprimento dos requisitos estabelecidos, no caso dos limites de especificação estes têm normalmente origem externa, como legislação, normas de qualidade, especificações com clientes, definições internas da própria empresa, etc. (Spanò, 2012).

Como se pode constatar pela equação (3) em cima descrita, o valor C_p apenas tem em consideração a diferença entre os limites de especificação, superior e inferior, e não a medida de tendência central (Spanò, 2012). Por esse motivo, para que seja possível perceber o desvio de um processo ao valor *target* ou central, utiliza-se o valor de C_{pK} , que é descrito pela seguinte equação (4):

$$C_{pK} = \min(C_{pL} , C_{pU}) \quad (4)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (5)$$

$$C_{pU} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (6)$$

em que C_{pL} é o valor de C_p do limite inferior pela diferença entre o valor central e o LIE, e C_{pU} é o valor de C_p para o limite superior, pela diferença entre o LSE e o valor central, conforme exemplifica a equação (5) e ilustram as imagens da **Figura 1.7**.

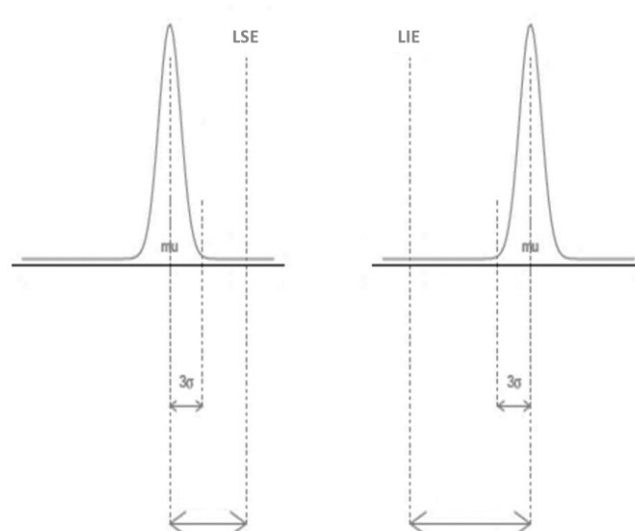


Figura 1.7 – Relação entre limites de especificação e valor de sigma (Spanò, 2012).

Por este motivo, quando o processo não está centrado, por vezes, apenas se efetuam os estudos com base em um dos limites de especificação (Montgomery, 2008), na medida em que permite diretamente medir o desvio face ao valor central (**Figura 1.8**).

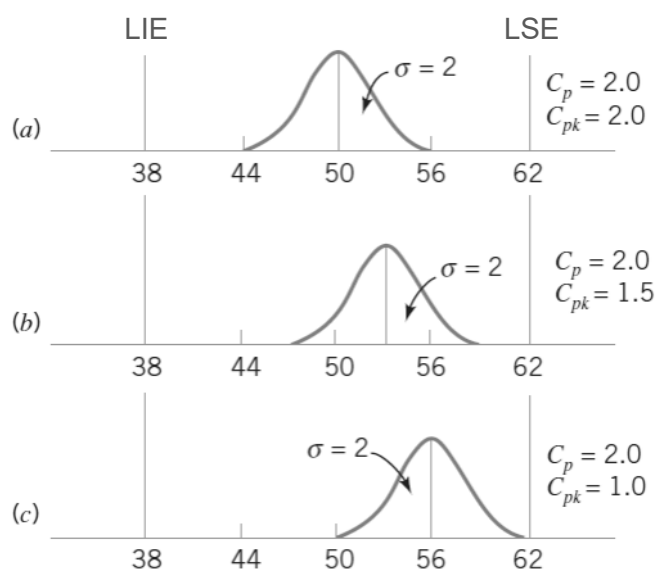


Figura 1.8 – Relação entre os índices C_p e C_{pk} (Montgomery, 2008).

Não obstante, importa salientar que, na grande maioria dos casos, a aplicação das ferramentas estatísticas a um processo real de produção inicia com o desconhecimento das duas medidas estatísticas, isto é, média e desvio padrão do processo. Assim, consideram-se a média e o desvio-padrão da amostra recolhida, como medidas de cálculo dos limites de controlo e, conseqüentemente, dos índices de capacidade de processo homólogos às equações base, como sumariza a **Tabela 1.1**.

Tabela 1.1 – Equações para limites de controlo baseados em análise de dados amostrais, sem conhecimento dos valores μ e σ reais do processo (Montgomery, 2008).

Carta	Tendência Central	Limites de Controlo
$\bar{x}$ (com R)	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_2\bar{R}$
$\bar{x}$ (com s)	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3s$
R	$\bar{R}$	LSC = $D_4\bar{R}$, LIC = $D_3\bar{R}$
s	$\bar{s}$	LSC = $B_4\bar{s}$, LIC = $B_3\bar{s}$

Em que R é a amplitude dos subgrupos, $\bar{R}$ é a média da amplitude dos subgrupos, s é o desvio-padrão amostral, $\bar{s}$ é a média dos desvio-padrão amostral dos subgrupos e as letras [A2, A3, B3, B3, D3 e D4] são constantes para cálculo dos limites de controlo que variam com o tamanho da amostra (Anexo I).

O índice de capacidade de um processo (C_p) permite estatisticamente aferir o número de unidades defeituosas em partes por milhão (ppm), face às especificações estabelecidas, que o processo originará (Tabela 1.2), tendo por base as seguintes premissas (Montgomery, 2008):

- a variável em estudo segue uma distribuição normal;
- o processo em estudo encontra-se estatisticamente sobre controlo;
- no caso de existirem os dois limites de especificação, o processo encontra-se centrado entre o limite superior e o limite inferior.

Tabela 1.2 - Valores de C_p e a associação em partes por milhão (ppm) de unidades defeituosas (Montgomery, 2008).

Índice Capacidade	Quebras no Processo (em defeitos em ppm)	
	Especificação Uni-lateral (1 limite – inferior ou superior)	Especificação Bi-lateral (2 limites – inferior e superior)
0,25	226 628	453 225
0,50	66 807	133 614
0,60	35 931	71 861
0,70	17 865	35 729
0,80	8 198	16 395
0,90	3 467	6 934
1,00	1 350	2 700
1,10	484	967
1,20	159	318
1,30	48	96
1,40	14	27
1,50	4	7
1,60	1	2
1,70	0,17	0,34
1,80	0,03	0,06
2,00	0,0009	0,0018

O valor de C_p permite então correlacionar a variabilidade permitida de um processo, isto é, garantindo o cumprimento das especificações, e a variabilidade naturalmente inerente ao mesmo. Então, quanto maior este índice, maior será a capacidade de o processo satisfazer as especificações. Por este motivo, e associado aos valores da **Tabela 1.2**, existem índices de C_p recomendados (Montgomery, 2008; Juran & Godfrey, 1999; Gonzalez, 2013):

- $C_p < 1$ - processo incapaz de cumprir com as especificações definidas. Neste caso, a abordagem deverá ser diminuir a variabilidade do processo;
- $1 \leq C_p \leq 1,33$ - processo com capacidade aceitável, capaz de produzir de acordo com as especificações, conduzindo, porém, ainda à obtenção de unidades defeituosas na ordem das 2700 a 64 ppm da produção; Neste caso é recomendável o acompanhamento das cartas de controlo durante a produção, estando alerta a variações que possam conduzir ao aumento das unidades defeituosas ou até mesmo ao descontrolo de processo, sendo reativos a eventuais tendências;
- $C_p \geq 1,33$ - processo capaz, que originará um máximo de 64 ppm de unidades defeituosas, podendo aliviar-se o acompanhamento da produção sob ponto de vista das amostragens a realizar.

A análise da capacidade de um processo é uma ferramenta cada vez mais importante na melhoria da Qualidade, na medida em que permite (Montgomery, 2008; Gonzalez, 2013):

- Prever a capacidade de um processo cumprir com as especificações estabelecidas;
- Selecionar e alterar um processo, no sentido de melhorar o cumprimento de especificações ou diminuir o número de unidades defeituosas;
- Estabelecer intervalos de amostragem e limites de controlo;
- Selecionar fornecedores concorrentes, com base nos valores de unidades defeituosas originadas;
- Estabelecer um procedimento de interação no processo de acordo com as variações observadas;
- Reduzir a variabilidade dos processos produtivos.

1.2.3. Enquadramento Legal do Controlo de Peso

A identificação da quantidade líquida de um género alimentício é um requisito legal, que visa promover a transparência e reforçar a defesa do consumidor, como aliás estabelece o Regulamento (EU) nº 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2011. Neste sentido, este Regulamento estatui a obrigatoriedade de identificação da quantidade líquida e a Diretiva 2007/45/CE a obrigatoriedade de identificação das quantidades nominais dos produtos pré-embalados.

A transposição para a ordem jurídica interna foi realizada em 2008, e está assente no Decreto-Lei nº199/2008, o qual define “*as condições gerais de comercialização dos produtos pré-embalados e estabelece as regras relativas às quantidades nominais aplicáveis aos produtos pré-embalados*”. O referido Decreto-Lei aplica-se a “*todos os produtos pré-embalados, destinados à comercialização em*

quantidades ou capacidades nominais unitárias iguais ou superiores a 5 g ou 5 mL e iguais ou inferiores a 10 kg ou 10 L”. Para melhor compreender as diretrizes estabelecidas no Decreto-Lei acima referido, importa destacar algumas definições, nomeadamente:

- **«Produto pré -embalado ou pré -embalado»** entende-se como “o produto cujo acondicionamento foi efetuado antes da sua exposição para venda ao consumidor em embalagem que solidariamente com ele é comercializada, de tal modo que a quantidade de produto contido na embalagem tenha um valor previamente escolhido e não possa ser alterada sem que a embalagem seja aberta ou sofra uma alteração perceptível”;
- **«Pré -embalado»** é “o conjunto de um produto e da embalagem individual na qual ele é pré-embalado”;
- **«Quantidade nominal»** corresponde à “massa ou volume marcado num pré-embalado e nele supostamente contido”;
- **«Capacidade nominal»** corresponde à “massa ou volume marcado num pré-embalado e que poderá conter”;
- **«Conteúdo efetivo»** corresponde à “quantidade de produto (massa ou volume) que o pré-embalado contém realmente”;
- **«Erro por defeito num pré -embalado»** é “a diferença para menos entre o conteúdo efetivo e a quantidade nominal”.

Assim, o Decreto-Lei nº 199/2008 estabelece três condições gerais à comercialização de pré-embalados. A primeira condição diz respeito ao conteúdo efetivo do pré-embalado, em que em média, ou a média do lote, não deve ser inferior à quantidade nominal. A segunda condição prevê a existência de unidades de pré-embalado abaixo do peso nominal e, para tal, considera um erro permitido por defeito, até ao máximo do erro admissível¹ (normalmente designado por *Tolerable Negative Error - TNE*), apresentado na **Tabela 1.3**. Abaixo desse valor e até ao limite seguinte, que diz respeito aos pré-embalados com erro por defeito até duas vezes o erro admissível, apenas é permitida a existência de unidades até 2,5% do total de pré-embalados, desde que este número não inviabilize o cumprimento do primeiro requisito. Por último, a terceira condição estabelece então que nenhum pré-embalado pode ter um erro por defeito superior ao dobro do erro admissível.

Importa salientar o caso especial de pré-embalados de embalagens múltiplas, considerado na Diretiva 2007/45/CE, em que nesse caso, a necessidade de controlo dessas unidades depende da permissão de venda das saquetas individualmente. Assim, se o pré-embalado for constituído por dois ou mais pré-embalados individuais, que possam ser vendidos separadamente, as quantidades nominais aplicam-se a cada um dos pré-embalados individuais. Porém, para pré-embalados com embalagens múltiplas, cujas embalagens individuais não possam ser vendidas separadamente, as quantidades nominais aplicam-se ao pré-embalado.

¹ O erro admissível varia com a quantidade nominal (Q_n) do pré-embalado. Na sessão da caracterização do pré-embalado estão indicados os valores reais aplicados ao produto selecionado.

Tabela 1.3 – Valores de tolerância dos erros admissíveis por defeito (Portaria nº 1198/91).

Quantidade Nominal (Qn) (g ou mL)	Erros admissíveis por defeito (TNE)	
	Face à Qn	Em g ou mL
5 – 50	9%	-
50 – 100	-	4,5
100 – 200	4,50%	-
200 – 300	-	9
300 – 500	3%	-
500 – 1000	-	15
≥ 1000	1,50%	-

Para além da relevância, sob o ponto de vista legal, que o controlo do peso líquido merece, este parâmetro de Qualidade apresenta junto dos clientes e consumidores grande importância, na medida em que o seu incumprimento, quando por defeito, pode inclusive ser interpretado como falta de transparência ou, até mesmo, deslealdade. Por outro lado, na perspetiva do produtor do bem alimentar, a sobredosagem das embalagens tem considerações financeiras impactantes (Djekic *et al.*, 2014).

Em suma, o controlo estatístico de processo tem vindo a ser utilizado na monitorização dos processos, sob ponto de vista de controlo financeiro e, ainda, como ferramenta preditiva de possíveis desvios aos principais parâmetros de processo e de qualidade a controlar. No entanto, à semelhança de outras ferramentas de Melhoria Contínua, os estudos da utilização destas ferramentas em indústrias alimentares são ainda escassos (Djekic *et al.*, 2014).

1.3. Caracterização do Pré-Embalado em Estudo

Por forma a conseguir identificar as possíveis variáveis de entrada e, posteriormente à análise/ caracterização estatística do processo, orientar e debater oportunidades de melhoria, importa conhecer todas as etapas que compõem a produção da bolacha selecionada para o estudo. Assim, os próximos subcapítulos compreendem uma breve exposição dos temas do processo de produção, desde o fabrico e embalamento ao controlo final do pré-embalado, e respetiva aplicação prática dos requisitos legais. Por uma questão de objetividade do trabalho, alguns temas, como são exemplo as tecnologias de fabricação e embalamento, apenas serão expostos em maior detalhe para as respetivas especificidades da bolacha em estudo.

1.3.1. Unidade Fabril

A fábrica de produção de bolachas localiza-se na unidade industrial situada em Águas Santas, Maia, e emprega cerca de 50 funcionários. Modo geral, diferenciam-se 5 zonas: zona de fabrico, zona de embalagem, zona de pesagens das matérias-primas e amassadura, zona de armazenagem de produto acabado e zonas periféricas (balneários, zona de café, etc.).

Ao nível do fabrico, a fábrica de bolachas contém 2 linhas (linha A e B), que permitem operar diferentes tecnologias de fabricação, classificadas de acordo com a tecnologia de formação da bolacha: impressão e corte, molde rotativo e depositadora. Trabalha igualmente diferentes tipos de massas, massa areada e massa dura (Manley, 2011), permitindo ter um portefólio de produtos bastante grande. A tecnologia rotativa – linha B – é utilizada para a fabricação da bolacha Alfa, Mini-Alfa, Aveia e Mini-Shortcake. A linha B, permite ainda fabricar pela técnica de deposição, na qual se produz bolachas como Cookies e Cookies XL. As bolachas mais tradicionais, como bolacha Maria, Água e Sal, Digestiva, Integral, Torrada, são produzidas pela técnica de impressão e corte, também acontecendo na linha A.

O desdobramento das linhas de fabrico acontece em 2 linhas em embalagem (linha 1 e 2), que permitem igualmente a formação de diferentes tipologias de embalagem: *flow-pack*, *packs* (saquetas em cartolina), unidoses (mini alfa) e tubo.

A fábrica de bolachas labora em regime de 3 turnos rotativos, salvo necessidades de produção esporadicamente superiores que justifiquem, de forma temporária, a laboração contínua.

A capacidade total instalada nesta fábrica é de 31,2 toneladas por dia.

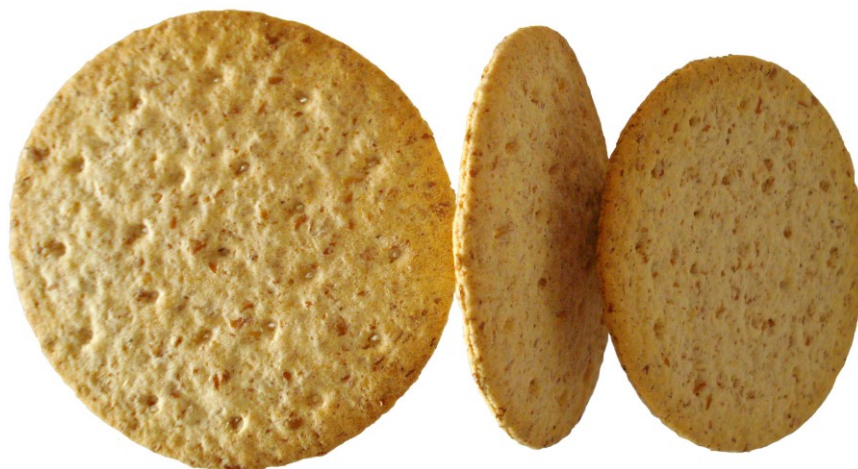
1.3.2. A Bolacha e a Embalagem

A bolacha *Integral* caracteriza-se como uma bolacha visualmente heterogénea, pela presença de ingredientes integrais (como sênea), e com forma redonda (**Figura 1.9**).

Na superfície superior contém algumas perfurações que permitem a circulação do ar entre a bolacha e o tapete de transporte ao longo do forno, de forma a evitar a criação de “bolhas” na parte inferior da mesma.

Na sua formulação estão presentes 13 ingredientes, pelo que apesar de aparentemente ser uma bolacha simples, poderá justificar complexidades vivenciadas no ato da operação de fabrico face às variações apresentadas nos subcapítulos anteriores, relativos por exemplo à pesagem dos mesmos.

No que diz respeito ao seu embalagem, a embalagem de venda é constituída por 4 saquetas de película transparente, colocadas em embalagem secundária de cartão, originando um pré-embalado de peso nominal de 200 g. No total, cada saqueta deve apresentar 8 bolachas e pesar aproximadamente 50 g.



OBS: A dimensão do produto apresentada na imagem, é inferior ao seu tamanho real.

Figura 1.9 – Bolacha *Integral* (Cerealís, 2018).

1.3.3. Fluxograma do Processo de Produção

O fluxograma apresentado na **Figura 1.10** pretende, de forma sucinta, descrever as diferentes etapas existentes no processo de produção de bolachas.

Importa salientar a diferenciação da receção de matérias-primas e matérias-subsidiárias identificada no fluxograma. Entende-se por matérias-primas ingredientes que são adicionados às receitas em quantidades maiores, como é exemplo a farinha, açúcar, gordura e glucose, e por isso as receções são a granel e a armazenagem realizada em silos. Por sua vez, as matérias-subsidiárias são paletizadas e transportadas em camiões isotérmicos ou à temperatura ambiente, conforme os requisitos da mercadoria. A fábrica de bolachas dispõe de uma câmara frigorífica para armazenamento das matérias-subsidiárias, que necessitem de controlo de temperatura.

A bolacha selecionada para o estudo - bolacha “*Integral*” - é produzida pela tecnologia de impressão e corte.

