

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Grupo de Disciplinas de Ecologia da Hidrosfera



IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO
NO FABRICO DE *MIXES* DE CREMES DE PASTELEIRO

Por

Nídia Araújo Vieira

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
em Tecnologia e Segurança Alimentar – Qualidade Alimentar
pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e
Tecnologia

Orientador: Professor Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Co-Orientadora: Professora Doutora Ana Lúcia Leitão

Lisboa
2009

Dedicatória

Aos meus pais e ao meu irmão

Agradecimentos

Quando se termina um projecto desta natureza e se faz uma retrospectiva, surge a consciência de que, apesar do processo solitário a que qualquer aluno está destinado, tal não seria possível de executar, com sucesso, sem o apoio de várias pessoas. Este espaço é dedicado àqueles que de alguma maneira partilharam momentos da sua vida comigo e que tornaram possível, directa ou indirectamente, a realização desta Tese de Mestrado.

Especialmente ao Professor Doutor José Fernando Gomes Requeijo, meu orientador, agradeço o apoio, a partilha do saber, a paciência, a atenção, o carinho e as valiosas contribuições para o trabalho e para a vida. Pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela preciosa ajuda até aos últimos minutos, pela exigência de método e rigor, pela revisão crítica, pelos comentários, esclarecimentos, opiniões, sugestões e conselhos, pela acessibilidade e simpatia, pelo interesse, pela confiança que sempre me concedeu e pelo permanente estímulo que se tornaram decisivos em determinados momentos. Acima de tudo, obrigada por me acompanhar nesta jornada, por estimular o meu interesse pelo conhecimento e pela vida académica, pelo entusiasmo e amizade que sempre demonstrou.

Às professoras Ana Lúcia Leitão, minha co-orientadora, e Benilde Mendes, coordenadora do Mestrado, pela capacidade de motivar e apoiar todo este longo e preenchido percurso académico, pela confiança depositada e compreensão inestimáveis.

Sou muito grata aos meus pais e irmão pelo incentivo, pelo reconhecimento e pelo orgulho recebidos ao longo destes anos, pelos diversos sacrifícios suportados e pelo constante encorajamento. Vocês são o motivo de todos os meus passos... Obrigada pelo amor, alegria e atenção sem reservas.

À Catarina, à Laura, ao João Paulo, à Petra, à Rita, à Paulinha e à Susana agradeço o tempo, a dedicação, a disponibilidade, a colaboração, a amizade incondicional, a força para continuar, a presença e, principalmente, o sorriso que me dedicaram e dedicam. Todos vocês, cada um à sua maneira particular, orientam os meus passos e constituem o meu pequeno círculo de pessoas especiais e importantes. Aturaram o meu mau humor, as minhas indecisões, as minhas fases inconstantes, o meu desespero, as

minhas preocupações... Ao mesmo tempo que acompanharam as minhas loucuras, as noitadas de distração, as piadas, os passeios e todos aqueles pequenos momentos que fazem toda a diferença para alguém como eu. Conhecem-me e gostam de mim, tal e qual eu vos conheço e não sei viver sem vocês.

Não posso deixar de mencionar a Ana, a Paula e o Miguel, pelo apoio e disponibilidade constantes, pela preocupação, pelo carinho, bem como por tudo aquilo que me têm vindo a ensinar. Vejo a vida de outra maneira... Hoje em dia, sou uma pessoa diferente (para melhor), mais segura e madura e, em grande parte, devo-vos isso.

Ao Jordi Balaguer, actual Director de Qualidade da *Unifine F&Bi*, pela possibilidade de efectuar este estudo e pela informação cedida. Agradeço também por acreditar e apostar nas minhas capacidades, por todas as oportunidades e pelo reconhecimento, estimulando-me intelectualmente. À Alexandra Esteves e à Carla Vilar pela paciência e esclarecimentos, pela informação disponibilizada e pelo apoio.

Aos meus amigos, colegas e a todos os que me ajudaram, e que não poderei discriminar exaustivamente aqui, o meu profundo e sentido agradecimento.

*"O valor das coisas não está no tempo que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis,
coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis."*

Fernando Pessoa

Sumário

A produção de artigos de alta qualidade e produzir bem à primeira são consequência de um planeamento eficaz da qualidade, considerando a adequada concepção e desenvolvimento do produto/processo, a adequação dos meios de produção e o controlo das características relevantes do processo. Quando a produção é por lotes e quando existe uma grande diversidade de produtos fabricados no mesmo sistema produtivo, são colocados novos desafios e problemas no controlo e melhoria da qualidade dos produtos e processos.

O presente trabalho implementa o Controlo Estatístico do Processo (*SPC*) na linha de produção de *mixes* de cremes de pasteleiro (produtos semi-acabados), usando as técnicas estatísticas univariadas e multivariadas mais adequadas a estes processos de fabrico. O projecto baseou-se em dados de análises laboratoriais fornecidos pela empresa *Mundipam – Produtos Alimentares S.A.*, no sentido da melhoria dos produtos e dos processos de fabrico por lotes para as características da qualidade relevantes.

A qualidade e a segurança alimentar são dois conceitos a ter em conta em qualquer indústria alimentar. Assim, caracterizam-se os produtos sobre os quais incide o estudo, considerando aspectos possíveis de afectar a qualidade ou a segurança dos mesmos, reflectindo-se nas características avaliadas em laboratório.

O estudo univariado desenvolvido contempla a implementação do *SPC* na linha de produção referida, para os diversos produtos. Assim, implementou-se o *SPC* para cada produto (Fase 1), o que permitiu estimar os parâmetros do processo referentes a cinco características da qualidade (textura, pH e parâmetros colorimétricos L^* , a^* e b^*), bem como verificar a estabilidade e analisar a capacidade dos processos. Com base nos resultados obtidos na Fase 1, procedeu-se à implementação do *SPC* que consiste em monitorizar os diversos processos relativamente às características relevantes (Fase 2). As técnicas estatísticas implementadas são as cartas adimensionais Z e W , que têm a vantagem de contemplar todos os produtos num mesmo documento.

O controlo estatístico multivariado desenvolvido para o processo utiliza os mesmos dados do estudo univariado, possibilitando a comparação das duas abordagens. No *SPC* multivariado utilizam-se as cartas de controlo T^2 . Neste estudo multivariado controlam-se igualmente os processos tanto na Fase 1 como na Fase 2, à semelhança do estudo univariado. Analisou-se também o desempenho dos processos através de índices de capacidade multivariados.

Abstract

The manufacture of high quality articles and to produce well at first time are the result of an efficient planning of quality, considering the appropriate conception and development of the product/process, the adequacy of production means and the control of all relevant characteristics of the process. When there is a small batch production and a wide diversity of products manufactured at the same productive system, new challenges and problems emerge in the quality control and improvement of products and processes.

The present work implements the Statistical Process Control (*SPC*) on the production line of pastry dry mixes (semi-finished products), using the most appropriate univariate and multivariate statistical techniques to these manufacturing processes.

The project was based on laboratorial analyses data provided by the company Mundipam – *Produtos Alimentares S.A.*, in order to improve products and short-run production processes for the relevant characteristics of quality.

Food Quality and Safety are two concepts to take into account in any food industry. So, the products, on which the study was based, are characterize, considering possible aspects that might affect their quality and/or safety, reflected on characteristics evaluated at laboratory.

The developed univariate study includes the implementation of *SPC* in the production line above-mentioned, for the several products. Thus, the *SPC* was implemented for each product (*Phase 1*), which allowed the estimation the of the process parameters for five quality characteristics (texture, pH and colorimetric parameters L^* , a^* and b^*), as well as to check the stability and to analyse the processes capability. Based on the results obtained in the *Phase 1*, the *SPC* was implemented in order to monitor the several processes relatively to the relevant characteristics (*Phase 2*). The statistical technique implemented was the dimensionless control charts Z and W , which have the advantage of including all products in same document.

The multivariate statistical control developed for the process, uses the same data of the univariate study, making possible the comparison of two approaches. In the multivariate *SPC* were used control charts T^2 . In this multivariate study the processes were controlled so much in *Phase 1* as in *Phase 2*, like in univariate study. The performance of the processes was also analysed through multivariate process capacity indices.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A estatística, como ciência, tem vindo a ocupar um papel relevante para entidades colectivas. Essa influência faz-se sentir ao nível das ciências económicas, sociais, engenharia, de saúde, qualidade, entre outras. Actualmente as tomadas de decisão são suportadas, cada vez mais, por análises estatísticas, aplicando-se esta afirmação integralmente na gestão da qualidade, em particular no controlo e melhoria de produtos e processos.

Fabricar com qualidade, produzir bem à primeira e, igualmente, reduzir consideravelmente os chamados custos da qualidade são factores decisivos na estratégia das organizações numa sociedade cada vez mais competitiva. Para tal, é necessário um planeamento cuidado e eficaz da qualidade, tendo em conta as necessidades dos clientes, a concepção e desenvolvimento dos produtos e processos e a adequação dos meios de produção.

Entendem-se como produtos de alta qualidade aqueles que se adequam totalmente às necessidades do cliente. Essa adequação faz-se sentir através da estabilidade do processo e da aptidão que o produto revela face à especificação técnica, tendo em conta as características da qualidade consideradas relevantes.

A verificação da estabilidade e a da aptidão do processo só é possível realizar com recurso a métodos estatísticos. O Controlo Estatístico do Processo (*SPC*) é a abordagem mais adequada, possibilitando a avaliação preliminar de um processo, a estimação dos seus parâmetros, a monitorização do mesmo e o estudo da sua capacidade face à especificação técnica.