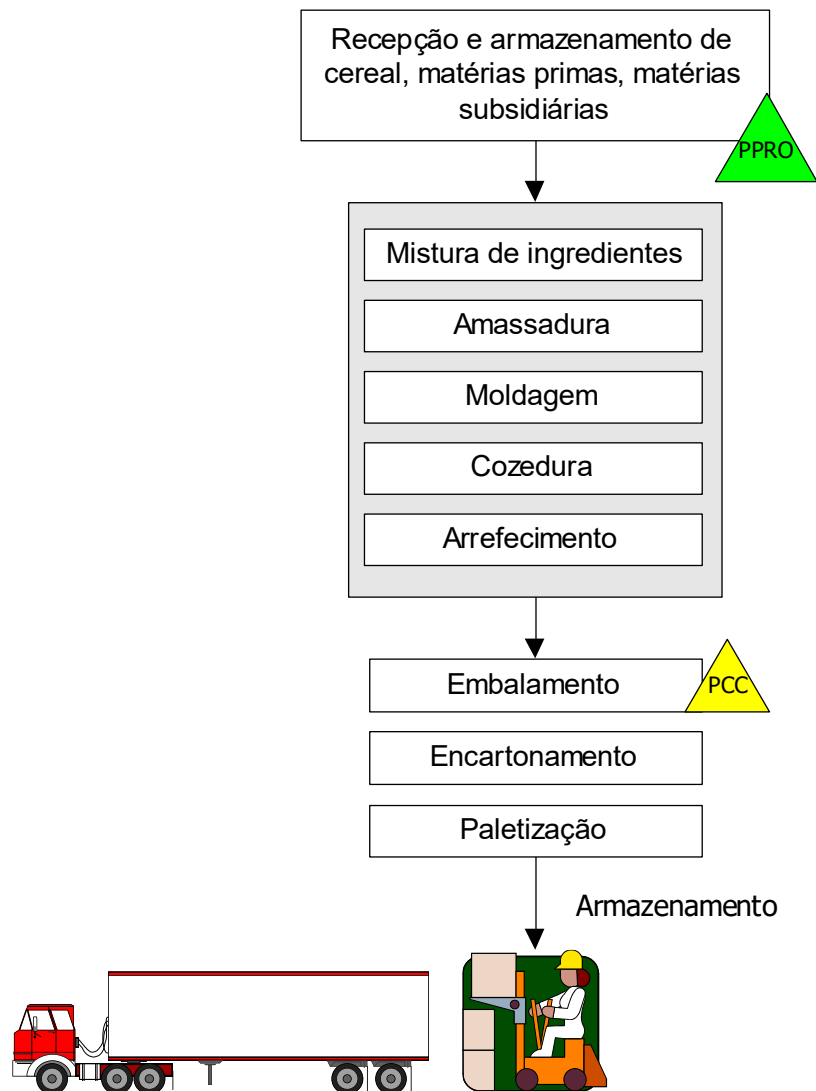


Figura 1.10 – Fluxograma de processo de produção de bolacha (Cerealis, 2018).

1.3.4. Produção – Processo de Fabrico

Ao processo de fabricação de bolacha antecede todo o processo de seleção, compra e receção dos ingredientes que compõe a receita de fabrico. Este processo inicia com a pesagem e mistura dos ingredientes, amassadura e formação, finalizando a parte de fabrico com a cozedura e arrefecimento da bolacha.

Ingredientes e Amassadura

Após receção das matérias-primas e subsidiárias, a alimentação destas ao processo de fabrico depende da forma de armazenamento. Assim, a adição de matérias-primas é normalmente feita diretamente nas amassadeiras, sob caudalímetros, no caso dos ingredientes líquidos como a gordura, glucose e a água, ou via transporte pneumático com doseamento automático, como no caso da farinha.

A precisão das quantidades a pesar no caso do doseamento automático, via caudalímetros, depende das temperaturas dos fluídos, pelo que as variações associadas poderão ou não ser refletidas em variações de processo.

Existem ainda matérias-primas que são adicionadas de forma manual nas amassadeiras, as quais carecem de uma pesagem das quantidades pretendidas em recipientes próprios para o efeito, que permitem garantir as boas práticas de Higiene e Segurança Alimentar. A balança utilizada para estes casos dispõe de um sistema de “*controlo anti-erro*”, isto é, para cada um destes ingredientes a balança indica a quantidade pretendida conforme a receita que esteja a ser produzida. Também nestes casos está previsto um valor de variação, inerente ao facto de ser uma operação manual, cuja tolerância está associada à gramagem a pesar (**Tabela 1.4**) e disponível informaticamente no *software* da própria balança. Caso os valores de tolerância sejam ultrapassados, a própria balança não deixa concluir a pesagem do ingrediente em questão e bloqueia, inclusive, os passos seguintes.

Tabela 1.4 – Valores de tolerância admitidos para pesagem manual de ingredientes para produção de bolachas estabelecidos no Grupo Cerealis.

Peso (g)	Tolerância admitida (g)
0 – 2,0	± 0,1
2,0 – 10,0	± 0,5
10,0 – 50,0	± 2,0
50,0 – 100,0	± 3,0
100,0 – 500,0	± 5,0
A partir de 500	± 10,0

A formulação de uma receita, ao nível dos ingredientes, depende da tecnologia de fabricação a utilizar, do tipo de bolacha que se pretende produzir e dos aspetos sensoriais (aspeto, sabor, etc.) que se quer desenvolver (Bhattacharya, 2014). Cada ingrediente é selecionado com base nas suas características e na função que se pretende que desempenhem na bolacha. Assim, as percentagens de inclusão e as especificações da matéria-prima ou matéria-subsidiária permitirão então adequar a função do ingrediente ao produto pretendido. Não obstante, existem alguns ingredientes que estão na generalidade presentes em todas as receitas, nomeadamente as farinhas, os açúcares e as gorduras, desempenhando de igual forma funções diferentes (Manley, 2011). Tomando o açúcar como exemplo, a sua incorporação influencia características como a textura, a cor, o sabor, mas também a própria elasticidade e plasticidade da massa de bolacha. Quantidades de açúcar mais elevadas aumentarão o comprimento da bolacha, mas ao mesmo tempo uma diminuição na espessura da mesma (Bhattacharya, 2014). O mesmo acontece com as gorduras, em que a sua adição ao nível sensorial tem como objetivo produzir a sensação de “derreter na boca”, porém também impactam de forma significativa a extensão, espessura e peso (Bhattacharya, 2014). Apesar de todos os ingredientes terem especificações acordadas com os fornecedores, cujas características são controladas internamente, a

variabilidade inerente a algumas matérias, como a farinha de trigo ou as gorduras, faz com que existam sempre variações ligeiras no comportamento viscoelástico das massas, levando a pequenas alterações no processo de formação e cozedura das bolachas. Tal variação provoca ligeiras diferenças também ao nível das dimensões e peso de cada bolacha, que tendencialmente serão minimizadas através do processo de preparação das massas, assim como nos tempos, velocidades e temperaturas de cozedura das mesmas.

Por este motivo, a ordem de entrada dos ingredientes na amassadeira varia de receita para receita, isto é, com o tipo de bolacha, e deve ser respeitada em todas as produções. Normalmente, realizam-se pelo menos duas operações de amassadura, a primeira para formação do “*creme*” e as restantes para mistura de ingredientes como farinha, restante quantidade de água ou, até mesmo, de pepitas de chocolate ou coríntios, no caso de o produto conter inclusões. Adicionalmente, devem ser respeitados os tempos, velocidades e energia mecânica de amassadura definidos, na medida em que também estes parâmetros impactam características da bolacha, nomeadamente no que diz respeito ao seu comprimento e espessura (Bhattacharya, 2014; Rao & Bhargavi, 2017). Da mesma forma, os tempos de espera das massas - após amassadura até que são alimentadas à linha – impactam diretamente o desempenho do desmolde, laminagem das massas para impressão e corte ou a deposição da quantidade de massa necessária, criando variações no processo. Desta forma, para minimizar a variabilidade do processo, para cada tecnologia de produção estão igualmente definidos tempos máximos admitidos de espera. Pelo mesmo motivo, são também controladas e registadas as temperaturas das gorduras utilizadas e das massas após amassadura, visto terem impacto na obtenção do comprimento e da densidade desejada (Rao & Bhargavi, 2017).

Todos estes parâmetros – especificações de matérias-primas ou matérias-subsidiárias, tolerâncias de quantidades pesadas, sequência de adição de ingredientes, velocidades e energia de amassadura, temperaturas dos ingredientes e da própria massa, entre outros que aqui não foram descritos – têm como objetivo minimizar as variações no processo, para além de outros fins relacionados, por exemplo, com requisitos legais. Importa ainda realçar que existem ingredientes cujas quantidades são ajustadas após amassadura, por necessidades de ajuste da sua consistência, inclusão de retalho de massa fresca originado pelo recorte da bolacha ou por desvio ao peso das bolachas (pós cozedura). São exemplo destes ingredientes a água e o bicarbonato de sódio.

Formação e Moldagem

A alimentação das massas à linha A ou B é realizada de acordo com a tecnologia de fabricação e, para cada uma, existem também parâmetros definidos. No caso da tecnologia aplicada à bolacha em estudo – *impressão e corte*, a massa cai numa máquina de três cilindros que desde logo a aplanar e encaminha sobre tapetes de transporte, originando um “*lençol*”, cuja espessura será reduzida continuamente nos três rolos duplos de redução, localizados posteriormente, até se atingir o valor pretendido. Por fim, segue-se um rolo de impressão e corte, que forma a bolacha por estampagem originando um retalho, que volta a ser reintroduzido no processo, como ilustra a **Figura 1.11**.

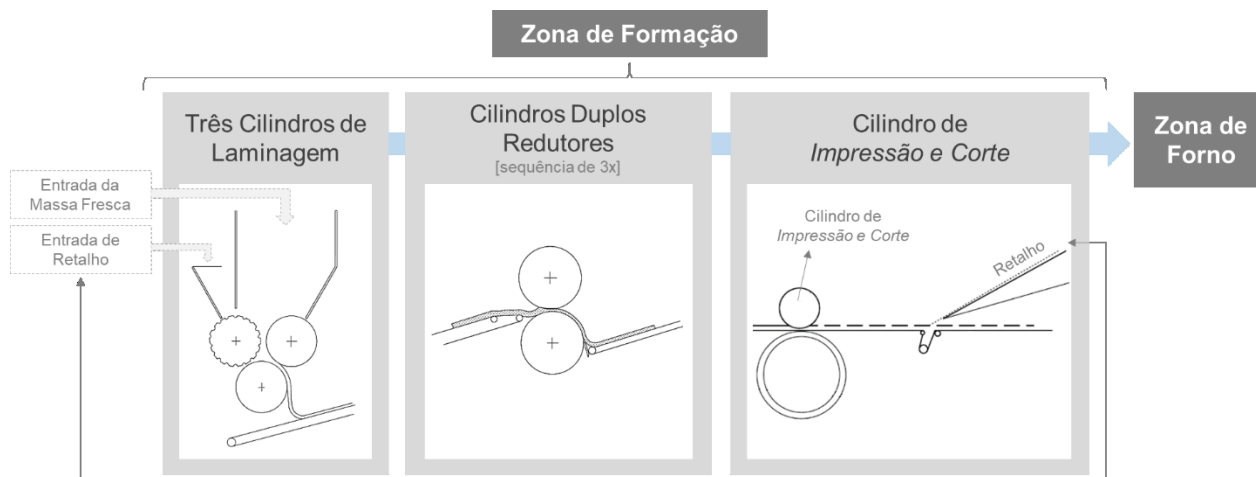


Figura 1.11 – Formação de bolacha por tecnologia *Impressão e Corte* (adaptado de Manley, 2011).

No caso da bolacha *Integral*, o “lençol” de massa ao passar no cilindro de *impressão e corte* origina 16 filas de bolacha (**Figura 1.12**).



Figura 1.12 – Fotografias reais do cilindro de impressão e corte: à esquerda o retalho originado e à direita a formação das 16 filas de bolacha *Integral*.

Para esta tecnologia importa controlar as velocidades dos cilindros formadores e redutores (do “lençol”), a distância entre os cilindros redutores (superior e inferior), a velocidade dos tapetes de transporte entre os vários cilindros e, ainda, do cilindro de impressão e corte. A distância entre os rolos superior e inferior, dos cilindros duplos de redução, permite regular a espessura do “lençol” de massa através dos tapetes, para que chegue ao cilindro de impressão e corte com a espessura pretendida. Existe na literatura valores recomendados de redução da espessura do “lençol”, isto é, para cada etapa entre os cilindros duplos deve ser mantido um rácio de redução de 2:1. O aumento deste rácio, por exemplo de 4:1, pode implicar alterações na formação da bolacha no cilindro de impressão e corte, obtendo-se bolachas com espessura irregular, o que em casos extremos poderá significar que sejam mais finas nas periferias do que no seu centro (Manley, 2011), podendo em alguns casos não ser possível atingir-se o peso desejado. Por outro lado, é importante garantir que os cilindros duplos se encontram paralelos, de forma a evitar que a espessura da bolacha seja diferente à direita e à esquerda

do rolo. Para tal, é frequente utilizar-se, como verificação deste parâmetro, a medição do peso em cru das bolachas ao longo das filas, antes da sua entrada no forno. A velocidade do cilindro de impressão e corte, por sua vez, poderá potenciar uma maior adesão da massa ao cilindro ou uma deficiência no próprio recorte/estampagem, fazendo com que as bolachas não sigam no tapete de alimentação ao forno. Adicionalmente, pode originar variações no diâmetro da bolacha, o que em casos extremos significa a formação de bolachas com formato ovalizado (Manley, 2011).

Para todos estes parâmetros estão definidos valores objetivos, que alteram com as receitas a produzir, cujas variações existentes a montante poderão justificar alterações que, concretamente no caso da empresa Cerealis, carecem também de registo ao longo do processo. Em suma, salienta-se a importância que estes parâmetros têm sob o ponto de vista de controlo e estabilidade de um processo, na medida em que estão muito relacionados com variações em características como dispersão, peso e espessura da bolacha (Rao & Bhargavi, 2017).

Cozedura

Após formação, a bolacha segue para cozedura em forno, onde permanece entre os 5 e os 10 minutos, dependendo do tipo de bolacha. O processo de cozedura tem especial importância, na medida em que permite garantir o tempo de vida dos produtos de acordo com o que são estabelecidos nos prazos de validade. Mais ainda, é responsável pelo desenvolvimento de características cruciais num produto alimentar, que no caso de uma bolacha diz respeito à textura, cor, sabor, densidade e teor de humidade, entre outros (Manley, 2011).

Existem dois tipos de fornos: fornos estáticos e fornos em contínuo. No caso da bolacha em estudo, esta é cozida em forno de banda com transporte contínuo, que contém 3 queimadores que permitem alternar as temperaturas ao longo do mesmo, originando assim três etapas de cozedura (Manley, 2011):

- 1º queimador: tem como objetivo o desenvolvimento da estrutura da bolacha, ao nível da textura, sabor e densidade;
- 2º queimador: promove a perda de água, baixando a humidade do produto para valores que possam garantir o seu armazenamento;
- 3º queimador: promove o desenvolvimento da cor do produto.

Os valores de temperatura utilizados, em especial para o primeiro queimador, têm então grande impacto nas características físicas da bolacha, podendo originar variações em atributos como peso ou espessura da mesma (Manley, 2011; Cronin & Preis, 2000). Neste sentido, as variações a montante do forno, produzidas por exemplo pelas alterações nos cilindros de redução, impactaram ainda mais a variabilidade naturalmente existente, o que em casos extremos pode revelar diferenças significativas no produto final.

Cronin & Preis (2000) dedicaram o seu estudo à análise estatística de propriedades físicas afetadas pelo processo de cozedura. Para o efeito selecionaram como variáveis de estudo o peso, as dimensões e, ainda, o teor de humidade de bolachas tipo *Rich Tea*, cujo processo de fabrico é também por *Impressão e Corte*. Concluíram então que as variações existentes no processo de formação da bolacha fazem variar a quantidade de massa que cada bolacha antes da cozedura contém, o que afeta diretamente o peso final das bolachas. Ainda que se consiga garantir uma constância e correta afinação dos parâmetros relacionados com os cilindros, na parte da formação, a natureza das massas de bolachas, com as propriedades viscoelásticas variáveis com as especificações de matéria-prima, são muitas vezes o fator necessário e suficiente à existência de variações de peso entre bolachas de massa fresca. No mesmo artigo, os autores referenciam outros autores que encontraram a mesma variabilidade, que se considera, por isso, natural e normalmente associada às farinhas utilizadas, no que diz respeito à formação das cadeias de glúten. Porém, o processo de cozedura tende a diminuir essa variabilidade para valores sem significância estatística, na medida em que a secagem das bolachas acontece proporcionalmente à quantidade de massa que cada unidade de bolacha contém. Não obstante, o teor de humidade é diretamente e negativamente afetado pelas mudanças nas temperaturas de forno, ou seja, temperaturas mais elevadas conduzirão a teores de humidade naturalmente inferiores, o que consequentemente provocará também uma redução no peso. No que aos valores de temperatura utilizados diz respeito importa ainda referir que, valores de temperatura mais baixos conduzirão a uma menor perda de humidade, mas a variação desse parâmetro, isto é o seu desvio padrão, será maior, apresentando por isso uma maior dispersão.

O artigo refere ainda que vários autores têm tentado encontrar relação entre as temperaturas de forno utilizadas e a espessura final das bolachas, porém apesar de ficar claro que existe interação, a alteração nem sempre acontece no mesmo sentido, dependendo desde logo do tipo de massa.

No final da saída do forno, o operador responsável por essa zona, designado por forneiro, tem de realizar 3 controlos rápidos que permitirão perceber ou estimar o comportamento da bolacha na fase de embalagem, nomeadamente ao nível do peso e da humidade (com recurso a balanças digitais e termobalanças, respetivamente), das suas dimensões (diâmetro e comprimento/espessura por medição com paquímetro e utensílio desenhado para o efeito) e ainda por comparação visual, um controlo à cor da mesma (**Figura 1.13**). Junto ao posto de controlo estão afixadas as especificações técnicas dos produtos controlados naquela bancada, para auxiliar a validação dos parâmetros por parte do operador. Adicionalmente, existem ainda cartas de controlo para os parâmetros peso e humidade, cujos valores obtidos são registados dessa forma.



Figura 1.13 – Posto de Controlo da Linha B da fábrica de bolachas.

1.3.5. Produção – Processo de Embalamento

Após saída do forno e efetuados os respetivos controlos, as bolachas são transportadas até aos equipamentos de embalagem através de tapetes de transporte, que tem ainda a função de arrefecimento da bolacha. Por esse motivo, esses tapetes são normalmente extensos.

No caso da bolacha selecionada para o estudo, no final do tapete de arrefecimento e transporte as 16 filas de bolachas são agrupadas em 8 filas (**Figura 1.14**), por meio de guias que farão a alimentação das bolachas à máquina formadora de pacotes, designada por empacotadora. Assim, a constituição dos grupos de 8 bolachas que compõem uma saqueta acontece de forma aleatória, com base na pressão dos canais das guias, resultando por isso em grupos heterogêneos constituídos por filas da esquerda, centro e direita, originadas do processo de formação da bolacha, na etapa decorrente no cilindro de *Impressão e Corte*. A reintrodução de bolachas provenientes de rejeições ao controlo de peso, do qual são alvo todas as unidades de venda ao público (UVP's), acontece nestes canais. O cruzamento das filas de fabricação tende a suprir as variações originadas na zona de formação do processo de fabrico, porém a reintrodução de bolachas em linha, que muitas vezes não correspondem ao *batch* que naquele momento está a ser embalado, poderá aumentar a variabilidade dos pesos efetivos de cada UVP.

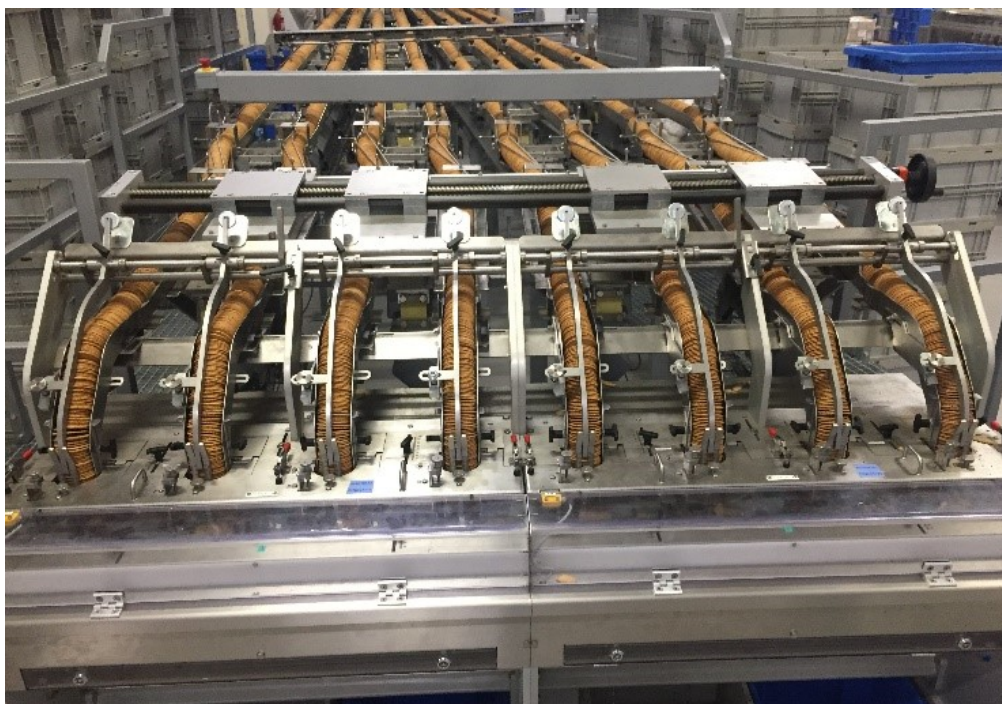


Figura 1.14 – Agrupamento das 16 filas originadas no processo de fabrico em 8 filas no processo de embalagem.