1.1. **Caracterização do Problema**

Assiste-se a uma era extremamente produtiva, justificada pela metamorfose das tecnologias, pela globalização da produção e com a aceitação de que se deve conviver com diferentes parâmetros de qualidade, onde o preço passou a ser vector determinante da produção de massa.

O conceito de qualidade foi-se tornando flexível e ao serviço dos interesses de cada um dos intervenientes da fileira alimentar: qualidade para o investigador (prevalece o primado da inovação e do triunfo tecnológico), para o fabricante (pretende assegurar a rentabilidade da empresa, portanto, qualidade é um produto que se vende), para o publicitário (qualidade é uma palavra portadora de uma mensagem de identificação), para o legislador e serviços de controlo (qualidade é sinónimo de respeito pelas normas, de garantia de não toxicidade do alimento), qualidade nutricional (cobertura de maior ou menor número das necessidades humanas), etc.

Ao aceitar-se esta elasticidade de conceitos de qualidade e ao viver-se sob a tirania do preço preparou-se o caminho para o produtivismo de alto risco, em que os fabricantes, sempre que possível, tentam ignorar (ou encurtar) as barreiras de controlo ou negligenciar a segurança elementar.

Com a definição de um quadro operativo para a alimentação segura e de qualidade, pode-se esperar:

- Maior transparência na cadeia alimentar, no seu conjunto, com sistemas de qualidade e segurança em regime de autocontrolo;
- Alimentação segura integrada na responsabilidade social das empresas;
- Generalização do HACCP ao nível da distribuição, combinado com a execução das boas práticas de higiene;
- Consumidores implicados na informação e na comunicação dos riscos, o que pressupõe uma permanente qualificação dos quadros e uma nova forma de actuar em concertação com todos os intervenientes da cadeia alimentar.

A qualidade pode ser vista à luz de várias perspectivas, interessando no presente trabalho fundamentalmente distinguir duas: a do cliente e a da empresa. A monitorização do processo ajuda a garantir Qualidade e a manter o nível de satisfação do cliente, com certeza de que as matérias-primas usadas e os produtos produzidos estão de acordo com os requisitos especificados.

Tal como muitas outras, a indústria alimentar está em pleno processo de globalização, com cadeias de distribuição cada vez maiores e mais complexas. Daí que se implemente um sistema o mais fiável possível para garantir a qualidade e a segurança ao longo de toda a cadeia alimentar. A importância de alcançar a liderança do mercado através de produções mais eficientes, é claramente reflectida na investigação, que se preocupa cada vez mais com a optimização do processo.

Os sistemas produtivos das organizações têm sofrido alterações profundas, directamente relacionadas com as crescentes exigências do mercado que levam as empresas a laborar segundo sistemas cada vez mais flexíveis. Essa flexibilidade faz-se notar ao nível da gestão de recursos humanos, materiais e operacional. De forma a satisfazer os seus clientes, que pretendem receber o número de unidades, ou quantidades, estritamente necessárias à sua produção, as organizações adaptam-se produzindo uma maior diversidade de produtos, mas cada vez em menor quantidade. Esta situação leva à produção de pequenas séries de fabrico, com a conseqüente dificuldade em gerir a qualidade de processos e produtos.

A gestão da qualidade prevê a eliminação ou a simplificação de processos que não adicionam valor ao produto. O fabrico por lotes e a diversidade de produtos fabricados no mesmo sistema produtivo levam a uma conseqüente dificuldade em gerir, controlar e melhorar a qualidade de processos e produtos.

As técnicas tradicionais do *SPC* são praticamente impossíveis de se aplicar a produções deste género, já que os desenvolvimentos teóricos do *SPC* tradicional pressupõem a existência de um número significativo de unidades produzidas do mesmo produto. Assim, estudam-se novas abordagens que permitem ser implementadas a sistemas produtivos caracterizados como "pequenas produções".

Após o estudo dos desenvolvimentos mais recentes nesta área, procedeu-se à implementação das técnicas estatísticas mais adequadas a uma empresa do sector alimentar, Mundipam, cuja produção por lotes pode ser considerada como de "pequena produção". Os dados disponíveis nesta empresa foram recolhidos como observações individuais.

1.2. Relevância do Tema

Qualidade Alimentar é um conceito abrangente que inclui todas as medidas e condições planeadas e implementadas sistematicamente, através de toda a cadeia alimentar, para cumprir todos os requisitos pretendidos pelo consumidor, respeitando a legislação.

Neste contexto, a Qualidade tem de estar necessariamente em todos os processos, incluindo os que se relacionam com o ambiente, a segurança e as condições de trabalho, o que contribui decisivamente para o aumento da produtividade e da competitividade das indústrias.

A exigência crescente dos clientes em receber o número exacto de unidades necessárias, e com a qualidade especificada, implica a adaptação dos sistemas produtivos dos fornecedores/fabricantes. Estes poderiam optar por duas soluções.

A primeira solução, produção para *stock*, enquadrada numa visão tradicionalista e estática, seria, para um período específico de tempo, estabelecer previsões das necessidades a produzir de cada um dos produtos que constituem a diversidade de produtos. As unidades produzidas antecipadamente permitiriam satisfazer os pedidos dos clientes no período considerado, que, por exemplo, pode ser o

ano. Existem três motivos que não aconselham tal procedimento: o primeiro tem a ver com os custos associados à armazenagem do produto acabado, o segundo com a volatilidade dos mercados (actualmente existem clientes, sendo questionável se tal acontece num futuro próximo) e a terceira com a possível obsolescência do produto fabricado (mudanças frequentes nas especificações dos produtos).

A segunda solução, enquadrada numa visão moderna, dinâmica e actual, consiste em produzir consoante as necessidades manifestadas pelos clientes, evitando-se assim os inconvenientes apresentados no parágrafo anterior. Essa adaptação dos sistemas produtivos das empresas conduz à produção em simultâneo ou quase em simultâneo de um número diversificado e significativo de produtos, em quantidades relativamente pequenas, tipicamente "pequenas produções". Esta é a situação actual do tecido industrial em todo o mundo, pelo que as organizações obrigatoriamente têm de proceder a tais ajustamentos dos seus sistemas produtivos. Aquelas que não o fizerem correm o risco de não sobreviver.

As considerações anteriores permitem afirmar, sem qualquer sombra de dúvida, que o controlo estatístico das "pequenas produções" é um tema relevante e actual.

1.3. Objectivos da Dissertação

O trabalho desenvolvido centra-se na implementação do controlo estatístico do processo aplicado à produção por lotes numa empresa do sector alimentar, incluída no conceito de "pequenas produções", compreendendo o estudo univariado e o estudo multivariado do processo.

Enumeram-se seguidamente os objectivos mais relevantes que se pretendem atingir com a presente dissertação:

1. Relacionar o conceito de Qualidade Alimentar com a gestão da produção de géneros alimentícios, com base num controlo estatístico das principais características da qualidade.
2. Proceder a uma revisão bibliográfica das técnicas aplicadas no *SPC* relativamente a:
 - Abordagem tradicional univariada;
 - Abordagem tradicional multivariada;
 - "Pequenas produções".
3. Aplicar técnicas recentes quer ao controlo estatístico tradicional do processo, quer ao de "pequenas produções".
4. Definir e implementar uma metodologia específica de aplicação do *SPC* na empresa identificada como pertencendo às "pequenas produções".
5. Identificar possíveis trabalhos futuros neste domínio.

1.4. Plano Global da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em oito capítulos, que se passam a descrever.

O Capítulo 1 que agora termina, designado como *Introdução*, faz o enquadramento da temática abordada, o controlo estatístico das “pequenas produções”. Caracteriza-se o problema que se pretende abordar, evidencia-se a relevância do seu estudo, definem-se os objectivos da dissertação e apresenta-se a estruturação da mesma.

No Capítulo 2, designado como *Caracterização da Empresa*, é apresentada a empresa na qual incide o estudo, *Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.*, indicando-se sumariamente a sua estrutura organizativa, actividade, produtos fabricados e processos, organização do sistema da qualidade, situação do controlo e melhoria da qualidade e os meios operacionais existentes.

O Capítulo 3, denominado *Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo*, apresenta as técnicas tradicionais do *SPC*. Referem-se as cartas de controlo de *Shewhart* de variáveis e apresentam-se regras para detectar padrões não aleatórios como forma de aumentar a sensibilidade das cartas tradicionais. Indicam-se também as condições que necessariamente se devem verificar para a aplicação do *SPC* tradicional, independência e Normalidade dos dados, assim como as técnicas que possibilitam a sua verificação. Apresenta-se ainda o estudo da capacidade do processo.

No Capítulo 4, designado *Novas Abordagens do Controlo Estatístico do Processo*, descreve-se a temática referente ao controlo das chamadas “pequenas produções”, realçando-se as cartas *Z/W*, assim como as condições da sua aplicabilidade. Aborda-se o estudo multivariado, para o controlo do vector média do processo. Apresentam-se, também, diversos métodos para a interpretação das cartas multivariadas com especial incidência no método da *Estatística d*, o estudo multivariado da capacidade do processo e aplicação de regras para identificar padrões não aleatórios das cartas multivariadas.

No Capítulo 5, denominado *Qualidade e Segurança Alimentar*, é estabelecida uma relação estrita entre a área alimentar, a empresa em estudo e o controlo estatístico do processo. São apresentados conceitos teóricos sobre a temática aplicável a uma indústria alimentar, caracterizados os métodos de gestão e controlo da qualidade e da segurança alimentar e o tipo de produtos, sobre os quais irá incidir o estudo, e as suas características principais.

O Capítulo 6, denominado *Metodologia*, apresenta a metodologia para a implementação do *SPC* para a situação do sistema produtivo em causa, como o controlo tradicional (univariado e multivariado) e o controlo das “pequenas produções”. Esta metodologia baseia-se nos desenvolvimentos apresentados nos Capítulos 3 e 4.

O Capítulo 7, denominado *Parte Experimental*, contempla a parte experimental do trabalho realizado, tendo por base a definição da metodologia específica da empresa aplicável no controlo do processo.

O Capítulo 8, designado como *Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros*, apresenta as conclusões finais do trabalho realizado no âmbito desta dissertação e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros nesta área de investigação.

Capítulo 2

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2.1. Introdução

A metodologia referida no Capítulo 6 é a ferramenta de suporte à implementação do controlo estatístico do processo produtivo de *mixes* (produtos semi-completos em pó) para cremes de pastelaria de uma empresa do sector alimentar (panificação e pastelaria). Neste capítulo, apresenta-se a empresa em questão.

2.2. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.

2.2.1. Apresentação

A empresa onde se desenvolveu o presente trabalho é a “Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.”, empresa do sector alimentar, com sede social e fábrica em Quinta do Anjo – Palmela.

A Mundipam foi fundada em 1989 por três sócios que trabalhavam em outras empresas do mesmo tipo de indústria. As primeiras instalações situavam-se em Oeiras. Em 1992 a Mundipam associou-se à ICOPA, uma empresa distribuidora. No mesmo ano, a fábrica passou para Corroios. A localização actual (Palmela) começou a ser construída em 1999. Actualmente, estas instalações são o armazém de matérias-primas e material de embalagem. A construção demorou 1 ano e a fábrica iniciou o seu funcionamento no fim de 1999.



Figura 2.1 – Instalações da Mundipam, situada na Quinta do Anjo (Palmela).

Em Junho de 2006 a Mundipam foi adquirida pela multinacional holandesa *Royal Cosun*, constituindo a nova unidade produtora do grupo *Unifine Food & Bake Ingredients Iberia*. Este grupo é formado actualmente pela Mundipam e pela empresa *Unifine Food & Bake Ingredients España, S.A.*, localizada em Barcelona, que se dedica exclusivamente à comercialização de ingredientes para a indústria alimentar, mais concretamente produtos para pastelaria e panificação.

No final do ano de 2006 foi feita a primeira transferência: as produções para a *Unifine Debic* começaram a ser feitas em Palmela. A nova fábrica, tal qual como se apresenta actualmente, foi construída durante 2007 e no fim do mesmo ano toda a produção foi transferida. O ano de 2008 foi, portanto, o primeiro ano completo de produção na nova fábrica.

Hoje em dia, a Mundipam é uma fábrica com cerca de 15000 m² dividida em duas áreas de produção distintas: uma para a mistura de ingredientes em pó e outra para a produção de produtos líquidos. Na área de ingredientes em pó existem duas linhas de produção para mistura de ingredientes à base de farinha e uma linha de produção para mistura de ingredientes à base de açúcar. Numa das linhas de produção para a mistura de ingredientes à base de farinha, é possível injectar lecitina ou gordura e aquecer ou arrefecer a mistura, se necessário.



Figura 2.2 – Planta das instalações da Mundipam.

A *Unifine Food & Bake Ingredients* é líder europeia e a terceira maior no Mundo no mercado em que actua e está representada em Portugal, Espanha, França, Bélgica, Holanda, Alemanha, Inglaterra, Hungria e Rússia, empregando 700 colaboradores e facturando cerca de 155 M€/ano.

A empresa multinacional, na sua totalidade, dedica-se ao fabrico de ingredientes para a indústria alimentar, sempre com o propósito de satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes e outras partes interessadas. Concretamente, o Grupo produz açúcar, frutose, inulina, ingredientes para pastelaria e panificação, *food service & snacks*, preparados de frutas e vegetais, intensificadores de sabor naturais (aromas), produtos semi-completos e completos (*mixes*) para pastelaria e panificação, recheios, cremes, brilhos e gelatinas de frutos, chocolate, decoração, *toppings* (molhos doces) e ingredientes para gelados.

2.2.2. Estrutura Organizativa

A estrutura organizativa da Mundipam – Produtos Alimentares, S.A. é composta por um director geral, três áreas (comercial, tecnológica e administrativa), cinco divisões (planeamento e produção, marketing e vendas, finanças e recursos humanos, qualidade, investigação e desenvolvimento) e

vários departamentos, como se indica na Figura 2.3. A estrutura organizativa é apresentada, de uma forma mais detalhada, pelo organigrama da empresa, que consta do Anexo I (I.1). Globalmente a empresa conta com cerca de 55 colaboradores.

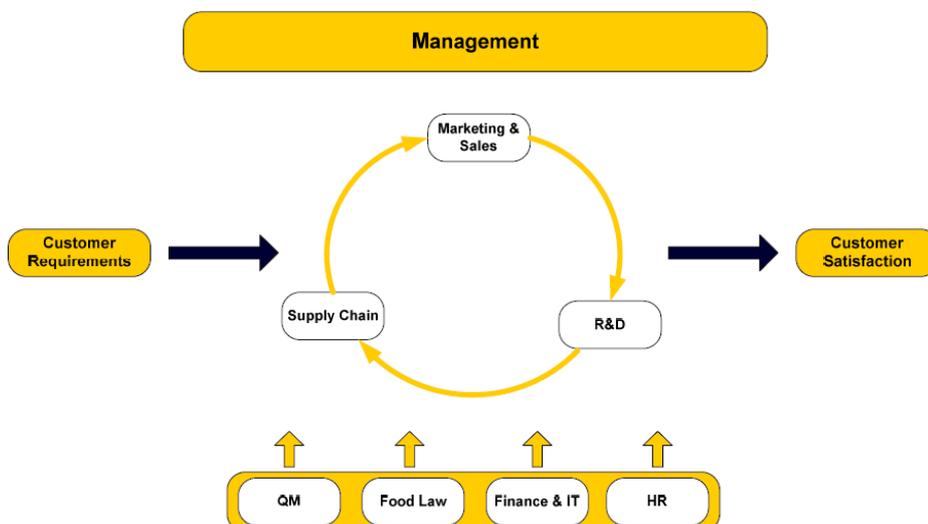


Figura 2.3 – Estrutura organizativa da Mundipam.

2.2.3. Actividade

A empresa tem como actividade principal o desenvolvimento, fabrico, comercialização e distribuição de ingredientes para a indústria alimentar, especificamente padaria e pastelaria. É certificada de acordo com ISO 9001:2000 e encontra-se actualmente em processo de certificação pela norma BRC.

2.2.3.1. Produtos

Os produtos fabricados e comercializados pela empresa (melhorantes e *mixes* em pó de panificação e pastelaria, cremes, brilhos, gelatinas, etc.) são de uma grande variedade, com características e exigências técnicas muito diversas. As quantidades produzidas dependem do produto, havendo a registar fabricos sistemáticos e fabricos que apenas se realizam algumas vezes por ano; muitos produtos são fabricados menos de dez vezes por ano e alguns, não poucos, uma ou duas vezes, apenas. O volume de produção em 2008 atingiu as 10000 toneladas.

2.2.3.2. Pesquisa, Concepção e Desenvolvimento

Nos últimos anos, a indústria alimentar tem passado por profundas alterações que tendem a acentuar-se cada vez mais, provocadas essencialmente por dois factores. O primeiro está relacionado com as exigências de mercado e com os níveis de segurança e qualidade alimentar pretendidos (ex.: eliminação de matérias-primas nocivas à saúde, alergénos, etc.). O segundo respeita ao aparecimento de novos materiais e de novos processos tecnológicos.

Suportada por muitos anos de experiência na produção e comercialização de produtos alimentares, a Royal Cosun possui um imenso capital tecnológico apoiado por um vasto corpo de técnicos e por laboratórios que se dedicam ao desenvolvimento de novos produtos e à assistência especializada.

Está descrita uma sistemática para o desenho/desenvolvimento dos produtos e encontram-se estabelecidas as especificações técnicas dos vários produtos que permitem satisfazer as necessidades dos clientes e cumprir com os requisitos legais que se aplicam ao produto.

2.2.3.3. Produção

A produção é caracterizada pelo fabrico em lotes, sendo a dimensão destes dependente do produto em fabrico. A produção é realizada tendo em conta tanto encomendas firmes como para *stock*. É preocupação da empresa adoptar, tanto quanto possível, uma estratégia de produção próxima do *Just-in-Time*, de forma a baixar os custos com existências de matérias-primas e produtos acabados.

A formulação inicial de um produto é desenvolvida e ensaiada pela área de Desenvolvimento e Investigação e testada nos consumidores pelo *Marketing*. A fabricação só é iniciada após validação da formulação, por meio de uma produção teste.

As matérias-primas são transportados do armazém, por intermédio de meios humanos e de equipamentos, ou de grandes silos (no caso específico de farinhas, açúcares, carbonatos e glucose) e depósitos (no caso da água descalcificada), quase sempre por processos automáticos e computadorizados, para as unidades de produção.