Obtidas as saquetas com 8 bolachas, estas seguem para um equipamento que as introduz em cartolinas, num conjunto de 4, dando então origem ao pré-embalado. Por fim, os pré-embalados são agrupados em embalagens de transporte, com as quais é constituída a paleta, que é filmada com estirável, a fim de ser armazenada. A armazenagem do produto acabado é então realizada no armazém automático do centro de produção, no qual permanecerá até à sua expedição.

1.3.6. Aplicação e Controlo dos Requisitos Legais

Como exposto no capítulo 1.2.3, no Enquadramento Legal ao Controlo de Peso, devem ser garantidas as 3 condições gerais, que aplicadas à realidade do pré-embalado em estudo, de peso nominal 200 g (**Figura 1.15**), significam que:

- a média dos lotes de produção deve ser igual ou superior ao peso nominal de 200 g;
- o número de UVP's com peso efetivo superior ao erro admissível por defeito, deve permitir satisfazer os critérios de aceitação do lote, ou seja, deve permitir manter a média do lote igual ou superior ao peso nominal. Mais ainda, o número de UVP's com peso inferior ao erro admissível não deve exceder 2,5% das unidades do lote, até ao máximo do peso com erro por defeito duas vezes o erro admissível (182 g);
- nenhum pré-embalado pode conter peso efetivo inferior ou igual a duas vezes o erro admissível, ou seja, inferior a 182 g.

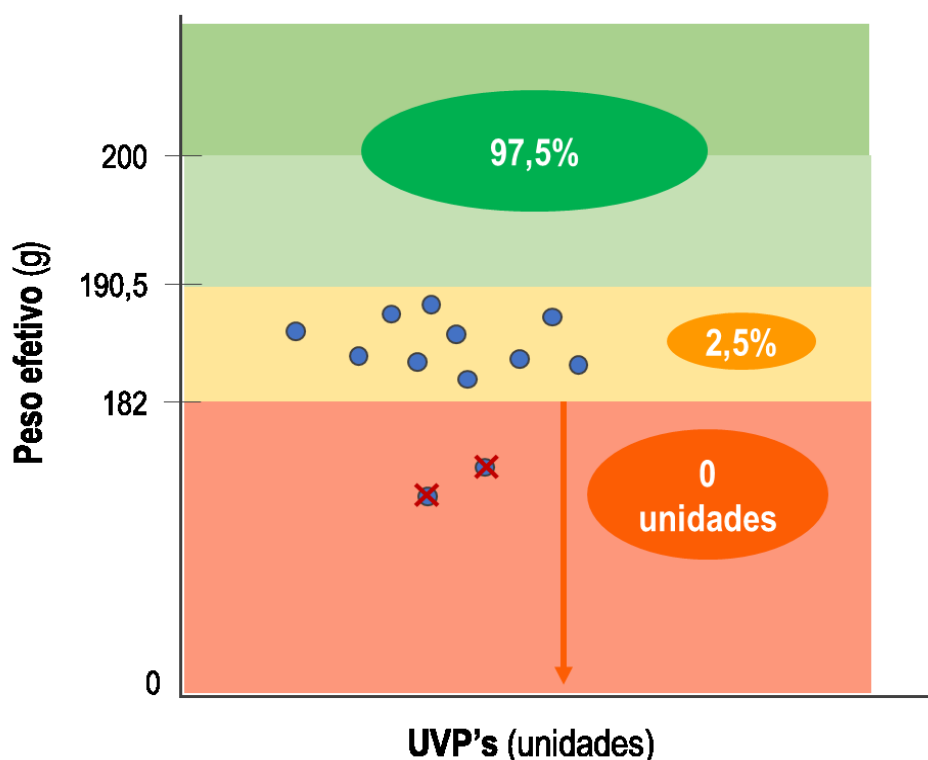


Figura 1.15 – Limites legais aplicados a um pré-embalado de peso nominal de 200 g.

Por forma a garantir o cumprimento dos requisitos legais, durante o processo de embalamento o peso efetivo das saquetas, assim como dos pré-embalados são controlados por via de controladores de peso. O incumprimento dos valores de peso definidos, quer seja por defeito como por excesso (**Tabela 1.5**), resultam na rejeição do pré-embalado, por meio de um sistema de expulsor de ar comprimido presente no equipamento de controlo de peso. Este sistema de rejeição apenas é aplicado ao pré-embalado e não às saquetas, na medida em que segundo a Diretiva 2007/45/CE não existe essa obrigatoriedade no caso de as embalagens individuais (saquetas) não se destinarem a ser vendidas em separado.

Os limites definidos internamente pela *Cerealis* vão mais além, na medida em que desafiam a utilização de fronteiras mais apertadas, sendo por isso o limite de rejeição por defeito o peso de 190,5 g. Adicionalmente, numa perspetiva de controlo financeiro, estabelece ainda dois limites de controlo superiores, apesar de legalmente estes limites não estarem definidos. Deste modo, o controlador de peso tem que rejeitar os valores de peso efetivo inferiores ou iguais ao *Limite - -* (190,5 g) e *Limite ++* (218,0 g).

Tabela 1.5 – Limites de Peso Efetivo (g) para rejeição e controlo pelo controlador de peso, aplicados para a bolacha *Integral*.

Tipo de bolacha	Quantidade Nominal (g)	Limite - - (-4,5%)	Limite - (-3%)	Limite + (+4,5%)	Limite + + (+ 9%)
<i>Integral</i>	200 (4 x 50)	190,5 g	194,0 g	209,0 g	218,0 g

1.4. Contextualização e Objetivo do Trabalho

Sensível e atenta a esta realidade, a empresa *Cerealis Produtos Alimentares S.A.* aceitou o desafio de realizar este trabalho em parceria com a Escola Superior de Biotecnologia, com fim a um projeto final do curso Mestrado de Engenharia Alimentar.

Com este trabalho as duas partes pretendem racionalizar o processo de controlo de peso, no sentido de minimizar o excesso de peso por unidade por lote de produção, cumprindo os limites legais de peso de cada unidade e os critérios de aceitação do lote, de acordo com a legislação aplicável. O trabalho desenvolvido focou-se então no controlo do peso líquido de um tipo de bolachas, que para além de ser um parâmetro de Qualidade do produto, com especificações estabelecidas, deve ainda respeitar os requisitos legais impostos.

Assim, foi realizada a caracterização estatística de um processo de produção que o Grupo detém, tendo o trabalho decorrido numa das suas instalações fabris localizada na Maia. Para o efeito foram analisados os pesos líquidos das unidades de venda ao público (UVP's) e ainda os pesos individuais de semi-acabados (saquetas) do produto, cujos objetivos passaram por:

- Levantamento da situação atual do processo de produção;
- Caracterização estatística do processo atual;
- Identificação de oportunidades de melhoria, com vista à redução do peso médio dos lotes de produção.

A abordagem utilizada foi meramente exploratória e visa ainda compreender o potencial de utilização e aplicabilidade de ferramentas estatísticas de processo, a processos desenvolvidos pela empresa. Por fim, pretende-se que o trabalho desenvolvido progrida no sentido de definir-se uma metodologia para análise regular dos processos de controlo de peso da *Cerealis*, que possa ser estendido aos seus processos produtivos de todas as famílias de produtos. Assim, a otimização de processos deverá minimizar o excesso de peso dos seus produtos, assegurando o cumprimento da legislação aplicável aos produtos pré-embalados.

O esquema que se segue (**Figura 1.16**) visa ilustrar as fases do trabalho desenvolvido e objetivos propostos.

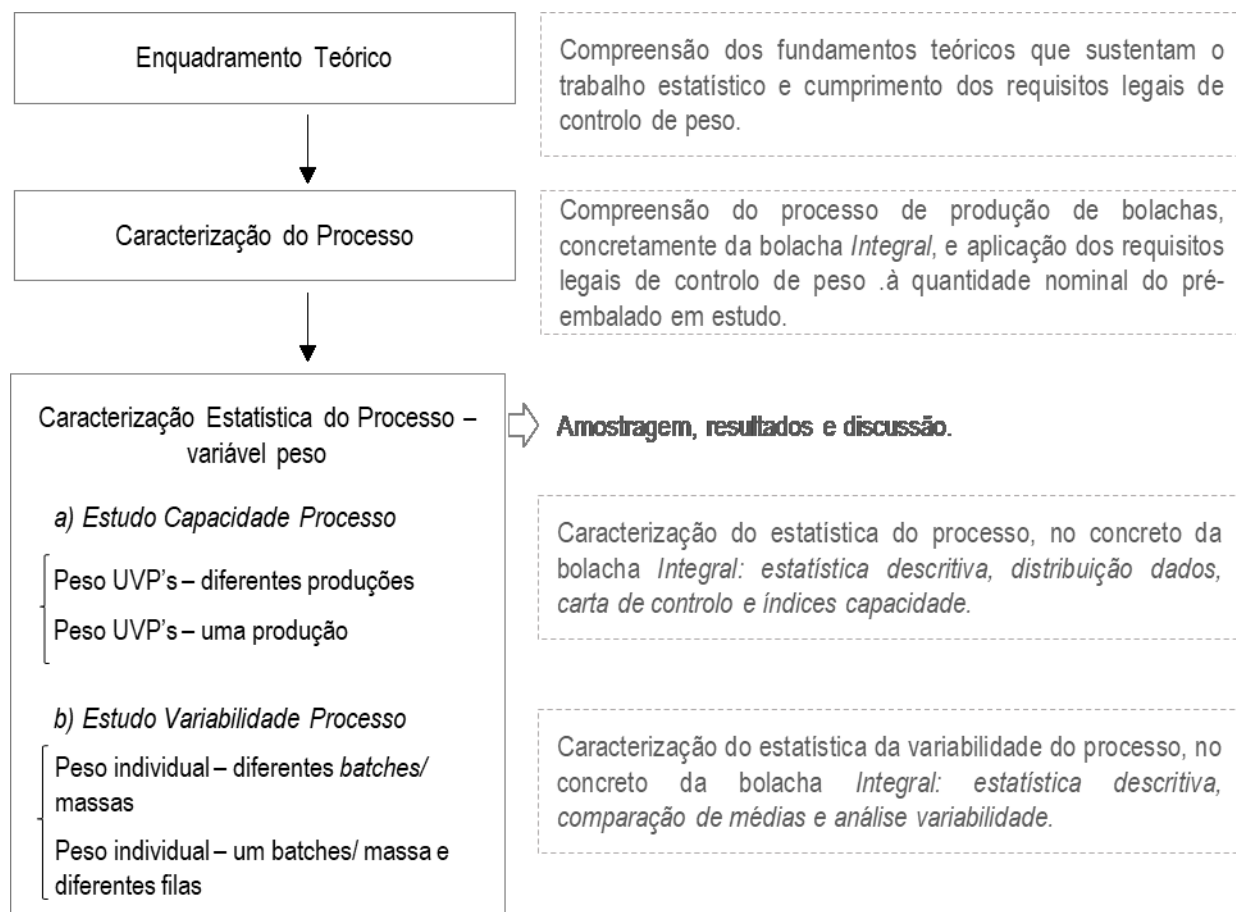


Figura 1.16 – Esquema resumo da condução do trabalho prático para a caracterização estatística do processo de produção de bolacha *Integral*.

2. Metodologia

A metodologia inicialmente planeada para o trabalho compreendia apenas o estudo das cartas de controlo de processo, assim como o cálculo dos índices de capacidade do mesmo. Porém, no decorrer do trabalho levantou-se a necessidade de observar os valores individuais obtidos para uma produção, comparativamente aos valores médios observados. Adicionalmente, e face aos indicadores de estatística descritiva obtidos, entendeu-se efetuar um estudo preliminar à variabilidade observada no sentido de compreender, para a variável peso, quais as possíveis causas para a dispersão observada.

Numa primeira fase foi realizado o levantamento do processo produtivo, no concreto da bolacha selecionada – Bolacha *Integral*. Sucintamente, a unidade de venda ao público (UVP) da bolacha selecionada é composta por unidoses, isto é, unidades de produto embaladas em saquetas, cuja comercialização individual não é permitida. Deste modo, a escolha desta bolacha prendeu-se com a complexidade inerente ao cumprimento dos requisitos de peso na unidade de venda, mas também pela garantia exigida ao nível do número de bolachas que cada unidade individual deve conter. A caracterização do processo visou então o aprofundamento das variáveis de processo e o impacto de cada uma, pois considerou-se importante compreender o processo por forma a definir-se a amostragem a realizar. Deste modo, esta primeira fase teve como objetivo o levantamento das variáveis do processo, a compreensão dos processos de fabricação e embalagem, e ainda a aplicação real da legislação sobre controlo de embalagens na bolacha selecionada. Para tal, recorreu-se a fundamentos teóricos disponíveis em literatura e, ainda, à realidade *Cerealis*.

A segunda fase, por sua vez, focou-se na Caracterização Estatística do Processo, que contemplou a aplicação das ferramentas estatísticas como cartas de controlo e estudos de capacidade para o processo selecionado. Para tal, efetuaram-se estudos estatísticos no final da linha de embalagem, nomeadamente pelo controlo do peso efetivo das UVP's, sobre as quais foram estudados os índices de capacidade do processo (Equações 3 e 4; Tabela 1.1). Adicionalmente, para melhor compreensão da variabilidade observada nas unidades de venda, foram recolhidas amostras no final da linha de fabrico, à saída do forno, onde foi estudada a variabilidade associada a uma produção, composta por diferentes *batches*/massas, e numa só massa de produção.

2.1. Análise Preliminar aos Controladores de Peso

Numa fase preliminar foram analisados os dados registados pelos controladores de peso das produções efetuadas entre novembro de 2017 e fevereiro de 2018 de bolacha *Integral*.

Os dados recolhidos nos controladores de peso dizem respeito às embalagens conformes, pelo que o valor médio do peso efetivo dos lotes de produção pouca relevância tem para a análise estatística do processo em estudo, na medida em que não considera as embalagens rejeitadas. Contudo, esta permite concluir sobre a quantidade em excesso de produto expedido face ao peso nominal e aos critérios legais de aceitação de lote, do processo tal como está regulado. Ainda assim, permite também perceber a percentagem de unidades não conformes face ao número de unidades conformes.

2.2. Amostragem

Uma vez que não seria possível analisar 100% da população do estudo, as análises ao peso de UVP's, de cada bolacha individualmente e em saquetas, foram realizadas com a recolha de dados por amostragem, cujas premissas de recolha de amostras foram sendo ajustadas, no sentido de conseguir-se obter amostras o mais representativas possível da população em estudo. Por outro, do ponto de vista operacional da recolha de dados foi necessário otimizar o número de unidades recolhidas.

2.2.1. *Peso das UVP's - Análise de Diferentes Produções*

A recolha de dados de peso efetivo das UVP's para análise de diferentes produções contou com um total de 35 amostragens, realizadas ao longo de 3 produções, ocorridas em semanas diferentes, cujos dias analisados perfazem um total de 7 dias de produção.

Cada amostra é constituída por uma população de 50 UVP's, tendo sido desconsideradas as embalagens com número de saquetas diferente de 4, na medida em que foi entendido que este desvio se deve a necessidades de ajustes no equipamento de aglomeração das mesmas, cujo problema está inclusive assinalado pela Cerealis e a ser resolvido com o fornecedor do equipamento. Assim, no total foram amostradas 1750 UVP's, cujos valores foram analisados pelas médias amostrais.

A recolha do peso realizou-se no final da linha de embalamento, na zona de controlo de peso.

Todas as medições foram efetuadas no equipamento de controlo de peso (HR-600, Pentec; Parma, Itália).

2.2.2. *Peso das UVP's - Análise de uma Produção*

A recolha de dados de peso efetivo das UVP's para análise de uma produção contou com um total de 14 amostragens de uma produção, cujas amostras foram recolhidas no final da linha de embalamento na zona de controlo de peso. Cada amostra foi constituída por 50 UVP's, recolhidas ao longo de 7 horas de uma produção, em intervalos de 30 minutos.

Também neste caso foram desconsideradas as embalagens com número de saquetas diferente de 4, pelos motivos anteriormente mencionados. Assim, no total foram analisadas 684 UVP's.

Para melhor compreender a realidade aplicada aos lotes das unidades que são enviadas para o mercado, considerou-se ainda relevante realizar algumas das análises em paralelo com os resultados obtidos quando se elimina a influência dos pacotes que são rejeitados por defeito, no controlador de peso. Neste caso, foram analisadas 659 UVP's.

Todas as medições foram efetuadas no equipamento de controlo de peso (HR-600, Pentec; Parma, Itália).

2.2.3. *Peso das Bolachas - Análise da Variabilidade entre Massas*

A amostragem das bolachas individuais e saquetas, para análise de variabilidade entre massas, realizou-se ao longo de uma produção, com duração de 3 dias, da qual foram realizadas 13 amostragens de diferentes *batches* de produção. As amostras foram recolhidas à saída do forno, antes da alimentação aos tapetes de embalagem.

Cada amostra de peso individual foi composta por 32 bolachas, que corresponde ao número de bolachas de um pré-embalado. Por forma a eliminar a possível variabilidade existente entre as filas de bolacha, originadas aquando da etapa de formação processo de fabrico, as 32 bolachas foram recolhidas em subgrupos de 8 bolachas agrupadas por filas (E; ME; MD; D), como visa elucidar a **Figura 2.1**. No total, foram recolhidos os pesos individuais de 416 bolachas.

Cada amostra de saquetas (8 bolachas) foi composta por 4 saquetas, que corresponde ao número de saquetas de um pré-embalado. No total, foram recolhidos os pesos de 56 saquetas (conjuntos de 8 bolachas).

Todas as medições foram efetuadas numa balança de precisão (P8300, Mettler, Toledo, Espanha).

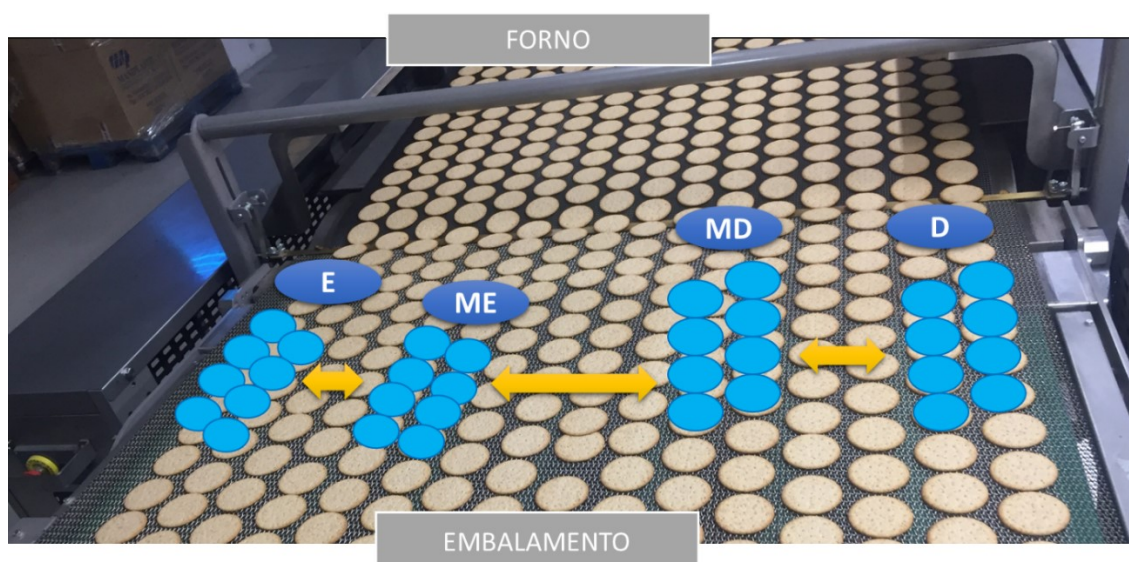


Figura 2.1 – Distinção das diferentes filas de bolacha (E- esquerda; ME – meio-esquerda; MD – meio-direita; D – direita).