2.2.3.4. Processo Produtivo

O fabrico de cada produto é realizado tendo em conta determinado procedimento, no qual são definidos os tempos, velocidades e outros factores do processo. Os procedimentos têm por base uma formulação minuciosamente detalhada no que respeita a quantidades e a matérias-primas que devem ser adicionadas ao longo do processo. No Anexo I (I.2) apresenta-se o tipo de documento que

acompanha a produção de cada lote, designado por *Relatório de Produção*. O processo produtivo destes produtos inclui várias fases de fabrico e pode ser resumido através do diagrama do Anexo I (I.3). As fases do processo são as seguintes:

Recepção de matérias-primas

São retiradas amostras de cada lote recepcionado de matérias-primas (acondicionadas em paletes) e, após aprovação por parte do Controlo de Qualidade, estas são armazenadas em estruturas metálicas, adequadas ao efeito. Existe uma área refrigerada para produtos mais sensíveis que têm de ser armazenados abaixo dos 15 °C.

Todas as matérias-primas e embalagens são protegidas para prevenir contaminações, armazenadas de acordo com as especificações dos fornecedores e segundo o princípio FEFO (*First-Expiring, First-Out*), ou seja, os com a data de validade mais próxima são os primeiros a sair.

Preparação do material de embalagem e respectiva rotulagem

Nesta fase são preparados os materiais de embalagem primária para a fábrica. O tipo de saco é identificado na Ordem de Produção, referindo lote para garantia da rastreabilidade. O lote e a validade do produto são colocados no rótulo colado à embalagem. Os recipientes de amostras para o Controlo de Qualidade são preparados juntamente com o material de embalagem.

Pesagens

Nesta fase são preparadas as matérias-primas de acordo com a Ordem de Produção. Cada palete ou grupo de paletes que seja pertença de uma carga tem de estar associada e identificada. O talão das pesagens é anexado à ordem de produção como evidência do trabalho realizado. As pesagens são realizadas em balanças devidamente calibradas.

Produção

Nesta fase os materiais de embalagem e matérias-primas pesadas nas fases anteriores são transformados em produto final. O processo de produção está fixado no computador da produção (*PLC*), tendo o processo que seguir alguns passos pré-definidos. A sequência de produtos é estabelecida previamente também e deverá ser a mesma do plano. As operações de limpeza encontram-se assinaladas no plano.

O processo é acompanhado pela elaboração de vários registos que o documentam, sendo simultaneamente elementos de comunicação e registo de acções de auto-controlo. Os registos acompanham a ordem de produção, sendo encaminhados para o planeamento e daí para os departamentos respectivos. O método para a produção está bem definido e é extremamente controlado.



Figura 2.4 – Área de produção de produtos em pó e área de produção de produtos líquidos.

Aprovação

A recepção de todos os lotes de matérias-primas implica a recolha de amostras, assim como ao longo do processo de fabrico, pelo menos uma amostra de cada sub-lote, para o Controlo de Qualidade. O plano de amostragem, plano de controlo e os métodos de análise, frequência e valores de aceitação e recusa das matérias-primas e do produto final estão a cargo do responsável de laboratório.

No laboratório realizam-se as análises das amostras e do processo segundo o plano de controlo, de acordo com os métodos estabelecidos e utilizando equipamentos calibrados. Os respectivos analistas notam com exactidão os resultados nas bases de dados. Para a decisão de conformidade ou não do produto analisado, comparam-se os resultados analíticos com as especificações definidas. Em caso de produto não-conforme procede-se a uma reclamação interna que especifica as medidas a tomar (eliminação do produto, devolução, recuperação, etc.).

Embalamento

O produto é embalado à medida que é produzido, manual ou automaticamente, com ajuste das quantidades correctas. Os sacos são cozidos, passam por um detector de metais e são paletizados, ficando prontos para seguir para o armazém de produtos acabados.

2.2.3.5. Armazenagem e Distribuição

O Armazém de Produtos Acabados, com 2240 m² de área coberta, excelentes condições de segurança e protecção contra incêndio, está preparado para armazenar toneladas de produto. É deste armazém que os produtos são distribuídos para clientes, outra empresa dentro do grupo, distribuidores e revendedores. A Mundipam estima que os seus produtos sejam vendidos em mais de centenas de locais de venda espalhados por toda a Europa.



Figura 2.5 – Cais e Armazém de produto acabado da Mundipam.

2.2.3.6. Comercialização

A empresa, para além dos produtos concebidos, fabricados e distribuídos por si, comercializa produtos licenciados e produtos importados para o sector alimentar nacional e internacional, sendo industriais a grande maioria dos seus clientes.

2.2.3.7. Meios Operacionais

A instalação da Mundipam é constituída por sete zonas principais: uma área administrativa, duas áreas de armazém (matérias-primas e produto acabado), duas áreas de produção (produtos sólidos e líquidos) e uma área de serviço.

Armazenagem de matérias-primas e materiais de embalagem

Nesta área é realizada a recepção, armazenagem e preparação das matérias-primas e dos materiais de embalagem para entrarem em produção. A área total é dividida em três zonas: recepção, câmara fria e área de armazenagem.

Área de mistura de ingredientes sólidos

A área de mistura de ingredientes sólidos é composta por três linhas de produção utilizadas de acordo com a natureza dos produtos. A instalação é apoiada por um moinho que tritura o açúcar granulado de modo a conseguir-se açúcar em pó, armazenado num depósito e que é alimentado às linhas de acordo com as fórmulas de produção.

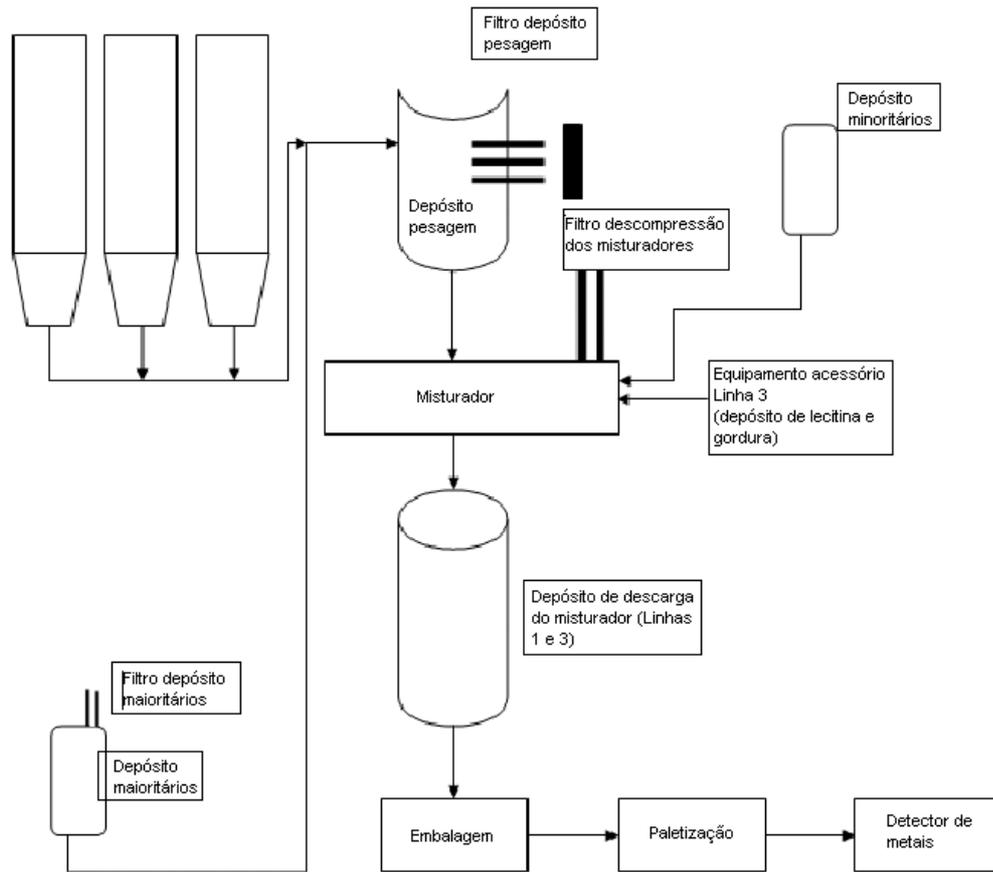


Figura 2.6 – Esquema das instalações para a produção de produtos em pó.

As linhas são alimentadas a partir dos silos e de depósitos manuais, existindo em cada linha um depósito para ingredientes majoritários e outro para ingredientes minoritários. Ambos os depósitos estão protegidos por uma rede que impede a entrada na linha de materiais contaminantes (papel, plástico, etc.) e a aproximação das mãos a elementos móveis. Os ingredientes são reunidos no depósito respectivo após a pesagem e são alimentados ao misturador. A descarga dos misturadores pode ser efectuada a um depósito e só depois seguir para a embaladora ou ser efectuada directamente a esta. Em qualquer um dos casos, o produto é peneirado e a isenção de partículas metálicas é verificada.

A linha 3 é alimentada com vapor destinado ao aquecimento do misturador e de alguns equipamentos anexos (depósito de gorduras) e com azoto líquido destinado a arrefecer o misturador em determinados processos de produção.

A área de produção é de 750 m² tendo como anexos uma área com cerca de 20 m² destinada ao controlo das operações, onde está alojado o *PLC* que controla os equipamentos, uma área com aproximadamente a mesma dimensão destinada à equipa de manutenção e uma área de serviço com 37 m² onde se encontram as bombas de vácuo e o moinho de açúcar.

Estima-se uma produção de 10000 ton que gerarão cerca de 120 ton de resíduos, divididos em 1000 kg de papel e 119 ton de resíduos orgânicos diversos.

Área de produção de cremes de pasteleiro tradicionais ou de chocolate prontos a usar, gelatinas e açúcar invertido

Esta área tem como equipamentos principais três reactores nos quais as misturas de amidos, pectinas, glucose, açúcar, corantes e aromas são preparadas, aquecidas e depois conduzidas para o embalamento.

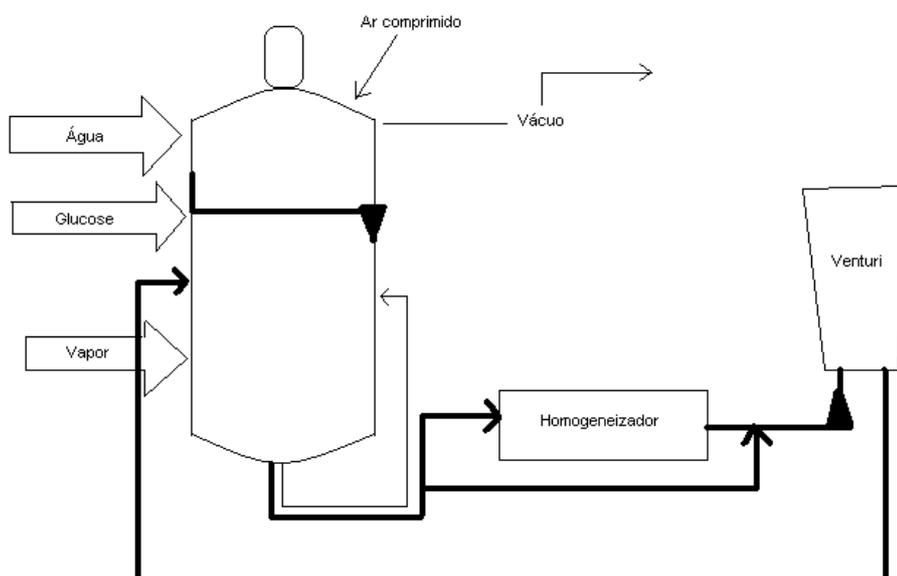


Figura 2.7 – Esquema das instalações para a produção de produtos líquidos.

Os ingredientes sólidos são introduzidos manualmente, enquanto que a glucose e a água são adicionadas automaticamente. No final do tempo de cozedura os produtos podem ser embalados manualmente ou conduzidos para a embaladora. É verificada a isenção de partículas metálicas no produto final, por meio de um detector de metais. As tubagens das linhas de produção bem como as entradas para os reactores são munidas de filtros de 1 mm. O peneiro de segurança é a principal garantia que o produto não se encontra contaminado com objectos estranhos (papel, plástico, etc.) e que a mistura se encontra homogénea e sem grumos ou outro tipo de aglomerações.

Nesta área é utilizado vapor para aquecimento dos reactores e a restante energia é eléctrica. Estima-se uma produção de 2500 ton que gerarão cerca de 125 ton de resíduos orgânicos, resultantes da perda de produto por lavagens e mudanças de produção.

Área de serviços

A área de serviços é composta por equipamentos de:

- Armazenagem de ingredientes (dois silos para farinha com capacidade de cerca de 100 ton, um silo para carbonato com cerca de 60 ton e dois silos de açúcar com capacidade para 70 ton);
- Armazenagem de azoto (utilizado como fluido refrigerante) em depósito de 25 ton;
- Tratamento de água (descalcificação) com capacidade de 400 l/hr;
- Produção de frio, destinado a arrefecer água que é utilizada em permutador de placas tubulares com agitação existente na área de produção (124 kW ligado a um tanque de 10000 l de capacidade);
- Caldeira para geração de vapor, trabalhando a uma pressão e 0.8 bar e a 170 °C, aproximadamente;
- Depósito de gás, enterrado no final do terreno;
- Quatro bombas de vácuo destinadas ao transporte pneumático;
- Equipamento de produção de ar comprimido, composto por dois compressores (o ar produzido é arrefecido para remoção da água e filtrado para retirar partículas de óleo ou outras que possam escapar das máquinas de produção);
- Depósito de glucose com cerca de 25 ton.



Figura 2.8 – Área de serviço.

Armazenagem de produto acabado

O armazém está subdividido em áreas distintas com funções de:

- Armazenagem com capacidade para cerca de 3000 paletes armazenadas em estruturas metálicas com 5 níveis numa área de 2240 m²;
- Área destinada ao *picking* e consolidação de cargas com cerca de 600 m²;

- Área refrigerada para armazenagem e *picking* de produto acabado com cerca de 60 m²;
- Escritório de apoio logístico com cerca de 40 m².

A área dispõe ainda de dois cais de cargas/descargas e um portão para acesso de transportes de menor dimensão.

Área administrativa

Compreende as áreas de balneários, bar, refeitório com equipamentos de apoio, escritórios e laboratórios.

O acesso às áreas produtivas apresenta um ponto comum, sendo a partir desse ponto os acessos segregados.

Os dois laboratórios que existem na empresa estão devidamente equipados e estruturados de apoio ao departamento de Investigação e Desenvolvimento e ao departamento de Controlo da Qualidade.

Os equipamentos de medição das várias características em estudo encontram-se correctamente calibrados. O departamento de Controlo da Qualidade elabora anualmente um plano de verificação e calibração dos equipamentos dos laboratórios da empresa. Estes equipamentos encontram-se em condições de serem utilizados na medição das características seleccionadas para este trabalho de investigação.

Encontra-se estabelecida uma sistemática para análise e controlo de todas as matérias-primas e produtos finais da Mundipam, efectuada por parte do Controlo da Qualidade.



Figura 2.9 – Laboratório de Controlo da Qualidade.

2.2.4. Qualidade

2.2.4.1. Sistema da Qualidade

A implementação de Sistemas de Gestão de Segurança e Qualidade Alimentar são condições essenciais numa empresa de produtos alimentares. São usados como meios de otimizar a eficiência da empresa, melhorar a sua competitividade e posição no mercado e encontram-se desenvolvidos, documentados e aplicados, estando em constante melhoria.

Deste modo, na unidade de produção da *Unifine Food&Bake Ingredients* situada na Quinta do Anjo em Portugal, está implementado um sistema de gestão de qualidade em conformidade com a Norma ISO 9001:2000 (certificação *multi-site* obtida a 22 de Agosto de 2008 pelo organismo de certificação *Société Générale de Surveillance, S.A. – SGS-ICS*), com a Análise dos Perigos e Pontos de Controlo Críticos (HACCP), de acordo com o Regulamento (CE) nº 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Abril de 2004, relativo à higiene dos produtos alimentícios e com outros requisitos legais aplicáveis. Recentemente, a empresa obteve certificação pela Norma BRC – *Global Standard for Food Safety*.

A Mundipam está empenhada em fornecer aos seus clientes produtos da melhor qualidade, cumprindo todos os requisitos de segurança alimentar. Todos os produtos e serviços são elaborados para irem de encontro às necessidades e expectativas do cliente.

A empresa dispõe de um sistema de controlo da rastreabilidade conferido pelo *software* SAP que permite conhecer a origem e o destino das matérias-primas, materiais de embalagem e produtos fabricados e comercializados, tal como exige a legislação em vigor. O sistema é verificado regularmente pelo Departamento de Gestão da Qualidade.

A protecção da saúde humana merece extremo cuidado. Os operadores do sector, bem como a administração da Mundipam, são os responsáveis pelas condições de higiene e respectivas premissas alimentares, não permitindo que produtos alimentares prejudiciais à saúde possam entrar no mercado.

Os objectivos em relação à qualidade e segurança alimentar estão direccionados para:

- Orientação e satisfação dos clientes;
- Melhoria contínua da eficácia dos processos, tendo em conta a interacção do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) – Figura 2.10;
- Conformidade com todas as leis e regulamentos aplicáveis;
- Avaliação e redução de riscos potenciais à segurança alimentar e para a aplicação de medidas de controlo de risco para a totalidade dos ingredientes e aditivos para produtos de alimentação desenvolvidos, fabricados, embalados e comercializados;

- Cumprimento das normas de higiene;
- Garantia da saúde e da segurança dos funcionários;
- Formação e motivação dos colaboradores;
- Colaboração com os clientes e fornecedores, dando origem a produtos de alta qualidade.

As equipas encontram-se eficazmente treinadas para cuidar da segurança e qualidade dos produtos. A segurança e questões ambientais são permanentemente equacionadas.

O desempenho em relação à qualidade, segurança, saúde e às questões ambientais é controlado, registado e avaliado, a fim de evitar ou reduzir a não-conformidade ou potenciais riscos de não-conformidade, bem como promover possíveis melhorias.

São estabelecidos, anualmente, objectivos gerais e específicos, bem como programas destinados a eliminar esses riscos ou a reduzi-los a um nível aceitável, bem como implementar uma melhoria contínua da eficácia da organização. Essas metas e programas são avaliados na revisão anual da gestão local.

A empresa tem definidas políticas de saúde e segurança, ambiental e de ética comercial.

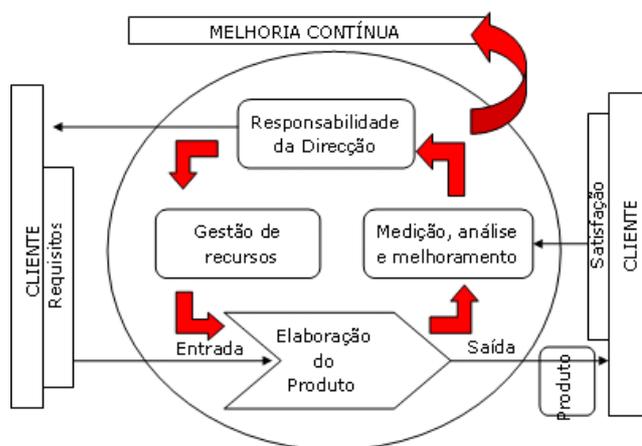


Figura 2.10 – Gestão do Sistema de Segurança e Qualidade Alimentar.