2.2.4. *Peso das Bolachas – Análise da Variabilidade de uma Massa*

A amostragem das bolachas individuais e saquetas, para análise de uma massa, realizou-se ao longo de um *batch*/massa de produção, da qual foram realizadas 11 amostragens. As amostras foram recolhidas à saída do forno, antes da alimentação aos tapetes de embalagem.

As amostras individuais de bolacha foram constituídas por 32 bolachas (que corresponde ao número de bolachas de um pré-embalado), recolhidas em intervalos de 5 minutos. Apenas foi realizada uma amostragem às saquetas, num total de 44 saquetas.

Por forma a estudar a possível variabilidade existente entre as filas de bolacha, originadas aquando da etapa de formação do processo de fabrico, foram ainda recolhidas amostras por filas (E, ME, MD, D; **Figura 2.1**) de bolacha individual.

No total foram recolhidos os pesos individuais de 352 bolachas, que foram analisadas ao longo do tempo e considerando a fileira de produção.

Todas as medições foram efetuadas numa balança de precisão (P8300, Mettler, Toledo, Espanha).

2.3. Análise de Dados

A deteção de diferenças significativas entre médias de pesos foi baseada numa análise de variância (ANOVA a uma entrada), verificando-se a normalidade dos dados (testes de *Kolmogorov-Smimov* e *Shapiro-Wilk*). O teste de Tuckey foi também aplicado para posterior comparação das médias. O nível de significância (α) assumido em todos os testes realizados foi de 5%.

Mesmo nas situações em que a normalidade dos dados não foi verificada, optou-se por realizar os testes paramétricos acima mencionados, por robustez da ANOVA a esses desvios e precaridade das alternativas não paramétricas (Pestana & Gageiro, 2008).

Toda a análise de dados foi realizada no programa informático IBM SPSS Statistics 23 for Windows® (SPSS Inc., Chicago, USA).

Os índices de capacidade de processo, assim como as respetivas cartas de controlo, foram também calculados e elaborados com recurso ao mesmo programa.

3. Resultados e Discussão

A caracterização estatística do processo de produção de Bolacha *Integral* foi realizada para a variável peso efetivo das UVP's e, ainda, numa perspectiva de melhor compreender as variações observadas, ao peso individual e saquetas de bolacha, antes da sua alimentação ao processo de embalagem. A caracterização do processo dividiu-se em duas fases: estudo da capacidade e estudo da variabilidade do processo.

3.1. Capacidade do Processo de Produção de Bolacha *Integral*

A partir dos dados recolhidos numa fase preliminar aos controladores de peso pôde desde logo concluir-se que o número de unidades rejeitadas é bastante significativo no processo de produção de bolachas. Em média, e para o caso específico da bolacha *Integral*, são originadas 14% de unidades rejeitadas face ao total de unidades produzidas, quer sejam rejeições por excesso quer sejam por defeito. Se por um lado, rejeições por excesso podem ser reintroduzidas na linha sem grande reprocessamento inerente ou até mesmo sem nenhum, a existência de unidades rejeitadas por defeito significa de imediato esforço adicional, na medida em que essas unidades terão de ser refeitas, a fim de cumprirem os requisitos legais para serem reintroduzidas no processo. O reprocessamento de unidades rejeitadas por defeito significa então gastos acrescidos com a produção das mesmas unidades de produto, ou seja, desperdício, no sentido em que o retrabalho não acresce ao preço de venda. Assim, retrabalho significa mais recursos, nomeadamente, materiais de embalagem e energia, mas também mão-de-obra. Em todo o caso, o não reprocessamento das unidades com excesso de peso significa também uma quebra de rentabilidade financeira, já que as unidades serão vendidas ao consumidor pelo mesmo preço das unidades que cumprem o peso nominal.

Apesar dos dados recolhidos no controlador de peso não nos permitirem distinguir rejeições por defeito, das rejeições por excesso é importante analisar o número médio de rejeitados total, na medida em que ambos os casos implicam perdas. Assim, para uma capacidade total instalada (na fábrica) de 31,2 ton/dia, que significa uma cadência de produção de 650 kg/h, em cada uma das linhas, uma rejeição média de 14% implicaria a produção de 91 kg/h de produto não conforme. Neste sentido, para um peso nominal de 200 g, este valor médio de rejeitados representa um total de 455 unidades de venda a reprocessar por hora. Importa salientar que, uma paleta de bolacha *Integral* contém um total de 900 unidades e que a cadência de produção de bolacha *Integral*, sem perdas de eficiência, permite produzir 3,6 paletes/h, ou seja 3250 unidades. Então é o mesmo que dizer que, por cada hora de produção desta bolacha, se produzem cerca de 3 paletes conformes e meia paleta que deverá ser reprocessada.

3.1.1. *Peso das UVP's - Análise de Diferentes Produções*

Cientes da realidade de rejeitados inerentes ao processo de produção de bolachas, foram, então, analisados os dados de peso de UVP's de diferentes produções, a fim de perceber quais os valores médios de peso dos lotes de produção, a variabilidade inerente, estabilidade e capacidade do processo, considerando as unidades rejeitadas.

A **Tabela 3.1** sumariza os principais resultados obtidos ao nível da estatística descritiva, sendo que os resultados médios obtidos para cada amostra encontram-se em detalhe no Apêndice I.

Tabela 3.1 – Estatística Descritiva para médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes.

Estatística		
Média (g)		204,08
Intervalo de Confiança a 95% para Média	Limite inferior (g)	202,98
	Limite superior (g)	205,18
Variância (g ²)		10,34
Desvio Padrão (g)		3,22
Mínimo (g)		198,00
Máximo (g)		209,90
Amplitude (g)		11,90
Curtose		-0,801

Como seria de esperar, o valor médio das médias amostrais (204,08 g) fica acima do peso nominal, tendo-se observado um desvio-padrão de 3,22 g, o que representa uma variância de 10,34 g². A diferença entre os valores médios mínimo (198,00 g) e máximo obtidos (209,90 g) e o valor de negativo de curtose indicam desde logo uma distribuição achatada dos valores, o que por si só é um indicador que evidencia um baixo controlo de processo, já que induz que o processo em estudo apresenta grande variabilidade, o que é inversamente proporcional à estabilidade dos processos. Posto isto, importa recordar que, assim sendo, o principal objetivo deve focar, em primeira instância, a redução da variabilidade do processo, com vista à obtenção da estabilidade e controlo do processo, capaz de cumprir as especificações definidas. A diminuição da variabilidade do processo, naturalmente, refletir-se-á ao nível da curtose da curva de distribuição que tenderá a ser cada vez menos achatada.

O histograma representado no **Gráfico 3.1** permite, de forma muito imediata e intuitiva, constatar o excesso de peso associado às produções de bolachas e que, como seria de esperar, o processo em estudo apresenta um desvio para a direita do peso nominal. Assim, distribuição das médias amostrais permite concluir que, em média, os pesos efetivos das unidades de venda [linha azul] apresentam um desvio positivo face ao valor de tendência central [linha verde] de 200,00 g.

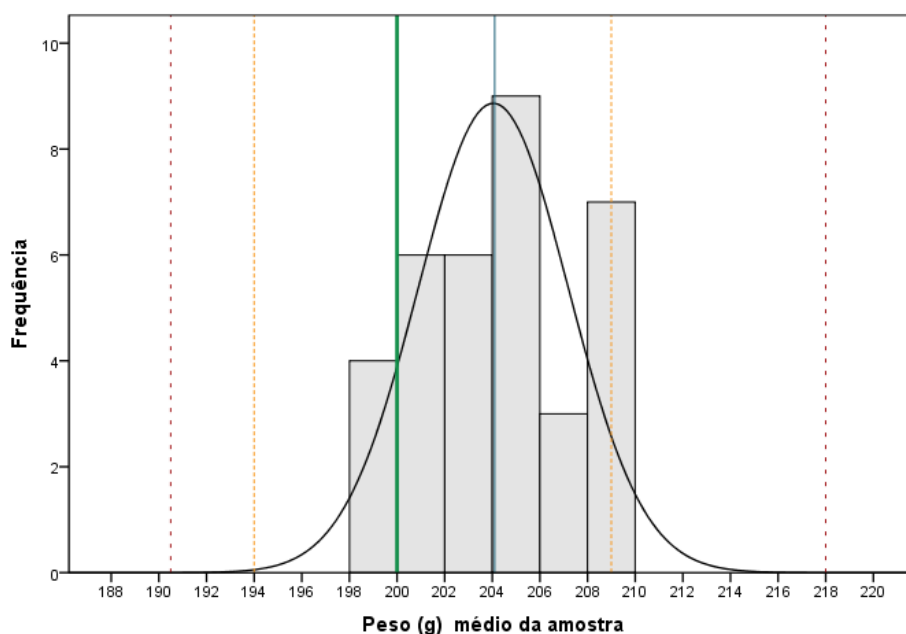


Gráfico 3.1 – Histograma das médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (204,08 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].

Naturalmente, esta realidade prende-se com a necessidade de se fazer garantir os requisitos legais. Não obstante, como para esta análise foram considerados também valores abaixo do limite de especificação inferior definido pela *Cerealis* (190,50 g), espera-se que este seja superior para os lotes de produção expedidos, na medida em que, para esses casos, as unidades com peso efetivo abaixo dos 190,5 g são rejeitadas no controlador de peso, não sendo contempladas nas médias dos lotes de produção.

A carta de controlo (**Gráfico 3.2**) obtida permite observar que, para quase todas as amostras recolhidas, a média se situa acima do valor *target*. Mais ainda, permite concluir que de facto os valores médios são sempre bastante superiores a 200 g, pelo que o excesso de peso fornecido nos lotes de produção excedidos é de facto uma realidade. Adicionalmente, importa destacar as amostras 6, 9, 12 e 17 que ficam abaixo deste valor, representando 11% das amostragens efetuadas. Por motivo contrário, as amostras 15, 16, 34 e 35 apresentam médias bastante próximas do limite de controlo superior (209,00 g), que por arredondamento às unidades, ficam mesmo fora do limite de controlo. As amostras 7 e 20, por sua vez, apresentaram médias amostrais de valor igual a este limite, ficando fora do limite de controlo. Por este motivo, pode concluir-se que o processo em estudo não se encontra sobre controlo estatístico, na medida em que existem vários pontos nos limites de controlo superior. Em suma, o processo de produção em estudo não se encontra estatisticamente sobre controlo.

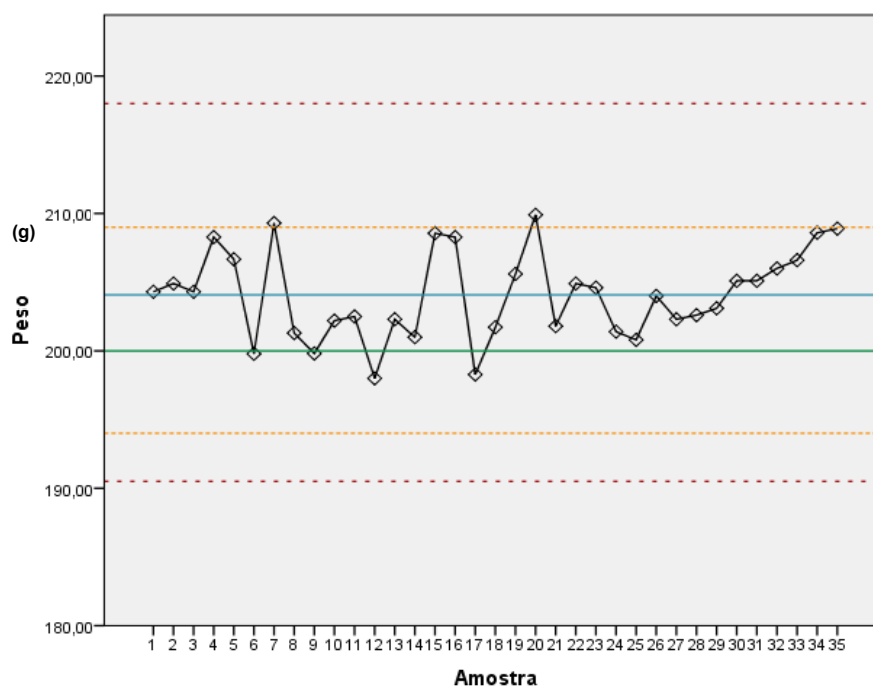


Gráfico 3.2 – Carta de controle para as médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controle (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (204,08 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].

A carta de controle permite ainda constatar a grande variabilidade do processo analisado, pelo que se concluiu que o mesmo não se encontra estável, na medida em que é visível a existência de tendências e perturbações ao processo. A variabilidade existente entre os limites de controle permite perceber que existem causas comuns de variabilidade no processo que não estão controladas. Por sua vez, a existência de pontos fora dos limites de controle depreende a existência de causas especiais (Oakland, 2003). Recorde-se o que foi exposto na revisão bibliográfica do presente documento, no que concerne à existência de causas de variabilidade num processo *“as causas especiais têm frequentemente um impacto financeiro maior e devem por isso ser eliminadas, enquanto a ocorrência de causas comuns está normalmente assente nos planos de controlo de qualidade e devem ser analisadas numa perspetiva de oportunidades de melhoria”* (ver Capítulo 1). Assim sendo, no caso em estudo seria recomendável efetuar-se uma análise de causas mais aprofundada, com vista à eliminação das causas especiais e a minimização das causas comuns, para que se possa trabalhar na estabilidade e controlo estatístico do processo de produção da bolacha *Integral*.

Importa ainda salientar que as amostragens às diferentes produções foram realizadas com pelo menos 2 h após o arranque, para que as normais necessidades de ajustes aquando do arranque de um processo não influenciassem as conclusões do estudo. Ainda assim, fica claro que, nesse caso, a variabilidade observada seria ainda maior.

Como complemento às conclusões retiradas a partir da carta de controle e, apesar de ter pouco significado estatístico na medida em que seria pertinente primeiramente estabilizar e controlar o processo, efetuou-se a análise de capacidade (**Tabela 3.2**), no sentido de compreender a resposta do processo aos limites de especificação. Para o efeito, apesar de internamente estar definido como limite

superior de especificação o valor de 218,00 g, entendeu-se efetuar-se a análise para esse mesmo valor e ainda para o limite superior de controlo de 209,00 g, já que é ambição da empresa baixar ambos os limites.

Tabela 3.2 – Índices de capacidade do processo para as médias amostrais do peso de UVP's de produções diferentes.

	LSE = 218,00 g	LSE = 209,00 g
C_p	1,425	0,959
C_{pL}	1,407	1,407
C_{pU}	1,443	0,510
C_{pK}	1,407	0,510

No primeiro caso, utilizando o LSE de 218,00 g, os índices de capacidade obtidos permitem concluir que o processo em estudo tem capacidade estatística para cumprir com os limites de especificação definidos. Assim sendo, a estabilização e controlo do processo de produção permitiria aumentar estes índices, assegurando valores de capacidade de excelência, o que significa um número de unidades rejeitadas insignificante. No entanto, importa salientar que, no caso de um arranque de produção em que a variabilidade é bastante maior, o cumprimento do peso mínimo de 190,5 g pode ficar comprometido, esperando-se então, para esse período, um valor de C_{pL} inferior ao obtido.

A análise com o limite de 209,00 g, por sua vez, já não permite retirar as mesmas conclusões, isto é, para este caso o processo não é capaz de cumprir com as especificações, na medida em que apresenta um índice de C_p inferior ao recomendado ($0,959 < 1,33$). Os índices de limite superior e inferior permitem ainda concluir que o processo se encontra desviado para o lado positivo da tendência central, na medida em que o índice C_{pL} é bastante superior ao C_{pU} . Este resultado, face às necessidades de cumprimento da legislação de peso efetivo aplicada, já seria de esperar. Porém, no caso concreto do valor obtido, permite constatar que o processo não é capaz de garantir o cumprimento do valor superior de 209,00 g.

Em suma, para os valores de especificação internamente estabelecidos no grupo *Cerealis*, o processo de produção de bolacha *Integral* permite em média cumprir os limites definidos. Não obstante, importa novamente salientar que as análises acima expostas foram realizadas com médias amostrais, mas que efetivamente, no terreno, nenhum lote pode conter peso médio inferior ao nominal, do mesmo modo que nenhum pré-embalado pode conter peso efetivo inferior a 182,00 g. O que significa que, na prática, a amortização dos valores extremos nas médias amostrais acima analisadas pode, ainda assim, ter grande impacto do ponto de vista operacional de uma produção, o que desafia a uma análise individual dos valores de peso obtidos. Por outro lado, importa perceber se a variabilidade observada apresenta alguma tendência ou, mais ainda, se apresenta desde já uma possível causa associada.

A análise do peso de UVP's de diferentes produções permitiu:

- *Confirmar a expedição de produto a mais, na medida em que a média amostral foi de 204,08 g;*
- *Constatar o desvio no sentido de excesso de peso, face ao valor de peso nominal, já que a curva de distribuição das amostras (**Gráfico 3.1**) evidencia um maior número de unidades situadas acima do valor de 200,00 g;*
- *Perceber a variabilidade existente no processo de produção da bolacha em estudo, quer pelos valores estatísticos apresentados na **Tabela 3.1**, ao nível de variância e desvio-padrão, como também por observação da curva de distribuição (**Gráfico 3.2**).*
- *Observar que o processo em estudo não se encontra estabilizado, apresentando por isso valores fora de controlo (**Gráfico 3.2**); a presença de tendências, isto é, vários pontos consecutivos acima e abaixo do valor de tendência central indicia ainda a ausência de controlo por ocorrência de causas comuns;*
- *Concluir que o processo permite cumprir com os limites de especificação estabelecidos ($C_p K = 1,407$) porém, no sentido de diminuir a média, não será possível baixar o limite de especificação superior para o valor de controlo atualmente estabelecido (209,00 g), na medida em que compromete o cumprimento das especificações (**Tabela 3.2**) e aumentaria significativamente o número de unidades rejeitadas. Se por um lado, o cumprimento das especificações está sempre salvaguardado pelo equipamento de controlo de peso que rejeita as unidades não conformes sobre o ponto de vista do peso, por outro faria com que aumentasse significativamente o número de unidades rejeitadas. Assim, deve sempre ser balanceado e validado, com um estudo financeiro, o caminho a seguir, se reduzir a especificação numa lógica de baixar o peso médio dos lotes e assim minimizar as perdas comprometidas com o excesso de peso, ou assumir as perdas de excesso de peso das unidades face aos custos de reprocessamento dos rejeitados.*

3.1.2. Peso das UVP's - Análise de uma Produção

Procedeu-se ao acompanhamento de 7 horas de uma produção, no sentido de melhor compreender o processo de produção. Por outro lado, o acompanhamento uma produção foi ainda motivado pela realidade aplicada à fábrica de bolachas, já que os diferentes controlos ao produto são realizados produção a produção. Como acontece com as cartas de controlo, em que são realizadas em cada produção por amostragem de 8 bolachas por hora, no caso da bolacha *Integral*, que normalmente equivale a uma amostra por *batch*/ massa.

A estatística descritiva para ambos os casos, com e sem as unidades rejeitadas por defeito na controladora de peso (**Tabela 3.3**) permite desde logo concluir que a variabilidade do processo produtivo, quando analisado individualmente, é bastante superior aos valores médios anteriormente obtidos. Note-se que, neste caso, a variância da amostra é o dobro da variância obtida na análise das UVP's de produções diferentes. No entanto, se se eliminar as unidades rejeitadas por peso inferior a 190,50 g, a média amostral aumenta mais de 0,5 g em relação à média amostral com rejeitados e, por sua vez, a variância diminuiu para valores bastante próximos da análise anterior (UVP's diferentes

produções). Pode então concluir-se que, de facto, o estudo do processo a partir das médias amostrais tende a amortizar as variações mais radicais.

Tabela 3.3 – Estatística descritiva para amostras individuais do peso de UVP's ao longo de uma produção, com e sem rejeitados.