2.2.4.2. Controlo e Melhoria da Qualidade

A obtenção e disponibilidade da informação/dados necessários para a avaliação do Sistema é assegurada mediante:

- Auditorias internas e externas para zelar pela implementação, manutenção e cumprimento das directrizes definidas pelo Sistema e pelas normas de referência;
- Avaliação da satisfação do cliente;

- Avaliação contínua dos fornecedores;
- Não-conformidades reais e potenciais identificadas e solucionadas, bem como o rastreamento das acções correctivas e preventivas estabelecidas para eliminar as causas que as provocaram ou evitar o reaparecimento destas;
- Medição e seguimento dos processos mediante indicadores definidos pelo sistema;
- Medição e seguimento do produto mediante as não-conformidades detectadas durante o controlo do processo, o controlo de qualidade e as reclamações dos clientes;
- Medição e seguimento dos objectivos e metas, bem como dos requisitos legais e dos aspectos relacionados com a Higiene e Segurança Alimentar.

Através dos dados recolhidos para a avaliação, a Mundipam analisa a adequação e eficácia do seu Sistema de Gestão e a avaliação de possíveis oportunidades de melhoria face às diversas ferramentas e recursos de que dispõe, como reuniões dos vários departamentos, reuniões do *Comité* de Qualidade ou a Revisão do Sistema pela Direcção.

Na Revisão do Sistema pela Direcção pretende-se estabelecer qual a direcção a seguir para assegurar a eficácia e adequação do Sistema implementado. Esta revisão realiza-se sempre que a Direcção considere oportuno ou, no mínimo, uma vez ao ano.

2.3. Âmbito do Trabalho

Na Mundipam, cuja produção é caracterizada por fabrico em lotes, os desafios que se colocam têm a ver com o número elevado de produtos em fabrico e com a frequência de produção de cada produto. O número de lotes fabricados de quase todos os produtos seleccionados é suficientemente grande para poder considerar-se existirem dados suficientes a serem estudados.

Todos os produtos fabricados pela Mundipam ajustam-se ao sistema de produção por lotes que se descreve:

- Lote é a quantidade de produto que corresponde a uma ordem de fabricação. Identifica-se por um número de 7 elementos criado pelo *software* SAP. É um número consecutivo, não codificado.
- Sub-lote indica a sequência de fabricação. Um lote pode ser constituído por um único sub-lote ou por mais de um sub-lote. Neste último caso, cada sub-lote identifica-se com um número consecutivo (1, 2, 3...). Sem ser imprescindível, o número de sub-lote facilita a investigação interna e acelera a resolução de reclamações.

A principal actividade do trabalho realizado na empresa consistiu na recolha de dados e de informações diversas para a implementação do controlo estatístico, seguindo a metodologia mais

adequada. Tendo em conta os produtos e características seleccionados, definiram-se as técnicas estatísticas consideradas mais convenientes às situações existentes no sistema produtivo da empresa.

Capítulo 3

ABORDAGEM TRADICIONAL DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO

3.1. Introdução

Este capítulo visa discutir as bases do Controlo Estatístico do Processo (*SPC*), apresentar definições de conceitos necessários à sua abordagem e da metodologia geral de implementação, assim como enquadrar esta temática no desenvolvimento e evolução do próprio conceito de qualidade. Iniciar-se-á pela definição do conceito de "qualidade", passando por uma descrição breve do desenvolvimento do Controlo da Qualidade a caminho da Qualidade Total, abordando conceitos como variação, causas comuns e causas especiais.

O *SPC* permite monitorizar o comportamento do processo através de cartas de controlo estatístico, reduzir a variabilidade e determinar, a partir de estimativas dos parâmetros do processo, se este é capaz de produzir de acordo com especificações pré-definidas.

As cartas de controlo clássicas, habitualmente designadas por cartas de controlo de Shewhart, serão apresentadas como a base fundamental do *SPC*.

A utilização destas cartas de controlo pressupõe que a distribuição dos valores da variável em estudo seja aproximadamente Normal, para evitar análises incorrectas, com a consequente perda de recursos.

Por fim, é apresentado o estudo da capacidade do processo, que permite comparar a variabilidade inerente ao processo com especificações previamente definidas, expondo métodos que possibilitam a sua quantificação.

3.2. Conceito de Qualidade

O Controlo Estatístico do Processo não é apenas estatística ou controlo, é competitividade. As organizações, independentemente da sua natureza, competem em três áreas: qualidade, entrega e preço. A qualidade dos produtos e serviços é, cada vez mais, a chave para o sucesso. Havendo qualidade, a entrega e o preço são competitivos também.

A palavra "Qualidade" é muitas vezes usada para expressar 'excelência' de um produto ou serviço. Em algumas indústrias produtivas a qualidade pode ser usada para indicar que um produto corresponde a certas características físicas fixadas por uma determinada especificação. Mas para gerir qualidade, deve definir-se uma maneira que reconheça os verdadeiros requisitos do cliente.

Qualidade pode-se definir simplesmente como 'alcance dos requisitos do cliente', mas tem sido expressa de muitas maneiras por vários autores.

Em 1979, Crosby definiu Qualidade como significando *conformidade com a especificação técnica do produto*.

Feigenbaum, em 1981, definiu Qualidade como "*o conjunto total de características de um produto, em termos de marketing, engenharia, produção e manutenção, através das quais o produto será capaz de satisfazer as expectativas dos clientes*".

No ano de 1988 Juran e Gryn definiram Qualidade como "*aptidão para o uso*". De todas as definições de qualidade, esta será certamente a mais curta, embora contenha em si uma inegável força, aplicando-se indistintamente a produtos e a serviços. Esta definição abarca aspectos tão importantes como a qualidade na concepção, na conformidade e na disponibilidade.

As definições de Qualidade apresentadas anteriormente envolvem, umas mais que outras, a identificação de características da qualidade, através das quais poderá avaliar-se a conformidade de um determinado requisito face ao especificado. No caso particular de produtos industriais, as características da qualidade consideradas relevantes são avaliadas através de medições a efectuar geralmente sobre uma "*Saída*".

Segundo a Norma NP EN ISO 9000:2000, Processo é descrito como "*um conjunto de actividades interrelacionadas e interactuantes que transformam entradas em saídas*".

3. Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo

Um processo é a transformação de uma série de "*Entradas*", que podem incluir materiais, acções, métodos e operações, em "*Saídas*" desejáveis, na forma de produtos, informação, serviços ou resultados. Cada processo pode ser analisado por uma análise das *Entradas* e das *Saídas*, determinando a acção necessária para a melhoria da qualidade – Montgomery (2001).

A *Saída* de um processo é o que é transferido para algum lado ou para alguém – o cliente. Claramente, para produzir uma *Saída* que vá de encontro com os requisitos do cliente, é necessário definir, monitorizar e controlar as *Entradas* no processo, que, por sua vez, podem ter sido fornecidas como *Saídas* de um processo anterior. Em cada interface fornecedor-cliente reside um processo de transformação e cada tarefa numa organização deve ser vista como um processo.

Para monitorizar e analisar qualquer processo é necessário definir as *Entradas*, as *Variáveis Controláveis*, as *Variáveis não Controláveis*, as características da qualidade relevantes e as *Saídas*.

As *Variáveis Controláveis* são os factores do processo, que poderão ser alterados tendo em conta os resultados obtidos. A optimização destes factores, sem intervenção da gestão de topo, no sentido de uma melhoria do produto e processo, deve ser um objectivo permanente das organizações. Técnicas muito eficazes para atingir este desiderato são o Planeamento de Experiências e os Métodos de Taguchi.

Variáveis não Controláveis são, como o próprio nome indica, os factores que não se conseguem controlar, como por exemplo a qualidade das matérias-primas de um mesmo fornecedor, a temperatura e humidade ambientais. O comportamento do processo tem de ter presente a existência destes factores, pelo que a sua influência sobre a *Saída* não deverá acrescentar uma variabilidade adicional incontrolável.

A *Medição, Avaliação, Controlo e Monitorização* fazem-se preferencialmente sobre características da qualidade da *Saída*, embora também haja casos em que são substituídas por variáveis controláveis e relevantes do processo. Métodos e técnicas relativas à *Medição, Avaliação, Controlo e Monitorização* são desenvolvidos ao longo da presente dissertação.

Retomando o conceito de Qualidade, apresentam-se seguidamente duas outras definições, que podem ser consideradas como pertencendo a uma nova forma mais abrangente e actual de abordar este conceito.

Montgomery (2001) afirma que "*Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade*". Este conceito aponta para a melhoria contínua da qualidade, que passa pela permanente atenção das organizações no sentido de reduzir a variabilidade dos processos e produtos. Esta perspectiva moderna do conceito de qualidade, quando implementado, permite às organizações melhorias não só dos processos e dos produtos, mas também do seu próprio funcionamento, já que implica obrigatoriamente o empenho dos diferentes intervenientes, desde a produção à gestão.

Taguchi (1986) define Qualidade como "... a perda que um produto causa à sociedade a partir do seu fornecimento". Qualquer desvio do valor médio da característica da qualidade face ao seu valor nominal vai gerar uma perda monetária, que obrigatoriamente terá de ser suportada pela sociedade,

i.e. pelo produtor ou pelo consumidor. Taguchi apresenta, como a melhor solução para minimizar o valor desta perda, o desenvolvimento de processos e produtos convergentes com o valor nominal e que apresentem a menor variabilidade.

Estas duas últimas definições do conceito de Qualidade privilegiam não só a avaliação da característica da qualidade mas também da sua variabilidade, que se pretende a menor possível. Esta perspectiva é a que se afigura mais abrangente e de uma importância crescente neste século, já que as organizações são cada vez mais confrontadas com exigências adicionais dos clientes. Esta perspectiva de Qualidade aumenta a excelência dos produtos e respectivos processos, conduzindo à satisfação plena, senão adicional, dos clientes.

3.3. Evolução do Controlo e melhoria da Qualidade

Tem sido preocupação do homem ao longo de toda a sua existência produzir artigos de qualidade, ou seja, cujas características relevantes se adequem à sua utilização.

Actualmente os sistemas produtivos são complexos, intervindo na realização de um determinado produto, desde a concepção até à sua distribuição, equipas pluridisciplinares. Esta situação conduz à necessidade da busca de metodologias novas e eficazes que permitam às organizações serem competitivas, em termos económicos e da qualidade dos seus produtos.

Contributo importante foi dado por Dodge e Romig (1959), através dos planos de amostragem, que permitem formular um juízo acerca da qualidade de um determinado lote, através de uma inspecção a uma parte (amostra) do mesmo. A decisão consiste em rejeitar ou não o lote, tendo por base o número de unidades não conformes ou um determinado número de defeitos existentes na amostra inspeccionada.

Os planos de amostragem, embora importantes, não fornecem indicações acerca da forma como o produto foi obtido. Assim, pode correr-se o risco de em determinado período do fabrico se produzirem unidades não conforme, sem que tal seja detectado.

Em 1924, o grande contributo foi dado pelo Dr. Walter Shewhart, através da introdução e do desenvolvimento das cartas de controlo, que permitem controlar estatisticamente as características da qualidade ao longo de todo o processo. O controlo do processo produtivo, através de estatísticas adequadas, permite determinar se este se encontra sob controlo estatístico ou se, pelo contrário, se verificam causas especiais de variação. Caso o processo se encontre estabilizado, podem estimar-se os seus parâmetros e extrapolar os resultados obtidos para o futuro, através da inferência estatística.

A monitorização do processo ao longo do tempo é outro grande objectivo das cartas de controlo, dado que, ao permitir a todo o instante um juízo de valor acerca da forma como se está a desenrolar o processo, possibilita a detecção de eventuais anomalias e a implementação de acções correctivas. Outro benefício é a possibilidade de se proceder à análise da capacidade do processo face à

especificação técnica, ou seja, verificar se o produto satisfará as exigências dos clientes. O controlo estatístico do processo revelou-se uma ferramenta de primordial importância na melhoria contínua da qualidade, sendo actualmente indispensável em qualquer sistema de gestão da qualidade.

Durante os anos seguintes, novos conceitos, contribuições e filosofias foram desenvolvidos, como o *Controlo Total da Qualidade* proposto por Feigenbaum (1981), as três vertentes da qualidade (*Projecto, Conformidade e Disponibilidade*) referidas por Juran e Gryna (1988), a *Melhoria Contínua da Qualidade* e o ciclo *PDCA (Planear, Desenvolver, Controlar, Actuar)* apresentados por Deming (1986), os círculos da qualidade e o diagrama de causa e efeito, desenvolvidos por Ishikawa (1982) e a meta dos zeros defeitos defendida por Crosby (1979).

O conceito de Gestão pela Qualidade Total (*TQM - Total Quality Management*), introduzido no início dos anos 80, é uma estratégia que visa implementar e gerir as actividades de melhoria em toda a organização. Requer essencialmente um bom sistema produtivo, ferramentas como o *SPC* e um grande trabalho de equipa. Estas três premissas são complementares de diversas maneiras e partilham os mesmos requisitos para alcançar a qualidade. Esta filosofia aponta no sentido da melhoria contínua dos processos e produtos, de forma a permitir uma satisfação global tanto dos clientes como dos colaboradores da organização e conduzir a uma redução contínua da variabilidade, tal como preconizado pela definição de Montgomery (2001).

3.4. Cartas de Controlo de Shewhart

3.4.1. Introdução

Um dos objectivos do controlo estatístico é o estudo do comportamento do valor da característica da qualidade à medida que decorre o processo, em termos dos parâmetros de localização e de dispersão. As cartas de controlo de Shewhart são uma das mais poderosas ferramentas da qualidade; são fáceis de implementar e permitem o controlo estatístico de um parâmetro crítico num processo produtivo. Esta técnica estatística foi introduzida nos anos 30 do século XX por Shewhart (1931) na Bell Telephone Laboratories.

Os dados referentes a uma determinada característica da qualidade de um processo não apresentam sempre o mesmo valor, verificando-se sempre diferenças maiores ou menores. As principais fontes de variação que afectam a característica da qualidade podem agrupar-se, genericamente, em seis categorias: equipamentos, matérias-primas, mão-de-obra, meio ambiente, métodos e metrologia. As variações que ocorrem num processo produtivo são originadas por dois tipos de causas:

- *Causas Comuns* são fontes de variação que afectam um processo que está sob controlo estatístico. Estas causas são aleatórias, *i.e.*, os valores individuais de uma determinada característica são diferentes mas o seu conjunto segue um certo "padrão" que pode ser descrito

como uma “Distribuição Aleatória”, caracterizada por uma determinada forma e por parâmetros de localização e de dispersão.

- *Causas Especiais* são causas esporádicas que não se inserem na distribuição seguida por uma característica quando o processo está sob controlo estatístico. Certos métodos estatísticos aplicados ao processo produtivo permitem a detecção e correcção destas causas de forma que o processo seja minimamente afectado.

A redução das causas comuns de variação exige, em geral, a decisão de altos níveis de gestão sobre as alterações a que o processo deve ser sujeito. A detecção e remoção das causas especiais são geralmente feitas pelos operacionais relacionados com o processo. Sendo causas indesejáveis, é indispensável a sua imediata eliminação quando detectadas.

Um processo está *sob controlo estatístico* (dentro de controlo) quando está sujeito apenas a causas comuns de variação.

3.4.2. Princípios das Cartas de Controlo

Trata-se de uma ferramenta poderosa para Controlo e Melhoria do Processo que permite dinamicamente separar as duas causas de variação, e que tem como objectivo comum básico: mostrar evidências se um processo é estável, permitindo identificar a presença de causas especiais de variação, para que as respectivas acções correctivas possam ter lugar.

Uma carta de controlo é definida por um gráfico que mostra a evolução ao longo do tempo de uma estatística (ω), calculada para uma determinada característica da qualidade, como se pode ver na Figura 3.1. Além dos pontos relativos ao par (t, ω) , que constituem o padrão de evolução do processo, são representados no gráfico os limites superior (LSC) e inferior (LIC) de controlo e a linha central (LC). Os limites de controlo das cartas de Shewhart são determinados com base no pressuposto da Normalidade dos valores da estatística ω .

Se um ou mais pontos não pertencer ao intervalo $[LIC, LSC]$ pode inferir-se que o processo está fora de controlo estatístico. Há casos em que os pontos representados no gráfico apresentam uma tendência especial ou sistemática e não um comportamento aleatório, embora todos os pontos estejam dentro dos limites, o que pode também indicar a existência de causas especiais. Quando for detectada uma causa especial de variação, deve investigar-se a razão da sua existência e estabelecer as correspondentes acções correctivas. A Figura 3.1 apresenta uma carta de controlo típica.

O procedimento de construção de uma carta de controlo depende da altura em que esta é elaborada, distinguindo-se duas fases, a *Fase 1*, em que se desconhecem os parâmetros do processo e a *Fase 2*, em que os parâmetros do processo já foram estimados anteriormente (Woodall, 2000; Ryan, 2000).

3. Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo

Na *Fase 1* controla-se o processo retrospectivamente, enquanto que na *Fase 2* o processo é controlado no instante em questão e para dados futuros. Significa dizer que a monitorização do processo se faz na *Fase 2*, havendo a expectativa de que se mantenha estável.

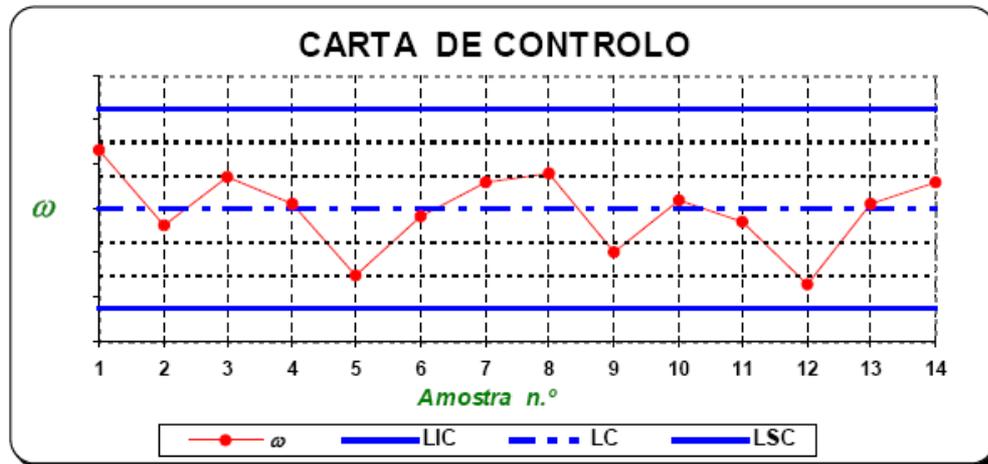


Figura 3.1 – Carta de controlo.