Estatística		Total	Sem rejeitados
Média (g)		203,89	204,57
95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior (g)	203,53	204,32
	Limite superior (g)	204,24	204,81
Variância (g ²)		22,40	10,32
Desvio Padrão (g)		4,73	3,21
Mínimo (g)		180,50	192,00
Máximo (g)		212,50	212,50
Amplitude (g)		32,000	20,50
Curtose		6,49	2,09

À semelhança do estudo preliminar realizado com os dados obtidos pelo controlador de peso, importa ainda analisar a percentagem de unidades rejeitadas. Assim, o número de unidades rejeitadas totais (<190,50 g; >218,00 g), para a produção acompanhada ao longo de 7 horas, foi de aproximadamente 4%, o que comparativamente aos valores obtidos no controlador de peso, é significativamente inferior. Este número de rejeitados, porém, diz respeito às rejeições por defeito, na medida em que o valor máximo de peso efetivo registado nas amostragens foi de 212,50 g, não havendo por isso nenhuma unidade acima do limite de especificação superior (218,00 g). Não obstante, importa analisar o número de unidades com peso efetivo compreendido entre o peso nominal (200,00 g) e o limite inferior de especificação (190,50 g), definido para o processo de produção em estudo, já que o valor obtido foi de aproximadamente 7%. Neste caso, a aceitação do lote de produção estava comprometida, já que apresenta um valor superior ao legalmente permitido de 2,5%. Assim, significa que o número de unidades a reprocessar sobe de 4% para pelo menos 8,5%. Deste modo, para uma cadência de produção de 650 kg/h, significa mais de 1900 unidades produzidas nas 7 horas em que se efetuou o acompanhamento da produção. Importa ainda salientar que se tratam de rejeições por defeito, pelo que o reprocessamento implica a abertura dos pacotes e, por isso, gastos adicionais de materiais de embalagem, energia e mão-de-obra. Adicionalmente, caso fosse colocado o limite de rejeição superior em 209,00 g, obter-se-ia uma percentagem de unidades rejeitadas por excesso na ordem dos 7%, o que faria disparar o número de unidades a reprocessar.

A análise do histograma obtido para os dados individuais de peso de UVP's (**Gráfico 3.3**) permite novamente verificar um desvio face ao valor de tendência central (200,00 g), no sentido positivo, o que vai ao encontro da análise realizada com as médias dos subgrupos amostrais de diferentes produções. Porém, ao contrário do observado na análise anterior em que nenhuma média ficou abaixo do limite

inferior de especificação (190,50 g), a análise dos dados individuais de uma produção permite perceber que existe um número considerável de unidades que se situam abaixo deste limite. O mesmo acontece com o limite superior de controlo, em que cerca de 7% das unidades apresentaram peso efetivo superior a 209,00 g.

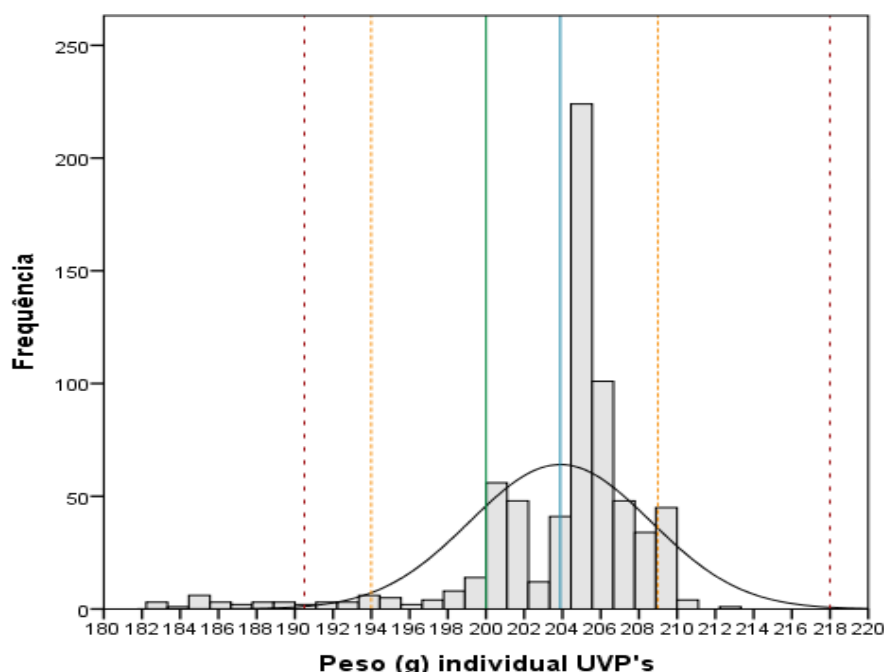


Gráfico 3.3 – Histograma do peso individual de UVP's de uma produção [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controlo (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].

Adicionalmente, pela análise do histograma, é possível que algumas unidades ultrapassem, quer por excesso quer por defeito, os limites de controlo e também de especificação estabelecidos, pelo que é esperado que as análises às cartas de controlo e índices de capacidade de processo mostrem que este não está estabilizado e, consequentemente, não está controlado.

Uma análise mais detalhada aos subgrupos das amostras (**Tabela 3.4**) recolhidas permite ainda observar ausência de homogeneidade, isto é, ao longo do acompanhamento da produção verificou-se um aumento do peso médio, que inicialmente apresentava o valor de 204,87 g, às 11 horas da manhã e, na última medição realizada às 20 horas e 30 minutos, foi de 208,93 g. Este aumento de peso significa que em 7 horas de produção o peso médio dos subgrupos das amostras aumentou cerca de 4 grama. Por cada aumento médio de 4 grama, em relação ao peso nominal, significa uma perda de eficiência de 2%, o que na prática significa produzir menos 65 unidades por hora.

Tabela 3.4 – Resultados médios, desvio-padrão e variância dos subgrupos do peso de UVP's recolhidas ao longo de uma produção.

# Subgrupo	Total			Sem Rejeitados		
	Média (g)	Desvio-Padrão (g)	Variância (g ²)	Média (g)	Desvio-Padrão (g)	Variância (g ²)
1	204,87	0,68	0,46	204,87	0,68	0,46
2	204,60	0,98	0,96	204,60	0,98	0,96
3	201,42	0,62	0,38	201,42	0,62	0,38
4	200,56	1,80	3,24	200,78	0,97	0,94
5	198,00	9,22	85,09	203,97	3,08	9,48
6	200,94	5,96	35,50	202,33	4,49	20,19
7	202,28	4,45	19,81	202,59	3,91	15,26
8	203,08	2,79	7,78	203,08	2,79	7,78
9	205,15	1,52	2,31	205,15	1,52	2,31
10	204,10	5,29	27,98	205,05	2,55	6,48
11	206,00	1,76	3,11	206,00	1,76	3,11
12	206,64	0,60	0,36	206,64	0,60	0,36
13	208,60	1,04	1,07	208,60	1,04	1,07
14	208,93	0,48	0,23	208,93	0,48	0,23

A análise da variância dos subgrupos das amostras, através dos valores obtidos e ainda de forma mais visual no **Gráfico 3.4**, permite também constatar a elevada variabilidade existente entre os subgrupos, em que o valor mínimo alcançado no subgrupo 14 de 0,23 contrasta com o valor máximo de 85,09 atingido no subgrupo 5. A comparação das médias, com e sem rejeitados, obtidas para o subgrupo 5 permite compreender o que acontece à média do lote quando o controlador de peso está ativo, repare-se no aumento de peso em cerca de 6 grama (de 198,00 g para 203,97 g) que o lote sofreu por rejeição dos pacotes abaixo de 190,50 g. O que permite então perceber que o peso dos pacotes expedidos será bastante mais elevado que a média da produção total.

Outra análise interessante é a correlação das amostras às horas de amostragem, onde fica claro que os valores de desvio-padrão e variância mais elevados, coincidem com o período de mudança de turno. Assim, o número de unidades rejeitadas nas horas com variabilidade superior condiciona o normal funcionamento da linha, já que estas serão introduzidas novamente no processo, fazendo aumentar a variabilidade dos subgrupos mais estáveis. Desta forma, é fundamental conseguir garantir-se uma maior homogeneidade dos subgrupos ao longo das horas/ dias de produção, por forma a minimizar o impacto causado.

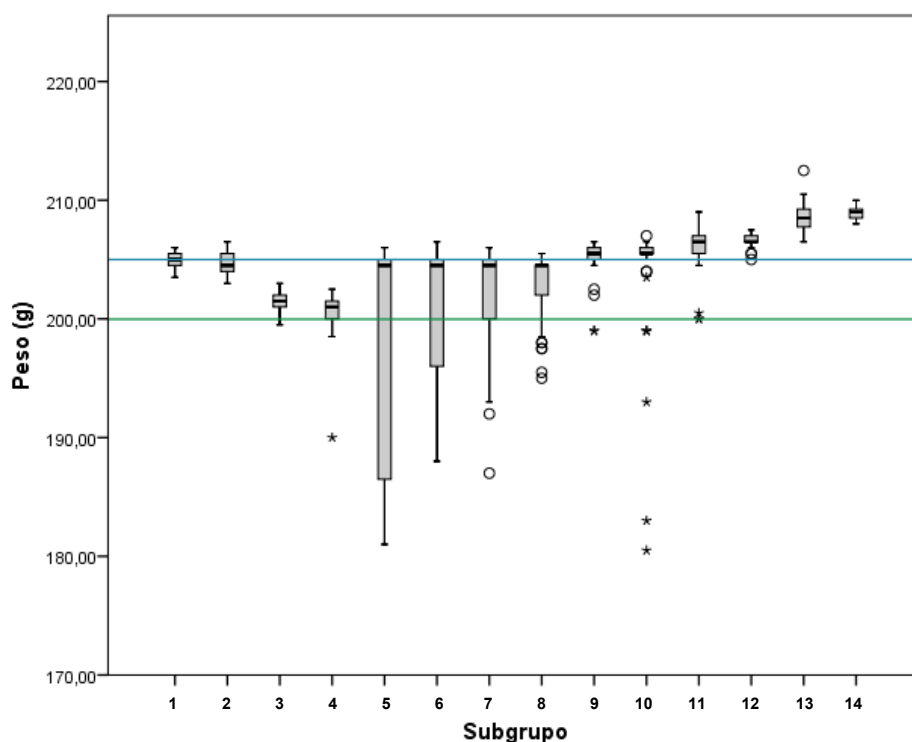


Gráfico 3.4 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de UVP's ao longo de uma produção (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)) [legenda: azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200 g)].

A partir dos dados individuais elaborou-se a respetiva carta de controlo (**Gráfico 3.5**), que permite observar as várias unidades rejeitadas ao longo da produção. Por comparação da carta de controlo com os diagramas de extremos e quartis (**Gráfico 3.4**), é ainda possível evidenciar que o maior número de unidades rejeitadas acontece nas horas de produção onde a variabilidade aumentou, o que corrobora a ideia de que “a variabilidade de um processo é inversamente proporcional à Qualidade do mesmo”. A identificação das horas em que as amostragens foram realizadas, permitem assim concluir que, de facto, a variabilidade aumenta nos períodos de mudança de turno e que, este aumento de variabilidade do processo, faz aumentar o número de unidades rejeitadas. Deste modo, tendo em conta o valor médio obtido (203,89 g), pode concluir-se que o maior problema do processo de produção em estudo não está na quantidade de produto expedida por excesso, mas na variabilidade produzida, na medida em que origina retrabalho. Importa então perceber o custo associado ao reprocessamento de embalagens, diferenciando rejeitados por defeito e por excesso, por forma a racionalizar qual dos custos suportar, se o excesso de produto ou o reprocessamento.

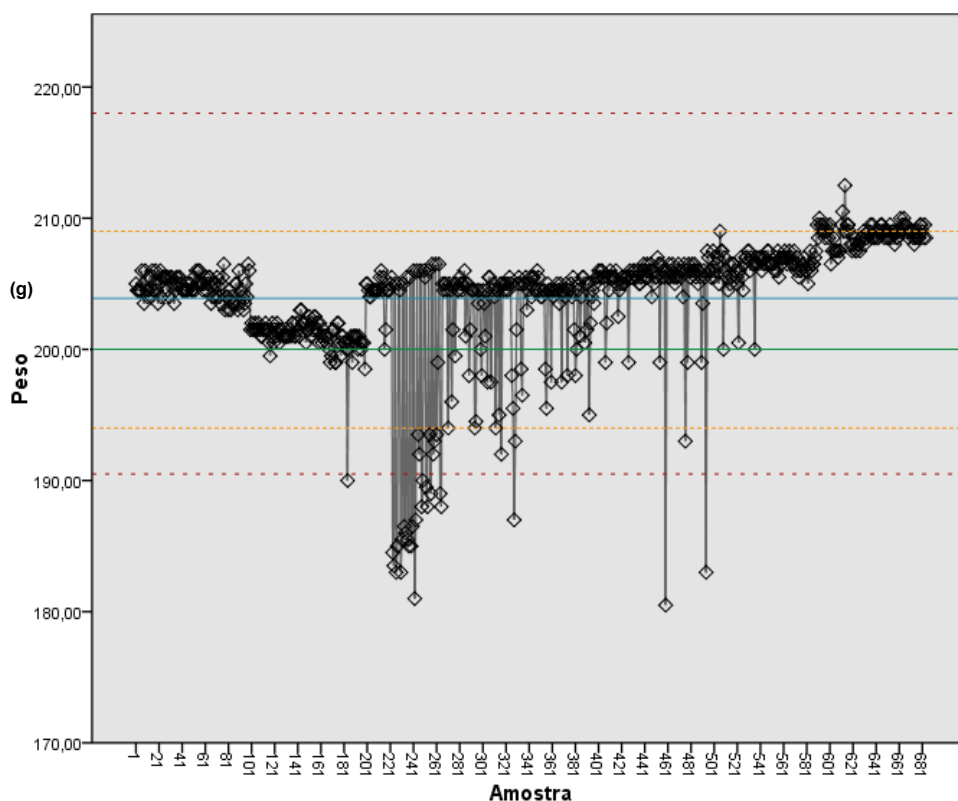


Gráfico 3.5 – Carta de controle para os valores individuais de peso de UVP's ao longo de uma produção [legenda: vermelho – limites especificação (190,50 g e 218,00 g); laranja – limites de controle (194,00 g e 209,00 g); azul – média amostral (203,89 g); verde – target/ valor tendência central (200,00 g)].

As duas representações gráficas anteriores, **Gráfico 3.4** e **Gráfico 3.5**, permitem ainda inferir acerca da variabilidade existente nos diferentes *batches*/massas produzidas na parte de fabrico. Para tal, importa recordar que as amostras foram retiradas de 30 em 30 minutos, ao longo de 7 horas de produção e que, apesar do processo de produção da bolacha *Integral* ser um processo contínuo, a parte que antecede a alimentação à linha (fabrico e embalamento), nomeadamente as etapas de pesagem, amassadura e formação, acontece em *batch*. Cada *batch* de produção tem uma duração de 50 minutos, ou seja, a cada 2 subgrupos representados no **Gráfico 3.4** corresponde aproximadamente a um *batch* de fabrico. O mesmo acontece na carta de controle em que as massas são facilmente identificadas pelos “*degraus*” observados no **Gráfico 3.5**, em que da esquerda para a direita do gráfico da carta de controle estão representadas as horas de produção, sendo à esquerda a primeira amostragem às 11:00 h e à direita a última às 20:30 h. Esta análise permite então concluir que possivelmente a variabilidade existente em todo o processo não é homogénea em todos os *batches* e, por isso, está intimamente relacionada com as mudanças de *batch*. Assim, conseguir-se-á um processo sobre controle que permitirá reduzir a variabilidade existente entre os mesmos.

Não havendo uma distribuição normal dos dados e mesmo sabendo que a significância estatística de dados individuais é bastante inferior quando comparado com a utilização de dados médios, foram determinados os índices de capacidade de processo para a produção acompanhada (**Tabela 3.5**). Por forma a aumentar a sensibilidade dos dados analisados e no sentido de se conseguir uma comparação

mais assertiva à análise anterior, com dados médios de diferentes produções, os índices de capacidade de processo foram calculados com as médias das 14 amostragens efetuadas (ver **Tabela 3.4**). Assim, foi considerada uma média dos subgrupos das amostras de 203,94 g, com 3,11 g de desvio-padrão e 9,73 g² de variância.

Os índices de capacidade de processo para a produção acompanhada vão ao encontro dos valores obtidos para as diferentes produções. Assim, utilizando como limite superior de especificação o valor de 218,00 g pode concluir-se que o processo é capaz de garantir ambos os limites de especificação. Porém, o mesmo não acontece para o valor de 209,00 g, na medida em que o índice de capacidade atingido supõe a produção de unidades não conformes por peso efetivo fica acima deste limite.

Tabela 3.5 – Índices de capacidade do processo para o peso de UVP's ao longo de uma produção.

	LSE = 218,00 g	LSE = 209,00 g
C _p	1,938	1,304
C _{pL}	1,887	1,887
C _{pU}	1,989	0,721
C _{pK}	1,887	0,721

A análise do peso de UVP's de uma produção permitiu:

- Confirmar a expedição de produto a mais, na medida em que a média amostral, com inclusão das unidades que seriam rejeitadas, ficou igualmente acima do peso nominal em 203,89 g; Salienta-se ainda o acréscimo que este valor sofreu quando se eliminaram as unidades com peso inferior a 190,50 g, ficando assim a média amostral em 204,57 g (**Tabela 3.3**);
- Constatar o desvio no sentido de excesso de peso, face ao valor de peso nominal, já que a curva de distribuição das amostras (**Gráfico 3.3**) evidencia um maior número de unidades situadas acima do valor de 200,00 g; Mais ainda, permite observar a existência de valores abaixo de 190,50 g e acima de 209,00 g;
- Perceber a variabilidade existente no processo de produção da bolacha em estudo ao longo de uma produção, quer pelos valores estatísticos apresentados na **Tabela 3.3**, ao nível de variância e desvio-padrão, como também por análise das médias dos subgrupos das amostras, que correspondem a um batch de produção; A disparidade dos valores médios obtidos (**Tabela 3.4**) permite constatar a presença de lotes bastante bons ao nível do seu valor médio, sendo bastante próximo do peso nominal, como é o caso dos batches das amostras 3,4, 6 e 7; Não obstante, importa salientar o batch da amostra 5, cuja média ficou abaixo do peso nominal, em 198,00 g, tendo a eliminação das unidades abaixo de 190,50 g resultado num aumento de 6 grama ao valor médio inicial;

- Verificar a existência de “degraus” ao longo da carta de controlo da produção acompanhada (**Gráfico 3.5**), que facilmente se correlacionou com a mudança de batch de produção. Assim, a variabilidade das amostras de diferentes batches de produção (**Tabela 3.4** e **Gráfico 3.4**) levantou a questão sobre a significância estatística das diferenças observadas, a fim de melhor compreender a variabilidade no final de linha (UVP's);
- Perceber que existem horas onde a variabilidade das amostras aumentou visivelmente (**Gráfico 3.5**), o que, por correlação com as horas de acompanhamento da produção, permitiu constatar uma maior variabilidade para os períodos de troca de turno, correspondente aos subgrupos 5 e 6.
- Observar que o processo em estudo não se encontra estável, apresentando valores dos limites de controlo, assim como também fora do limite inferior de especificação (**Gráfico 3.5**); De igual modo às diferentes produções, a presença de tendências, isto é, vários pontos consecutivos acima e abaixo do valor de tendência central indicia ainda a ausência de controlo por ocorrência de causas comuns;
- Concluir que o processo permite cumprir com os limites de especificação estabelecidos ($C_p \text{ K} = 1,887$). Da mesma forma, a diminuição do limite superior de especificação para o valor de 209,00 g não é recomendável, na medida em que compromete o cumprimento das especificações (**Tabela 3.5**). Se por um lado, o cumprimento das especificações está sempre salvaguardado pelo equipamento de controlo de peso que rejeita as unidades não conformes sobre o ponto de vista do peso, por outro faria com que aumentasse significativamente o número de unidades rejeitadas. Assim, deve sempre ser balanceado e validado, com um estudo financeiro, o caminho a seguir, se reduzir a especificação numa lógica de baixar o peso médio dos lotes e assim minimizar as perdas comprometidas com o excesso de peso, ou assumir as perdas de excesso de peso das unidades face aos custos de reprocessamento dos rejeitados.

3.2. Variabilidade do Processo de Produção de Bolacha *Integral*

A análise do peso de UVP's ao longo de uma produção levantou a questão sobre o impacto da variabilidade dos diferentes *batches* de produção na estabilidade de um processo e, consequentemente, nos desperdícios produzidos. Assim, a fim de aferir qual a significância estatística das variações observadas, realizaram-se amostragens ao final da linha de fabrico, em que foi aferido o peso individual de cada bolacha assim como de cada conjunto de 8 bolachas, que perfazem uma saqueta.

3.2.1. *Peso da Bolacha - Análise da Variabilidade entre Massas*

A **Tabela 3.6** sumariza os principais resultados obtidos ao nível da estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e para as saquetas.

Tabela 3.6 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e para as saquetas, da produção acompanhada.

Estatística		Individual	Saquetas
Média (g)		6,39	50,99
95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior (g)	6,37	50,74
	Limite superior (g)	6,40	51,24
Variância (g ²)		0,02	0,89
Desvio Padrão (g)		0,15	0,94
Mínimo (g)		5,95	49,22
Máximo (g)		6,69	53,07
Amplitude (g)		0,74	3,85
Curtose		-0,859	-0,793

Os resultados obtidos permitem, novamente, algum aumento do peso médio face ao valor *target*. No caso do peso individual das bolachas, considerando que para um pré-embalado de peso nominal 200,00 g composto por 32 bolachas o peso objetivo por bolacha é de 6,25 g, um aumento médio de 0,14 g por bolacha resultaria, no limite, num pré-embalado com peso líquido de aproximadamente 204,5 g. Este resultado, apesar de serem produções diferentes, vai ao encontro das análises efetuadas às UVP's, anteriormente apresentados, em que o peso médio das UVP's de uma produção ficou nos 204,87 g. A mesma análise aplicada aos resultados das saquetas permitem, de igual forma, retirar a mesma conclusão. O que leva a considerar a variabilidade existente entre as bolachas produzidas por *batches* diferentes.

De facto, a variabilidade existente em cada bolacha e, consequentemente, em cada saqueta é evidente por observação dos diagramas de extremos e quartis (**Gráfico 3.6**). Os resultados da ANOVA (Apêndice II – peso individual; Apêndice III – peso saquetas), aplicada para comparação das médias obtidas para cada *batch* (**Tabela 3.7**) permitem concluir que as diferenças observadas são estatisticamente significativas, quer nos subgrupos do peso individual, quer nas saquetas.

Tabela 3.7 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e para as saquetas, da produção acompanhada por subgrupos amostrais.

# Subgrupo	Individual			Saquetas		
	Média (g)	Desvio-Padrão (g)	Variância (g)	Desvio-Padrão (g)	Desvio-Padrão (g)	Desvio-Padrão (g)
1	6,22	0,065	0,004	49,96	0,414	0,172
2	6,19	0,053	0,003	51,58	0,451	0,203
3	6,32	0,131	0,017	50,68	0,516	0,267
4	6,34	0,121	0,015	50,47	0,592	0,350
5	6,32	0,121	0,015	50,52	0,800	0,639
6	6,39	0,115	0,013	50,95	0,695	0,483
7	6,49	0,091	0,008	51,74	0,517	0,268
8	6,51	0,055	0,003	51,72	0,471	0,222
9	6,52	0,070	0,005	51,71	0,530	0,280
10	6,42	0,079	0,006	50,95	0,531	0,281
11	6,53	0,098	0,010	51,74	0,807	0,652
12	6,55	0,067	0,005	52,28	0,628	0,395
13	6,21	0,070	0,005	50,04	0,485	0,235

Em suma, pode então concluir-se que o peso das bolachas e das saquetas produzidas em cada batch apresentam variações significativas, podendo afirmar-se que são estatisticamente diferentes.

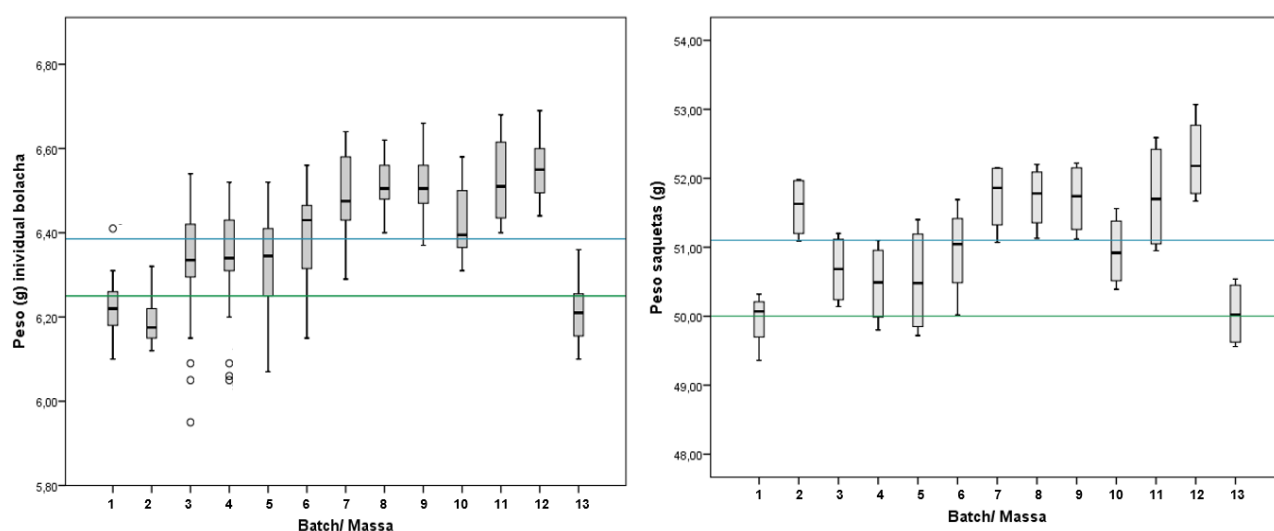


Gráfico 3.6 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolacha (à esquerda) e peso de saquetas (à direita) ao longo de uma produção (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)) [legenda: azul – média amostral (6,39 g e 50,99 g, respetivamente); verde – target/valor tendência central (6,25 g e 50,00 g, respetivamente)].

Este resultado corrobora a ideia de que é importante garantir homogeneidade ao longo da produção, minimizando a variabilidade entre as diferentes massas, para que se alcance, com a mesma média, um processo mais estável e por isso controlado.

A análise da variabilidade existente no peso individual de bolachas ao longo de uma produção, diferenciando por batch/massa de produção, permitiu:

- Confirmar a expedição de produto a mais, na medida em que para uma UVP de peso nominal 200,00 g, seria esperado obterem-se bolachas com cerca de 6,25 g para 50,00 g de peso de saquetas. Porém, os valores médios obtidos para o peso individual e saquetas foram de 6,39 g e 50,99 g, respetivamente (**Tabela 3.6**);
- Constatar a variabilidade existente entre diferentes massas, ou batches, de produção, na medida em que as amostras recolhidas se mostraram, pelo teste ANOVA, estatisticamente diferentes, quer no peso individual de bolacha para bolacha (**Apêndice II**), como pela análise das saquetas (**Apêndice III**);
- Perceber a importância de trabalhar a homogeneidade das diferentes massas, minimizando a variabilidade, para que se alcance, com a mesma média, um processo mais estável e potencialmente mais controlado, como ilustra a **Figura 3.1**.

3.2.2. Peso da Bolacha – Análise da Variabilidade de uma Massa

Com objetivo de melhor compreender as variações existentes no processo, procedeu-se por fim à análise de uma massa de produção.

Os resultados da estatística descritiva (**Tabela 3.8**) para os pesos individuais de bolachas resultantes do acompanhamento de uma produção, permitem novamente atestar as conclusões anteriormente retiradas, na medida em que os valores médios obtidos conduzirão a unidades de venda com peso na ordem de 204 grama.

Tabela 3.8 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e saquetas de uma massa de produção.

Estatística		Individual	Saquetas
Média (g)		6,30	50,44
95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior (g)	6,29	50,30
	Limite superior (g)	6,31	50,59
Variância (g ²)		0,01	0,22
Desvio Padrão (g)		0,14	0,47
Mínimo (g)		5,93	49,56
Máximo (g)		6,60	51,47
Amplitude (g)		0,67	1,91
Curtose		0,468	-0,832

A comparação dos indicadores de variabilidade, nomeadamente, variância e desvio-padrão, permitem observar o aumento destes valores ao longo do processo, ou seja, variabilidade crescente da massa de produção para a unidade de venda. Naturalmente, pelos diferentes fatores identificados no capítulo de caracterização do processo produtivo (subcapítulo 1.3), seria expectável que à medida que se avança no processo, isto é, do início da receção de matérias-primas com especificações diferentes até ao pré-embalado, a variabilidade inerente fosse aumentando, já que todas as pequenas diferenças e variações se vão acumulando de etapa para etapa.

Assim, no sentido de perceber se existe homogeneidade entre bolachas de diferentes fileiras, compararam-se os valores obtidos para as bolachas recolhidas mais à esquerda do tapete (E), nas zonas centrais (meio-esquerda, ME; meio-direita, MD) e ainda à direita (D) do mesmo. As estatísticas descritivas encontram-se sumarizadas na **Tabela 3.9**.

Tabela 3.9 – Estatística descritiva para os pesos individuais de bolachas e saquetas de diferentes filas de uma massa de produção.

Estatística		Fila 1 (E)	Fila 2 (ME)	Fila 3 (MD)	Fila 4 (D)
Média (g)		6,24	6,33	6,36	6,26
95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior (g)	6,22	6,31	6,35	6,23
	Limite superior (g)	6,28	6,35	6,38	6,29
Variância (g ²)		0,02	0,01	0,01	0,02
Desvio Padrão (g)		0,13	0,08	0,07	0,13
Mínimo (g)		5,93	6,02	6,22	5,94
Máximo (g)		6,50	6,47	6,52	6,60
Amplitude(g)		0,57	0,45	0,30	0,66
Curtose		-0,63	1,61	-0,42	0,359

Os diagramas de extremos e quartis (**Gráfico 3.7**) das amostras de diferentes filas evidenciam menor variabilidade para as bolachas mais ao centro do tapete, comparativamente com as filas periféricas (esquerda e direita), como aliás corroboram os resultados dos indicadores de variabilidade presentes na **Tabela 3.9**. A comparação das diferentes filas pelo teste ANOVA (Apêndice IV), permite efetivamente concluir que, de facto, a variabilidade existente conduz a amostras estatisticamente diferentes, ou seja, não se pode afirmar que as amostras das diferentes filas de fabrico são iguais. Os resultados obtidos mostram ainda que é possível dividir as amostras em dois grupos, já que as bolachas recolhidas mais à esquerda e direita do tapete não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si, do mesmo modo que as amostras centrais se podem considerar homogéneas.

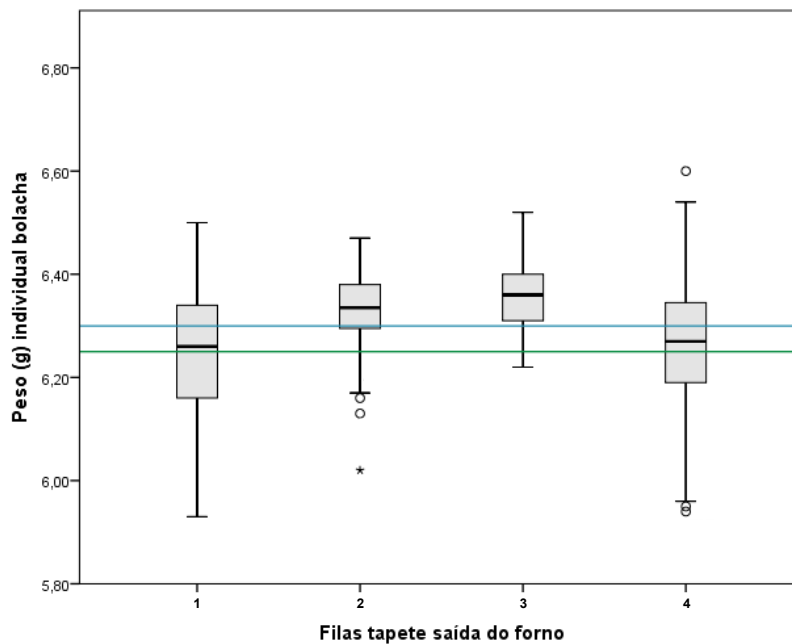


Gráfico 3.7 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolacha nas diferentes filas de fabrico de um *batch* (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo))
[legenda: 1 – esquerda; 2 – meio-esquerda; 3- meio-direita; 4- direita].

Ainda assim, como complemento à análise anterior, efetuou-se a comparação das amostras recolhidas periodicamente, compostas pelo mesmo número de bolachas das diferentes filas (**Gráfico 3.8**), já que o dispositivo de final de linha antes do embalamento realiza a mistura de bolachas das diferentes filas de forma a eliminar a variação observada (subcapítulo 1.3.5 - **Figura 1.15**).

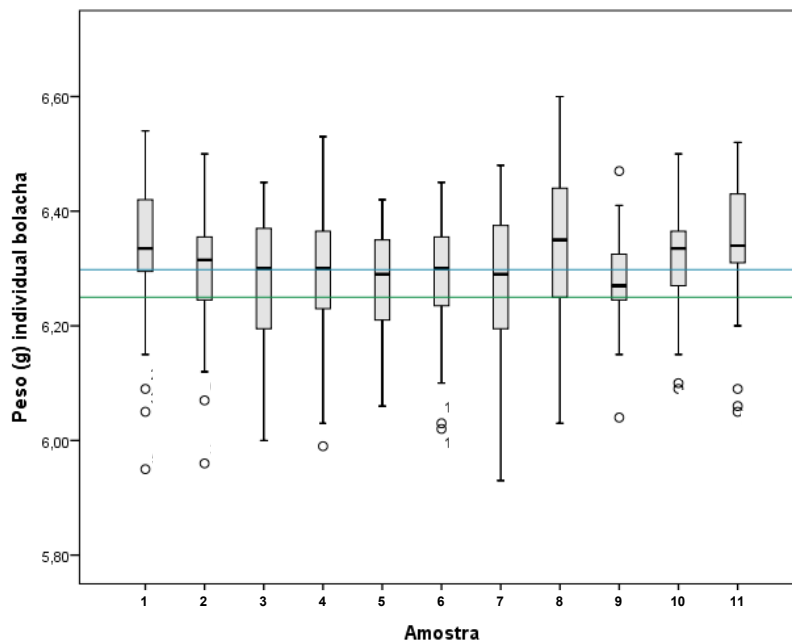


Gráfico 3.8 – Diagramas de extremos e quartis do peso individual de bolachas recolhidas ao longo de um *batch*, de 5 em 5 minutos (os valores assinalados correspondem a valores desviantes (o – moderado; * - severo)).

Os resultados de comparação das amostras (ANOVA; Apêndice V) permitiram constatar que, apesar de o processo de fabrico produzir bolachas que diferem de fila para fila, ao longo do processo essas diferenças perdem significância estatística, já que as amostras recolhidas de 5 em 5 minutos, com o mesmo número de bolachas por fila, são estatisticamente iguais. Assim, pode concluir-se que não existem diferenças entre as amostras de bolachas recolhidas ao longo de um *batch*, quando compostas pelo mesmo número de bolachas das diferentes filas.

Não obstante da conclusão retirada para as diferentes filas, importa salientar que o processo de embalagem tende a homogeneizar as saquetas, coletando bolachas das diferentes filas, o que de facto elimina a variabilidade observada entre bolachas recolhidas de filas diferentes (Apêndices IV e V). Porém, o mesmo não acontece com bolachas produzidas por *batches* diferentes, já que para as amostras recolhidas de diferentes *batches*, contendo também o mesmo número bolachas de diferentes filas, são estatisticamente diferentes (Apêndices II e III).

A análise da variabilidade existente no peso individual de bolachas ao longo de um batch/massa de produção permitiu:

- *Confirmar a expedição de produto a mais, na medida em que para uma UVP de peso nominal 200,00 g, seria expetável obterem-se bolachas com cerca de 6,25 g para 50 g de peso de saquetas. Porém, os valores médios obtidos para o peso individual e saquetas foram de 6,30 g e 50,44 g, respetivamente (**Tabela 3.8**);*
- *Constatar a presença de variabilidade entre bolachas de diferentes filas de produção (**Tabela 3.9**), resultantes do processo de fabricação. A análise de variância permite afirmar que o processo de fabrico origina então diferenças estatisticamente significativas entre as filas de bolacha produzidas (**Apêndice IV**). Observaram-se, porém, amostras homogêneas em subgrupos, isto é, as amostras das filas mais periféricas (esquerda e direita) são iguais entre si, assim como acontece com as amostras centrais (meio-esquerda e meio-direita);*
- *Evidenciar a capacidade do processo em amortizar a variabilidade existente entre filas, na medida em que, as amostras compostas pelo mesmo número de bolachas de diferentes filas, ao longo do tempo, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas (**Apêndice V**), podendo afirmar-se que não existe variabilidade para as bolachas produzidas a partir de uma mesma massa de produção, para a variável peso.*

4. Conclusões Gerais

O presente trabalho, com o qual se realizou uma primeira abordagem à aplicação de métodos estatísticos ao controlo do processo, concretamente para a bolacha *Integral* e com o objetivo da diminuição do peso expedido para o mercado acima do valor de peso nominal, veio confirmar as suspeitas de excesso de peso. De facto, no concreto da bolacha em estudo, concluiu-se um excesso de peso médio em cerca de 4 a 5 grama em relação ao peso nominal definido, considerando todo o tipo de unidades, conformes e não conformes, quer seja por excesso ou defeito de peso. Os resultados obtidos evidenciam valores médios de peso efetivo para as diferentes produções e para a realidade da produção acompanhada de 204,08 g e 203,89 g, respetivamente. Mais ainda, quando se eliminam as unidades não conformes, isto é, abaixo dos limites de peso regulados no controlador de peso, nomeadamente abaixo de 190,50 g, o peso médio da produção acompanhada aumenta de 203,89 g para 204,57 g. Adicionalmente, o acompanhamento de uma produção permitiu concluir uma grande variabilidade entre lotes produzidos em horas diferentes, sendo o peso médio mínimo de 198,00 g e o máximo de 208,93 g. Assim, realça-se a importância do equipamento de controlo de peso, na medida em que salvaguarda o cumprimento dos requisitos legais, já que nem todos os lotes produzidos apresentam peso médio igual ou superior ao peso nominal. Pode então concluir-se que, tal como o processo se encontra hoje regulado e para os limites definidos, o processo de produção de bolacha *Integral* origina produto com peso efetivo bastante superior ao peso nominal.

A conclusão anterior despoletou então todas as análises subsequentes já que, a produção de unidades com excesso de peso, implica desde logo três tipos de perdas. Primeiramente, o custo associado à venda de produto a mais ao mesmo preço, já que, no caso dos pré-embalados de bolacha, o preço da unidade de venda é estipulado à quantidade nominal e não à quantidade líquida. Por outro lado, e como é evidente pela análise preliminar aos controladores de peso, as unidades não conformes, quer seja por excesso ou defeito, dão origem a rejeições no equipamento de controlo de peso, o que significa custos associados ao reprocessamento dessas unidades a fim de poderem ser reintroduzidas. Por fim, a perda de eficiência da própria linha, no sentido em que cada aumento médio de 4 grama no peso líquido significa uma perda de cadência na ordem dos 2%.

Assim, confirmadas as suspeitas de excesso de peso nas unidades produzidas para a bolacha *Integral*, foram analisadas as respetivas cartas de controlo do processo, para diferentes produções e por acompanhamento de uma produção, que permitiram concluir que o processo de produção em estudo, conforme resultados obtidos a partir das 2434 unidades de venda amostradas, não se encontra controlado, na medida em que existem pontos fora dos limites de controlo. O comportamento e o padrão da curva de valores obtidos evidenciam ainda causas comuns de variabilidade, que poderão prender-se com a variabilidade inerente às matérias-primas, da condução do processo de fabrico, tanto ao nível do fabrico como do embalamento e ainda a montante de todo o controlo possível de ser efetuado na unidade de produção.

Os índices de capacidade obtidos, por sua vez, apesar da baixa significância estatística que têm já que devia primeiramente estabilizar-se o processo a fim de o ter sob controlo, permitiu ainda assim concluir que o processo terá capacidade para cumprir os limites de especificação ($C_p = 1,938$), na

medida em que o valor de C_p obtido é um resultado bastante satisfatório de acordo com a literatura, já que prevê um número de unidades não conformes bastante pequeno. Porém, é importante salientar que no caso do limite inferior de especificação, nenhum pré-embalado poderá apresentar peso efetivo abaixo dos 182,00 g e que apenas 2,5% das unidades do lote poderão estar entre 190,50 g e 182,00 g, pelo que ainda assim os valores obtidos não permitem garantir estes requisitos, como aliás foi observado pela existência de unidades que comprometem estes requisitos. Mais ainda, a abordagem à diminuição dos valores médios de peso pela redução do limite superior de especificação de 218,00 g para 209,00 g mostrou-se inviável, na medida em que o índice de capacidade de processo para esse limite diminuiu de 1,989 para 0,721. O decréscimo deste índice significa um aumento do número de unidades rejeitadas por excesso de peso, para valores teóricos na ordem das 0,0009 para 18 000 ppm.

Por fim, os valores de variabilidade observados nos estudos efetuados às unidades de venda despoletaram a análise efetuada ao peso individual de bolacha entre diferentes *batches*/massas de fabricação e ao longo das filas de bolacha formadas na etapa de impressão e corte. Estas análises permitiram concluir a existência de elevada variabilidade entre massas, podendo mesmo afirmar-se que as bolachas produzidas a partir de *batches*/massas distintas são estatisticamente diferentes entre si. O mesmo se concluiu para as filas de bolacha originadas na etapa de formação, em que a análise a um *batches*/massa de fabricação permitiu observar diferenças estatisticamente significativas entre as bolachas das filas mais periféricas no tapete e as bolachas mais centrais. Porém, estes dois subgrupos são homogêneos entre si, ou seja, as bolachas meio-esquerda são iguais às meio-direita, do mesmo modo que as bolachas da esquerda são iguais às da fila da direita. Não obstante desta conclusão sobre as filas de fabricação, quando foram simuladas as saquetas de pré-embalado compostas pelo mesmo número de bolachas por fila, o acompanhamento das amostras recolhidas para um *batch*/massa de 5 em 5 minutos, não apresentaram diferenças, podendo afirmar-se estatisticamente iguais. Estes resultados permitiram assim concluir que o equipamento a montante do embalamento, o qual distribui as filas de forma uniforme entre pré-embalados, permite suprir este fator de variabilidade. Porém, o mesmo não acontece para bolachas produzidas a partir de diferentes *batches*/massas, já que o seu embalamento é sequencial.

Em suma, o trabalho desenvolvido concluiu não ser possível, para a regulação atual do processo e limites definidos, o abaixamento do peso médio dos lotes de produção, na medida em que a variabilidade e estabilidade do processo não conseguirão acompanhar de forma assertiva esta diminuição, sob pena de aumentar o número de unidades não conformes tanto por excesso como também por defeito de peso. Todavia, mesmo após estabilização do processo e diminuição da variabilidade do mesmo, realça-se a necessidade de balancear financeiramente as soluções que visem esse fim, por análise dos ganhos obtidos com a diminuição dos pesos médios e, consequente, o aumento de eficiência para os valores considerados ao peso nominal face ao número de unidades a reprocessar e respetivos custos inerentes.

5. Trabalho Futuro e Considerações Finais

Como forma de confirmação dos resultados e conclusões obtidas com a realização do presente trabalho, a primeira recomendação passa pela repetição das amostragens e análises realizadas, de forma mais alargada no concreto da bolacha em estudo e ainda mais abrangente, no sentido de incluir todo o tipo de bolachas produzidas, a fim de conseguir definir-se uma estratégia de controlo estatístico de processo, quer seja para a variável em estudo, o peso, como também outro tipo de variáveis de interesse, como espessura, dimensões, etc.

No que concerne às conclusões retiradas para a abordagem testada relativamente à diminuição do peso médio dos lotes de produção, pela solução de decréscimo do limite superior de especificação, que devido à variabilidade existente no processo não se mostrou inviável, o presente trabalho permitiu ainda assim aclarar os passos a dar no desenvolvimento da futura solução que, pelo estudo exposto, passará por duas fases de implementação. Assim, antecedendo à premissa de redução de peso, deve primeiramente focar-se todos os esforços na melhor compreensão estatística do processo de produção, no sentido da identificação das variáveis que estão a potenciar a instabilidade observada. Posto isto, iniciar-se todo o processo de eliminação ou diminuição destes fatores de variabilidade, a fim de se conseguir ter um processo estável e, conseqüentemente, sobre controlo. Em segunda fase, surgirá então a redução dos limites de controlo e especificação, de forma sistemática e progressiva, certificando sempre os resultados obtidos com novas análises estatísticas. Em simultâneo à validação dos resultados obtidos em cada etapa, não deve também ser esquecido o balanço financeiro aos três tipos de perdas identificadas: custo excesso de peso, custo reproprocessamento e custo de perda de eficiência. Só assim, se conseguirá avançar na busca da melhoria contínua do processo.

Para além das conclusões identificadas no capítulo anterior, deixam-se ainda algumas considerações com base na realidade observada ao longo da realização deste trabalho, já que foi possível observar vários constrangimentos ao processo de produção de bolacha, no concreto da Bolacha *Integral*, que devem resultar em oportunidades de melhoria.

Assim, destaca-se a variabilidade observada nos períodos de mudança de turno. De facto, de acordo com os resultados, a variabilidade das amostras recolhidas em horas de troca de turno mostrou-se bastante mais elevadas do que nas restantes amostras. No terreno, foi possível observar o nível de empirismo associado aos ajustes de mudança de turno, no sentido em que as próprias cartas de controlo realizadas (por amostragem de 8 bolachas por hora, no caso da bolacha *Integral*) não foram consideradas para os ajustes a efetuar. Neste sentido, identificam-se duas oportunidades de melhoria. Por um lado, a diminuição da variabilidade existente entre turnos e, por outro, a utilização efetiva das ferramentas de controlo que as equipas detêm.

Não obstante, as próprias cartas de controlo ostentam oportunidades de melhoria, já que a amostragem realizada não permite que os resultados tenham representatividade da população e, por isso, significância estatística. Contudo, apesar de poder haver margem para uma amostragem maior, é importante considerar que a recolha dos dados é atualmente realizada de forma manual, pelo que só seria possível, do ponto de vista operacional, aumentar significativamente o tamanho da amostra com o desenvolvimento de um sistema mais automático, que não dependa na totalidade do operador de

linha. Ainda relacionado com os controlos realizados atualmente ao processo, importa dizer que estes não permitem correlacionar com alterações ao processo quer a montante como a jusante, quer seja pela periodicidade definida, como também pelo próprio procedimento, já que os registos de alteração ao processo e a sua relação com os valores obtidos nos controlos efetuados nem sempre são possíveis e não estão disponíveis *online*.

Relativamente ao equipamento de controlo de peso foi também possível identificar oportunidades de melhoria que se compreendem com a gravação dos dados recolhidos. Conforme está implementado, o controlo de peso é efetuado em todas as UVP's produzidas, porém o equipamento não guarda os valores individuais. Além disso, não regista também a média do lote de produção, mas apenas a média do lote a expedir, ou seja, apenas considera para a média fornecida os valores de UVP's que respeitem os limites impostos no equipamento. A recolha destes dados de forma mais discriminada poderia ser útil no sentido de análise de produções anteriores, conforme foi realizado no presente trabalho, sendo que seria desnecessário a pesagem manual das unidades. Mais ainda, conseguir-se-ia correlacionar os dados obtidos em cada produção com variações comuns ou esporádicas ao processo.

Por fim, uma nota sobre a necessidade de envolvimento e a formação das equipas em projetos de controlo de processo, a fim de contornar o empirismo que muitas vezes lidera os processos de fabrico e embalamento.

Bibliografia

- Aized, T. (2012) Total Quality Management and Six Sigma. Croácia: InTech Prepress (ISBN 978-953-51-0688-3);
- Antony, J. & Kumar, M. (2008) Lean Six Sigma: Research and Practice. Ebook. (ISBN 978-87-7681-768-8);
- Bhattacharya, S. (2014) Conventional and Advanced Food Processing Technologies. Wiley Blackwell (ISBN: 978-1-118-40632-8);
- Cerealis 2018. Acesso em: Setembro 2018. Disponível em: <https://www.cerealis.pt/pt/>
- Cronin, K. & Preis, C. (2000) A Statistical Analysis of Biscuit Physical Properties as Affected by Baking. Journal of Food Engineering 46: 217-225;
- Decreto-Lei n.º 199/2008 de 8 de outubro. Diário da República, 1.ª série – N.º 195 – 8 de Outubro de 2008. “Condições gerais de comercialização dos produtos pré-embalados e regras relativas às quantidades nominais aplicáveis aos produtos pré-embalados.”
- Diretiva 2007/45/CE de 5 de setembro de 2007. Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia "Quantidades nominais dos produtos pré-embalados."
- Djekic, I., Smigic, N., Tomic, N. & Rajkovic, A. (2014) Statistical Process Control in Serbian Food Packaging. International Journal for Quality Research 8(3): 323-334;
- Gonzalez, P. (2013) Índices de Capacidade de Processo para Distribuições não normais: uma aplicação na indústria metalúrgica. Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba;
- Dias, J. (2008) O controlo da Qualidade na Indústria Alimentar. Acesso em: outubro 2018. Disponível em: <http://www.hipersuper.pt/2008/10/17/o-controlo-da-qualidade-na-industria-alimentar/>;
- Juran, J. & Godfrey, A. (1999) Juran's Quality Handbook – 5ª edição. McGraw-Hill Companies, Inc. (ISBN 0-07-034003-X);
- Machado, S. (2012) Gestão da Qualidade. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria;
- Madanhire, I. & Mbohwa, C. (2016). Application of Statistical Process Control (SPC) in Manufacturing Industry in a Developing Country. Procedia CIRP 40: 580-583;
- Manley, D. (2011). Manley's technology of biscuits, crackers and cookies – 4ª edição. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Reino Unido;
- Montgomery, D. (2008) Introduction to Statistical Quality Control – 6ª edição. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons, Inc;
- Oakland, J. (2003) Statistical Process Control – 5ª edição. Butterworth Heinemann (ISBN 0 7506 5766 9);
- Pestana, M.H. & Gageiro, J.N. (2008) Análise de Dados para Ciência Sociais - a complementaridade do SPSS - 5ª edição. Edições Sílabo (ISBN 978 972 618 498 0);

- Portaria nº 1198/91 de 18 de dezembro. Diário da República, 1ª. Série-B – N.º 291 – 18 de dezembro de 1991. “Regulamento do Controlo Metrológico das quantidades dos produtos pré-embalados.”
- Pyzdek, T. (2003) The Six Sigma Handbook – Revised and Expanded. McGraw-Hill Companies, Inc. (DOI: 10.1036/0071415963).
- Rao, B. & Bhargavi, G. (2017) Technology Involved in Quality of Biscuits: Influence of Factors and Impact on Processing – a Critical Review. International Journal of Pure & Applied Bioscience 5(4): 532-542;
- Regulamento EU 1169/2011 de 25 de outubro. Jornal Oficial da União Europeia – de 22 de novembro de 2011. “Prestação de informação aos consumidores sobre géneros alimentícios.”
- Ribeiro, J. & Caten, C. (2012) Controle Estatístico do Processo (Série Monográfica Qualidade, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). FEENG/UFRGS – Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia. Porto Alegre;
- Spanò, A. (2012). Process Capability Analysis. Quantide, knowledge from data.

Anexos

Anexo I – Fatores para cálculo de linhas centrais e limites de controle 3σ por número de elementos da amostra (Montgomery, 2008)

Observations in Sample, <i>n</i>	Chart for Averages					Chart for Standard Deviations					Chart for Ranges					
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits				
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	1/ <i>c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	1/ <i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

For *n* > 25.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{3}{\sqrt{n}} & A_3 &= \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} & c_4 &\equiv \frac{4(n-1)}{4n-3} \\
 B_3 &= 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} & B_4 &= 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \\
 B_5 &= c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} & B_6 &= c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}
 \end{aligned}$$

Apêndices

APÊNDICE I – Resultados médios do peso de 5 UVP's de diferentes produções

# Produção	# Dias	# Amostra	N amostra	Peso médio (g)	Desvio-Padrão (g)
A	1	1	50	204,30	1,43
A	1	2	50	204,90	1,49
A	2	3	50	204,30	1,43
A	2	4	50	208,28	1,61
A	2	5	50	206,67	2,57
A	3	6	50	199,79	2,10
A	3	7	50	209,30	2,16
B	4	8	50	201,30	0,44
B	4	9	50	199,81	2,03
B	4	10	50	202,20	0,87
B	4	11	50	202,50	1,09
B	5	12	50	198,00	3,90
B	5	13	50	202,30	2,99
B	5	14	50	201,00	1,85
B	5	15	50	208,56	3,09
B	6	16	50	208,28	2,01
B	6	17	50	198,28	2,56
B	6	18	50	201,72	1,21
B	6	19	50	205,60	2,33
B	6	20	50	209,90	3,57
B	6	21	50	201,80	1,45
C	7	22	50	204,90	0,67
C	7	23	50	204,60	0,97
C	7	24	50	201,40	0,61
C	7	25	50	200,80	1,78
C	7	26	50	204,00	9,13
C	7	27	50	202,30	5,90
C	7	28	50	202,60	4,41
C	7	29	50	203,10	2,76
C	7	30	50	205,10	1,50
C	7	31	50	205,10	5,24
C	7	32	50	206,00	1,74
C	7	33	50	206,60	0,59
C	7	34	50	208,60	1,03
C	7	35	50	208,90	0,47

APÊNDICE II – Testes Paramétricos realizados para o peso individual das bolachas produzidas em diferentes *batches*

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	6,319	12	,527	63,306	,000
Nos grupos	3,352	403	,008		
Total	9,671	415			

Comparações múltiplas

Variável dependente: VAR00002

Tukey HSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,03375	,02280	,960	-,0422	,1097
	3	-,09813*	,02280	,001	-,1741	-,0221
	4	-,11313*	,02280	,000	-,1891	-,0371
	5	-,10063*	,02280	,001	-,1766	-,0246
	6	-,16344*	,02280	,000	-,2394	-,0874
	7	-,27125*	,02280	,000	-,3472	-,1953
	8	-,29156*	,02280	,000	-,3676	-,2156
	9	-,29219*	,02280	,000	-,3682	-,2162
	10	-,19844*	,02280	,000	-,2744	-,1224
	11	-,30250*	,02280	,000	-,3785	-,2265
	12	-,32531*	,02280	,000	-,4013	-,2493
	13	,00906	,02280	1,000	-,0669	,0851
2	1	-,03375	,02280	,960	-,1097	,0422
	3	-,13188*	,02280	,000	-,2079	-,0559
	4	-,14688*	,02280	,000	-,2229	-,0709
	5	-,13438*	,02280	,000	-,2104	-,0584
	6	-,19719*	,02280	,000	-,2732	-,1212
	7	-,30500*	,02280	,000	-,3810	-,2290
	8	-,32531*	,02280	,000	-,4013	-,2493
	9	-,32594*	,02280	,000	-,4019	-,2499
	10	-,23219*	,02280	,000	-,3082	-,1562
	11	-,33625*	,02280	,000	-,4122	-,2603
	12	-,35906*	,02280	,000	-,4351	-,2831
	13	-,02469	,02280	,997	-,1007	,0513

3	1	,09813*	,02280	,001	,0221	,1741
	2	,13188*	,02280	,000	,0559	,2079
	4	-,01500	,02280	1,000	-,0910	,0610
	5	-,00250	,02280	1,000	-,0785	,0735
	6	-,06531	,02280	,178	-,1413	,0107
	7	-,17313*	,02280	,000	-,2491	-,0971
	8	-,19344*	,02280	,000	-,2694	-,1174
	9	-,19406*	,02280	,000	-,2701	-,1181
	10	-,10031*	,02280	,001	-,1763	-,0243
	11	-,20438*	,02280	,000	-,2804	-,1284
	12	-,22719*	,02280	,000	-,3032	-,1512
	13	,10719*	,02280	,000	,0312	,1832
4	1	,11313*	,02280	,000	,0371	,1891
	2	,14688*	,02280	,000	,0709	,2229
	3	,01500	,02280	1,000	-,0610	,0910
	5	,01250	,02280	1,000	-,0635	,0885
	6	-,05031	,02280	,587	-,1263	,0257
	7	-,15813*	,02280	,000	-,2341	-,0821
	8	-,17844*	,02280	,000	-,2544	-,1024
	9	-,17906*	,02280	,000	-,2551	-,1031
	10	-,08531*	,02280	,013	-,1613	-,0093
	11	-,18938*	,02280	,000	-,2654	-,1134
	12	-,21219*	,02280	,000	-,2882	-,1362
	13	,12219*	,02280	,000	,0462	,1982
5	1	,10063*	,02280	,001	,0246	,1766
	2	,13438*	,02280	,000	,0584	,2104
	3	,00250	,02280	1,000	-,0735	,0785
	4	-,01250	,02280	1,000	-,0885	,0635
	6	-,06281	,02280	,228	-,1388	,0132
	7	-,17063*	,02280	,000	-,2466	-,0946
	8	-,19094*	,02280	,000	-,2669	-,1149
	9	-,19156*	,02280	,000	-,2676	-,1156
	10	-,09781*	,02280	,002	-,1738	-,0218
	11	-,20188*	,02280	,000	-,2779	-,1259
	12	-,22469*	,02280	,000	-,3007	-,1487
	13	,10969*	,02280	,000	,0337	,1857
6	1	,16344*	,02280	,000	,0874	,2394
	2	,19719*	,02280	,000	,1212	,2732
	3	,06531	,02280	,178	-,0107	,1413
	4	,05031	,02280	,587	-,0257	,1263
	5	,06281	,02280	,228	-,0132	,1388

	7	-,10781*	,02280	,000	-,1838	-,0318
	8	-,12813*	,02280	,000	-,2041	-,0521
	9	-,12875*	,02280	,000	-,2047	-,0528
	10	-,03500	,02280	,947	-,1110	,0410
	11	-,13906*	,02280	,000	-,2151	-,0631
	12	-,16188*	,02280	,000	-,2379	-,0859
	13	,17250*	,02280	,000	,0965	,2485
7	1	,27125*	,02280	,000	,1953	,3472
	2	,30500*	,02280	,000	,2290	,3810
	3	,17313*	,02280	,000	,0971	,2491
	4	,15813*	,02280	,000	,0821	,2341
	5	,17063*	,02280	,000	,0946	,2466
	6	,10781*	,02280	,000	,0318	,1838
	8	-,02031	,02280	1,000	-,0963	,0557
	9	-,02094	,02280	,999	-,0969	,0551
	10	,07281	,02280	,075	-,0032	,1488
	11	-,03125	,02280	,978	-,1072	,0447
	12	-,05406	,02280	,467	-,1301	,0219
	13	,28031*	,02280	,000	,2043	,3563
8	1	,29156*	,02280	,000	,2156	,3676
	2	,32531*	,02280	,000	,2493	,4013
	3	,19344*	,02280	,000	,1174	,2694
	4	,17844*	,02280	,000	,1024	,2544
	5	,19094*	,02280	,000	,1149	,2669
	6	,12813*	,02280	,000	,0521	,2041
	7	,02031	,02280	1,000	-,0557	,0963
	9	-,00063	,02280	1,000	-,0766	,0754
	10	,09313*	,02280	,004	,0171	,1691
	11	-,01094	,02280	1,000	-,0869	,0651
	12	-,03375	,02280	,960	-,1097	,0422
	13	,30063*	,02280	,000	,2246	,3766
9	1	,29219*	,02280	,000	,2162	,3682
	2	,32594*	,02280	,000	,2499	,4019
	3	,19406*	,02280	,000	,1181	,2701
	4	,17906*	,02280	,000	,1031	,2551
	5	,19156*	,02280	,000	,1156	,2676
	6	,12875*	,02280	,000	,0528	,2047
	7	,02094	,02280	,999	-,0551	,0969
	8	,00063	,02280	1,000	-,0754	,0766
	10	,09375*	,02280	,003	,0178	,1697
	11	-,01031	,02280	1,000	-,0863	,0657

10	12	-,03313	,02280	,965	-,1091	,0429
	13	,30125*	,02280	,000	,2253	,3772
	1	,19844*	,02280	,000	,1224	,2744
	2	,23219*	,02280	,000	,1562	,3082
	3	,10031*	,02280	,001	,0243	,1763
	4	,08531*	,02280	,013	,0093	,1613
	5	,09781*	,02280	,002	,0218	,1738
	6	,03500	,02280	,947	-,0410	,1110
	7	-,07281	,02280	,075	-,1488	,0032
	8	-,09313*	,02280	,004	-,1691	-,0171
	9	-,09375*	,02280	,003	-,1697	-,0178
	11	-,10406*	,02280	,000	-,1801	-,0281
	12	-,12688*	,02280	,000	-,2029	-,0509
	13	,20750*	,02280	,000	,1315	,2835
11	1	,30250*	,02280	,000	,2265	,3785
	2	,33625*	,02280	,000	,2603	,4122
	3	,20438*	,02280	,000	,1284	,2804
	4	,18938*	,02280	,000	,1134	,2654
	5	,20188*	,02280	,000	,1259	,2779
	6	,13906*	,02280	,000	,0631	,2151
	7	,03125	,02280	,978	-,0447	,1072
	8	,01094	,02280	1,000	-,0651	,0869
	9	,01031	,02280	1,000	-,0657	,0863
	10	,10406*	,02280	,000	,0281	,1801
	12	-,02281	,02280	,999	-,0988	,0532
	13	,31156*	,02280	,000	,2356	,3876
12	1	,32531*	,02280	,000	,2493	,4013
	2	,35906*	,02280	,000	,2831	,4351
	3	,22719*	,02280	,000	,1512	,3032
	4	,21219*	,02280	,000	,1362	,2882
	5	,22469*	,02280	,000	,1487	,3007
	6	,16188*	,02280	,000	,0859	,2379
	7	,05406	,02280	,467	-,0219	,1301
	8	,03375	,02280	,960	-,0422	,1097
	9	,03313	,02280	,965	-,0429	,1091
	10	,12688*	,02280	,000	,0509	,2029
	11	,02281	,02280	,999	-,0532	,0988
	13	,33438*	,02280	,000	,2584	,4104
13	1	-,00906	,02280	1,000	-,0851	,0669
	2	,02469	,02280	,997	-,0513	,1007
	3	-,10719*	,02280	,000	-,1832	-,0312

4	-,12219*	,02280	,000	-,1982	-,0462
5	-,10969*	,02280	,000	-,1857	-,0337
6	-,17250*	,02280	,000	-,2485	-,0965
7	-,28031*	,02280	,000	-,3563	-,2043
8	-,30063*	,02280	,000	-,3766	-,2246
9	-,30125*	,02280	,000	-,3772	-,2253
10	-,20750*	,02280	,000	-,2835	-,1315
11	-,31156*	,02280	,000	-,3876	-,2356
12	-,33438*	,02280	,000	-,4104	-,2584

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

APÊNDICE III – Testes Paramétricos realizados para o peso das saquetas de bolachas produzidas em diferentes *batches*

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	26,284	12	2,190	6,403	,000
Nos grupos	13,341	39	,342		
Total	39,624	51			

Comparações múltiplas

Variável dependente: VAR00002

Tukey HSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	-1,62750*	,41357	,017	-3,0852	-,1698
	3	-,72250	,41357	,863	-2,1802	,7352
	4	-,51500	,41357	,987	-1,9727	,9427
	5	-,56500	,41357	,973	-2,0227	,8927
	6	-,99500	,41357	,461	-2,4527	,4627
	7	-1,78000*	,41357	,006	-3,2377	-,3223
	8	-1,76750*	,41357	,007	-3,2252	-,3098
	9	-1,75000*	,41357	,008	-3,2077	-,2923
	10	-,99250	,41357	,465	-2,4502	,4652
	11	-1,78000*	,41357	,006	-3,2377	-,3223
	12	-2,32000*	,41357	,000	-3,7777	-,8623
	13	-,08250	,41357	1,000	-1,5402	1,3752
2	1	1,62750*	,41357	,017	,1698	3,0852
	3	,90500	,41357	,605	-,5527	2,3627
	4	1,11250	,41357	,296	-,3452	2,5702
	5	1,06250	,41357	,361	-,3952	2,5202
	6	,63250	,41357	,940	-,8252	2,0902
	7	-,15250	,41357	1,000	-1,6102	1,3052
	8	-,14000	,41357	1,000	-1,5977	1,3177
	9	-,12250	,41357	1,000	-1,5802	1,3352
	10	,63500	,41357	,938	-,8227	2,0927
	11	-,15250	,41357	1,000	-1,6102	1,3052
	12	-,69250	,41357	,893	-2,1502	,7652
	13	1,54500*	,41357	,029	,0873	3,0027

3	1	,72250	,41357	,863	-,7352	2,1802
	2	-,90500	,41357	,605	-2,3627	,5527
	4	,20750	,41357	1,000	-1,2502	1,6652
	5	,15750	,41357	1,000	-1,3002	1,6152
	6	-,27250	,41357	1,000	-1,7302	1,1852
	7,	-1,05750	,41357	,368	-2,5152	,4002
	8	-1,04500	,41357	,386	-2,5027	,4127
	9	-1,02750	,41357	,412	-2,4852	,4302
	10	-,27000	,41357	1,000	-1,7277	1,1877
	11	-1,05750	,41357	,368	-2,5152	,4002
	12	-1,59750*	,41357	,021	-3,0552	-,1398
	13	,64000	,41357	,935	-,8177	2,0977
4	1	,51500	,41357	,987	-,9427	1,9727
	2	-1,11250	,41357	,296	-2,5702	,3452
	3	-,20750	,41357	1,000	-1,6652	1,2502
	5	-,05000	,41357	1,000	-1,5077	1,4077
	6	-,48000	,41357	,993	-1,9377	,9777
	7	-1,26500	,41357	,145	-2,7227	,1927
	8	-1,25250	,41357	,155	-2,7102	,2052
	9	-1,23500	,41357	,169	-2,6927	,2227
	10	-,47750	,41357	,993	-1,9352	,9802
	11	-1,26500	,41357	,145	-2,7227	,1927
	12	-1,80500*	,41357	,005	-3,2627	-,3473
	13	,43250	,41357	,997	-1,0252	1,8902
5	1	,56500	,41357	,973	-,8927	2,0227
	2	-1,06250	,41357	,361	-2,5202	,3952
	3	-,15750	,41357	1,000	-1,6152	1,3002
	4	,05000	,41357	1,000	-1,4077	1,5077
	6	-,43000	,41357	,997	-1,8877	1,0277
	7	-1,21500	,41357	,186	-2,6727	,2427
	8	-1,20250	,41357	,198	-2,6602	,2552
	9	-1,18500	,41357	,215	-2,6427	,2727
	10	-,42750	,41357	,997	-1,8852	1,0302
	11	-1,21500	,41357	,186	-2,6727	,2427
	12	-1,75500*	,41357	,007	-3,2127	-,2973
	13	,48250	,41357	,993	-,9752	1,9402
6	1	,99500	,41357	,461	-,4627	2,4527
	2	-,63250	,41357	,940	-2,0902	,8252
	3	,27250	,41357	1,000	-1,1852	1,7302
	4	,48000	,41357	,993	-,9777	1,9377
	5	,43000	,41357	,997	-1,0277	1,8877

	7	-,78500	,41357	,786	-2,2427	,6727
	8	-,77250	,41357	,803	-2,2302	,6852
	9	-,75500	,41357	,825	-2,2127	,7027
	10	,00250	,41357	1,000	-1,4552	1,4602
	11	-,78500	,41357	,786	-2,2427	,6727
	12	-1,32500	,41357	,106	-2,7827	,1327
	13	,91250	,41357	,593	-,5452	2,3702
7	1	1,78000*	,41357	,006	,3223	3,2377
	2	,15250	,41357	1,000	-1,3052	1,6102
	3	1,05750	,41357	,368	-,4002	2,5152
	4	1,26500	,41357	,145	-,1927	2,7227
	5	1,21500	,41357	,186	-,2427	2,6727
	6	,78500	,41357	,786	-,6727	2,2427
	8	,01250	,41357	1,000	-1,4452	1,4702
	9	,03000	,41357	1,000	-1,4277	1,4877
	10	,78750	,41357	,783	-,6702	2,2452
	11	,00000	,41357	1,000	-1,4577	1,4577
	12	-,54000	,41357	,981	-1,9977	,9177
	13	1,69750*	,41357	,011	,2398	3,1552
8	1	1,76750*	,41357	,007	,3098	3,2252
	2	,14000	,41357	1,000	-1,3177	1,5977
	3	1,04500	,41357	,386	-,4127	2,5027
	4	1,25250	,41357	,155	-,2052	2,7102
	5	1,20250	,41357	,198	-,2552	2,6602
	6	,77250	,41357	,803	-,6852	2,2302
	7	-,01250	,41357	1,000	-1,4702	1,4452
	9	,01750	,41357	1,000	-1,4402	1,4752
	10	,77500	,41357	,800	-,6827	2,2327
	11	-,01250	,41357	1,000	-1,4702	1,4452
	12	-,55250	,41357	,978	-2,0102	,9052
	13	1,68500*	,41357	,012	,2273	3,1427
9	1	1,75000*	,41357	,008	,2923	3,2077
	2	,12250	,41357	1,000	-1,3352	1,5802
	3	1,02750	,41357	,412	-,4302	2,4852
	4	1,23500	,41357	,169	-,2227	2,6927
	5	1,18500	,41357	,215	-,2727	2,6427
	6	,75500	,41357	,825	-,7027	2,2127
	7	-,03000	,41357	1,000	-1,4877	1,4277
	8	-,01750	,41357	1,000	-1,4752	1,4402
	10	,75750	,41357	,822	-,7002	2,2152
	11	-,03000	,41357	1,000	-1,4877	1,4277

10	12	-,57000	,41357	,972	-2,0277	,8877
	13	1,66750*	,41357	,013	,2098	3,1252
	1	,99250	,41357	,465	-,4652	2,4502
	2	-,63500	,41357	,938	-2,0927	,8227
	3	,27000	,41357	1,000	-1,1877	1,7277
	4	,47750	,41357	,993	-,9802	1,9352
	5	,42750	,41357	,997	-1,0302	1,8852
	6	-,00250	,41357	1,000	-1,4602	1,4552
	7	-,78750	,41357	,783	-2,2452	,6702
	8	-,77500	,41357	,800	-2,2327	,6827
	9	-,75750	,41357	,822	-2,2152	,7002
	10	-,78750	,41357	,783	-2,2452	,6702
	12	-1,32750	,41357	,105	-2,7852	,1302
	13	,91000	,41357	,597	-,5477	2,3677
11	1	1,78000*	,41357	,006	,3223	3,2377
	2	,15250	,41357	1,000	-1,3052	1,6102
	3	1,05750	,41357	,368	-,4002	2,5152
	4	1,26500	,41357	,145	-,1927	2,7227
	5	1,21500	,41357	,186	-,2427	2,6727
	6	,78500	,41357	,786	-,6727	2,2427
	7	,00000	,41357	1,000	-1,4577	1,4577
	8	,01250	,41357	1,000	-1,4452	1,4702
	9	,03000	,41357	1,000	-1,4277	1,4877
	10	,78750	,41357	,783	-,6702	2,2452
	12	-,54000	,41357	,981	-1,9977	,9177
	13	1,69750*	,41357	,011	,2398	3,1552
12	1	2,32000*	,41357	,000	,8623	3,7777
	2	,69250	,41357	,893	-,7652	2,1502
	3	1,59750*	,41357	,021	,1398	3,0552
	4	1,80500*	,41357	,005	,3473	3,2627
	5	1,75500*	,41357	,007	,2973	3,2127
	6	1,32500	,41357	,106	-,1327	2,7827
	7	,54000	,41357	,981	-,9177	1,9977
	8	,55250	,41357	,978	-,9052	2,0102
	9	,57000	,41357	,972	-,8877	2,0277
	10	1,32750	,41357	,105	-,1302	2,7852
	11	,54000	,41357	,981	-,9177	1,9977
	13	2,23750*	,41357	,000	,7798	3,6952
13	1	,08250	,41357	1,000	-1,3752	1,5402
	2	-1,54500*	,41357	,029	-3,0027	-,0873
	3	-,64000	,41357	,935	-2,0977	,8177

4	-,43250	,41357	,997	-1,8902	1,0252
5	-,48250	,41357	,993	-1,9402	,9752
6	-,91250	,41357	,593	-2,3702	,5452
7	-1,69750*	,41357	,011	-3,1552	-,2398
8	-1,68500*	,41357	,012	-3,1427	-,2273
9	-1,66750*	,41357	,013	-3,1252	-,2098
10	-,91000	,41357	,597	-2,3677	,5477
11	-1,69750*	,41357	,011	-3,1552	-,2398
12	-2,23750*	,41357	,000	-3,6952	-,7798

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

APÊNDICE IV – Testes Paramétricos realizados para o peso de bolachas de diferentes filas de um *batch* de produção

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	,793	3	,264	23,388	,000
Nos grupos	3,933	348	,011		
Total	4,725	351			

Comparações múltiplas

Variável dependente: VAR00002

Tukey HSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	-,08273*	,01603	,000	-,1241	-,0414
	3	-,11307*	,01603	,000	-,1544	-,0717
	4	-,01159	,01603	,888	-,0530	,0298
2	1	,08273*	,01603	,000	,0414	,1241
	3	-,03034	,01603	,233	-,0717	,0110
	4	,07114*	,01603	,000	,0298	,1125
3	1	,11307*	,01603	,000	,0717	,1544
	2	,03034	,01603	,233	-,0110	,0717
	4	,10148*	,01603	,000	,0601	,1428
4	1	,01159	,01603	,888	-,0298	,0530
	2	-,07114*	,01603	,000	-,1125	-,0298
	3	-,10148*	,01603	,000	-,1428	-,0601

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

APÊNDICE V – Testes Paramétricos realizados para o peso de bolachas produzidas ao longo de um *batch* de produção

ANOVA

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	,181	10	,018	1,347	,204
Nos grupos	4,482	333	,013		
Total	4,663	343			

Comparações múltiplas

Variável dependente: VAR00002

Tukey HSD

(I) VAR00001	(J) VAR00001	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,02563	,02900	,998	-,0684	,1196
	3	,04000	,02900	,953	-,0540	,1340
	4	,03156	,02900	,992	-,0624	,1256
	5	,04594	,03133	,930	-,0556	,1475
	6	,04125	,02900	,942	-,0528	,1353
	7	,04750	,02900	,865	-,0465	,1415
	8	-,01375	,02900	1,000	-,1078	,0803
	9	,04500	,02900	,901	-,0490	,1390
	10	,01031	,02900	1,000	-,0837	,1043
	11	-,01500	,02900	1,000	-,1090	,0790
2	1	-,02563	,02900	,998	-,1196	,0684
	3	,01438	,02900	1,000	-,0796	,1084
	4	,00594	,02900	1,000	-,0881	,0999
	5	,02031	,03133	1,000	-,0812	,1219
	6	,01563	,02900	1,000	-,0784	,1096
	7	,02188	,02900	1,000	-,0721	,1159
	8	-,03938	,02900	,957	-,1334	,0546
	9	,01938	,02900	1,000	-,0746	,1134
	10	-,01531	,02900	1,000	-,1093	,0787
	11	-,04063	,02900	,948	-,1346	,0534
3	1	-,04000	,02900	,953	-,1340	,0540
	2	-,01438	,02900	1,000	-,1084	,0796
	4	-,00844	,02900	1,000	-,1024	,0856
	5	,00594	,03133	1,000	-,0956	,1075

	6	,00125	,02900	1,000	-,0928	,0953	
	7	,00750	,02900	1,000	-,0865	,1015	
	8	-,05375	,02900	,747	-,1478	,0403	
	9	,00500	,02900	1,000	-,0890	,0990	
	10	-,02969	,02900	,995	-,1237	,0643	
	11	-,05500	,02900	,719	-,1490	,0390	
	4	1	-,03156	,02900	,992	-,1256	,0624
		2	-,00594	,02900	1,000	-,0999	,0881
		3	,00844	,02900	1,000	-,0856	,1024
		5	,01438	,03133	1,000	-,0872	,1159
		6	,00969	,02900	1,000	-,0843	,1037
7		,01594	,02900	1,000	-,0781	,1099	
8		-,04531	,02900	,897	-,1393	,0487	
9		,01344	,02900	1,000	-,0806	,1074	
10		-,02125	,02900	1,000	-,1153	,0728	
11		-,04656	,02900	,879	-,1406	,0474	
5		1	-,04594	,03133	,930	-,1475	,0556
	2	-,02031	,03133	1,000	-,1219	,0812	
	3	-,00594	,03133	1,000	-,1075	,0956	
	4	-,01438	,03133	1,000	-,1159	,0872	
	6	-,00469	,03133	1,000	-,1062	,0969	
	7	,00156	,03133	1,000	-,1000	,1031	
	8	-,05969	,03133	,714	-,1612	,0419	
	9	-,00094	,03133	1,000	-,1025	,1006	
	10	-,03563	,03133	,988	-,1372	,0659	
	11	-,06094	,03133	,687	-,1625	,0406	
	6	1	-,04125	,02900	,942	-,1353	,0528
2		-,01563	,02900	1,000	-,1096	,0784	
3		-,00125	,02900	1,000	-,0953	,0928	
4		-,00969	,02900	1,000	-,1037	,0843	
5		,00469	,03133	1,000	-,0969	,1062	
7		,00625	,02900	1,000	-,0878	,1003	
8		-,05500	,02900	,719	-,1490	,0390	
9		,00375	,02900	1,000	-,0903	,0978	
10		-,03094	,02900	,993	-,1249	,0631	
11		-,05625	,02900	,691	-,1503	,0378	
7		1	-,04750	,02900	,865	-,1415	,0465
	2	-,02188	,02900	1,000	-,1159	,0721	
	3	-,00750	,02900	1,000	-,1015	,0865	
	4	-,01594	,02900	1,000	-,1099	,0781	
	5	-,00156	,03133	1,000	-,1031	,1000	

	6	-,00625	,02900	1,000	-,1003	,0878
	8	-,06125	,02900	,570	-,1553	,0328
	9	-,00250	,02900	1,000	-,0965	,0915
	10	-,03719	,02900	,971	-,1312	,0568
	11	-,06250	,02900	,539	-,1565	,0315
8	1	,01375	,02900	1,000	-,0803	,1078
	2	,03938	,02900	,957	-,0546	,1334
	3	,05375	,02900	,747	-,0403	,1478
	4	,04531	,02900	,897	-,0487	,1393
	5	,05969	,03133	,714	-,0419	,1612
	6	,05500	,02900	,719	-,0390	,1490
	7	,06125	,02900	,570	-,0328	,1553
	9	,05875	,02900	,631	-,0353	,1528
	10	,02406	,02900	,999	-,0699	,1181
	11	-,00125	,02900	1,000	-,0953	,0928
9	1	-,04500	,02900	,901	-,1390	,0490
	2	-,01938	,02900	1,000	-,1134	,0746
	3	-,00500	,02900	1,000	-,0990	,0890
	4	-,01344	,02900	1,000	-,1074	,0806
	5	,00094	,03133	1,000	-,1006	,1025
	6	-,00375	,02900	1,000	-,0978	,0903
	7	,00250	,02900	1,000	-,0915	,0965
	8	-,05875	,02900	,631	-,1528	,0353
	10	-,03469	,02900	,983	-,1287	,0593
	11	-,06000	,02900	,601	-,1540	,0340
10	1	-,01031	,02900	1,000	-,1043	,0837
	2	,01531	,02900	1,000	-,0787	,1093
	3	,02969	,02900	,995	-,0643	,1237
	4	,02125	,02900	1,000	-,0728	,1153
	5	,03563	,03133	,988	-,0659	,1372
	6	,03094	,02900	,993	-,0631	,1249
	7	,03719	,02900	,971	-,0568	,1312
	8	-,02406	,02900	,999	-,1181	,0699
	9	,03469	,02900	,983	-,0593	,1287
	11	-,02531	,02900	,999	-,1193	,0687
11	1	,01500	,02900	1,000	-,0790	,1090
	2	,04063	,02900	,948	-,0534	,1346
	3	,05500	,02900	,719	-,0390	,1490
	4	,04656	,02900	,879	-,0474	,1406
	5	,06094	,03133	,687	-,0406	,1625
	6	,05625	,02900	,691	-,0378	,1503

7	,06250	,02900	,539	-,0315	,1565
8	,00125	,02900	1,000	-,0928	,0953
9	,06000	,02900	,601	-,0340	,1540
10	,02531	,02900	,999	-,0687	,1193

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.