Os passos a dar na construção das cartas de controlo, na *Fase 1*, segundo Pereira e Requeijo (2008), são os seguintes:

1. Seleccionar a característica da qualidade;
2. Desenvolver um plano de controlo em que conste a dimensão da amostra, a frequência de amostragem, o equipamento e o método de medição;
3. Seleccionar o tipo de carta de controlo em função da estatística amostral a monitorizar;
4. Recolher m amostras de dimensão n durante um determinado período de tempo, a partir de um número total de N unidades ($N = m \times n$), de forma que $N \geq 100$;
5. Calcular a estatística a controlar para cada uma das m amostras;
6. Determinar os limites de controlo e a linha central, tendo por base as estatísticas calculadas a partir das m amostras;
7. Verificar a existência de causas especiais de variação;
8. Eliminar, se for caso disso, os pontos que denotam a existência de causas especiais de variação;
9. Determinar os limites revistos e a linha central;
10. Construir a carta de controlo revista;
11. Verificar se o processo apresenta unicamente causas comuns de variação.

3. Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo

A verificação da estabilidade do processo é um dos grandes objectivos desta *Fase 1* do *SPC*. Um outro objectivo importante, consequência do anterior, é a estimação da média e da variância do processo. Com as estimativas dos parâmetros do processo, é possível, então, verificar se todas as unidades produzidas satisfazem a especificação técnica. Entende-se por "capacidade do processo" a aptidão deste em produzir consistentemente dentro dos limites da especificação.

Os passos a dar na construção das cartas de controlo, na *Fase 2*, considerando que já foram definidos a característica, plano de controlo e tipo de carta, segundo Pereira e Requeijo (2008), são os seguintes:

1. Representar no gráfico o *LIC*, *LC* e *LSC* definidos na *Fase 1*.
2. Recolher a amostra i , determinar a estatística ω_i e representar o valor no gráfico.
3. Verificar se esse valor corresponde a uma causa especial de variação.
4. Caso se verifique uma situação de fora de controlo, identificar a causa e implementar acções correctivas.
5. Recolher a amostra $i + 1$, calcular ω_{i+1} , representando no gráfico o respectivo valor.
6. Proceder sequencialmente de acordo com os pontos 3, 4 e 5.

Os limites e a linha central de uma carta de controlo, considerando que os valores da estatística ω seguem uma distribuição aproximadamente Normal $N(\mu_\omega, \sigma_\omega^2)$, são dados por (Shewhart, 1931):

$$\begin{aligned}LSC_\omega &= \mu_\omega + 3\sigma_\omega \\LC_\omega &= \mu_\omega \\LIC_\omega &= \mu_\omega - 3\sigma_\omega\end{aligned}\tag{Equação 3.1}$$

Supondo que ω é Normalmente distribuída, isto significa que a probabilidade de um qualquer ponto se situar entre os limites de controlo é de 99,73%. Existe um risco de 0,27% de um ponto que pertença à distribuição de ω estar fora dos limites de controlo. A este risco dá-se o nome de nível de significância e designa-se por α . Sempre que um ponto se situar fora dos limites de controlo, entende-se que tal é devido a causas especiais de variação e como tal esse ponto revela que os valores da estatística não pertencem à distribuição considerada. Assim, considerando este critério, de 370 em 370 pontos existirá, em média, um falso alarme, pois considera-se erradamente que o valor de ω não pertence à distribuição que se está a considerar.

Actualmente é consensual em todo o mundo considerar $\alpha = 0,27\%$, valor definido por Shewhart com base em critérios preferencialmente económicos, já que a interrupção das actividades produtivas para investigar as causas de uma anomalia inexistente acarretariam custos adicionais indesejáveis para a organização.

3.4.3. Recolha de Dados

A recolha de dados é um passo particularmente importante na implementação do *SPC*. Se não for realizada convenientemente, pode correr-se o risco de todas as conclusões retiradas com a aplicação de uma determinada técnica, como as cartas de controlo, indicarem situações que realmente não estão a ocorrer. Por exemplo, detectar causas especiais que o não são e não detectar essas causas quando realmente estão a ocorrer.

As amostras devem constituir subgrupos racionais, de forma a garantir homogeneidade (condições do processo idênticas de forma a garantir que as variações sejam apenas aleatórias) e a frequência de amostragem deve conduzir a que os dados sejam independentes.

3.4.4. Tipos de Cartas de Controlo

Basicamente, podem distinguir-se duas grandes famílias de cartas de controlo tradicionais, função do tipo de distribuição que lhes está associada.

Quando em presença de características mensuráveis numa escala contínua, utilizam-se as cartas de controlo de variáveis. Quando em presença de variáveis discretas, utilizam-se as cartas de controlo de atributos. Como o desvio padrão é, somente, função da média e da dimensão da amostra, é apenas construída uma carta de controlo.

No caso de variáveis contínuas, dado a dispersão da população não depender unicamente da medida de tendência central, devem ser construídas duas cartas de controlo, uma para controlar o parâmetro de localização e outra para controlar o parâmetro de dispersão da população.

O Quadro 3.1 apresenta resumidamente as cartas de controlo tradicionais habitualmente utilizadas.

Quadro 3.1 – Tipos de cartas de controlo.

Variáveis	Atributos
Média e Amplitude Carta \bar{X} e Carta R	Proporção de Unidades Não Conforme Carta p
Média e Desvio Padrão Carta \bar{X} e Carta s	Número de Unidades Não Conforme Carta np
Média e Variância Carta \bar{X} Carta s^2	Número de Defeitos Carta c
Mediana e Amplitude Carta \tilde{X} e Carta R	Número de Defeitos por unidade Carta u
Observações individuais e Amplitudes Móveis Carta X e Carta MR	

Nesta dissertação será abordado apenas o controlo de variáveis, em virtude de nas aplicações realizadas se estar unicamente em presença de variáveis contínuas.

3.4.5. Cartas de Controlo de Variáveis

3.4.5.1. Introdução

Quando a característica da qualidade X é uma variável contínua, é necessário ter em atenção algumas condições na utilização das cartas de controlo. Dois casos poderão ocorrer, os dados referentes à variável X são independentes ou são auto-correlacionados. Apenas quando os dados são independentes se podem aplicar os desenvolvimentos tradicionais que se abordam no presente capítulo.

Um outro aspecto fundamental na implementação das cartas de controlo refere-se ao tipo de distribuição associada à variável X , sendo que no caso da produção em estudo utilizam-se obrigatoriamente observações individuais, é indispensável que a distribuição seja Normal.

As cartas de controlo de variáveis devem ser usadas sempre que seja economicamente viável o controlo de características medidas numa escala contínua.

3.4.5.2. Dimensão da Amostra

Na *Fase 1*, os parâmetros do processo μ e σ^2 têm de ser estimados com base nas estatísticas referentes aos dados recolhidos, as quais devem revelar uma boa eficiência.

Como adiante se verá, o desvio padrão do processo pode ser estimado através da média das amplitudes de amostras, pelo estimador \bar{R}/d_2 , ou através da média dos desvios padrão de amostras, a partir do estimador \bar{s}/c_4 , onde d_2 e c_4 são constantes que dependem unicamente da dimensão da amostra.

As cartas de controlo $\bar{X}-R$ são as mais divulgadas, pois habitualmente são usadas pequenas dimensões da amostra ($n = 4, 5, 6$ são as dimensões mais frequentes). Para uma dimensão da amostra na ordem de grandeza 4, 5 ou 6, a eficiência na utilização de amplitudes de amostras é inteiramente satisfatória.

A não utilização das cartas s , deve-se ao facto da sua aplicação envolver cálculos matemáticos mais complexos que os envolvidos com as cartas R . Na linha de produção é essencial que os métodos matemáticos envolvidos no controlo da qualidade sejam os mais simples, de forma a não acarretar esforços desnecessários. Actualmente, com a utilização generalizada dos computadores, as razões anteriormente apontadas deixam de fazer sentido, pelo que se sugere a utilização, sempre, da carta s em vez da carta R .

3.4.5.3. Número de Observações/Amostras

Na *Fase 1*, em que se têm de calcular os limites de controlo e estimar os parâmetros do processo com base nos dados recolhidos, a regra prática habitualmente seguida na aplicação das cartas de controlo de variáveis é recolher 20 a 30 amostras de dimensão 4 ou 5, perfazendo no mínimo 100 observações individuais.

3.4.5.4. Limites de Controlo das Cartas de Variáveis

O controlo estatístico realizado através das cartas de variáveis referenciadas no Quadro 3.1 baseia-se na representação gráfica, em conjunto, de duas estatísticas, uma para controlar a média e outra para controlar a dispersão do processo. Para a carta \bar{X} , representam-se por ordem cronológica os valores das médias de amostras \bar{X}_i , que se vão recolhendo do processo. Para a carta X , em vez de médias de amostras são representadas as observações individuais X_i . Relativamente às cartas de controlo da

3. Abordagem Tradicional do Controle Estatístico do Processo

dispersão, para a carta R representam-se as amplitudes de amostras R_i , e para a carta s representam-se os desvios padrão de amostras s_i , sempre por ordem cronológica.

a) Fase 1 – Parâmetros do Processo não Conhecidos

Nesta fase, os limites de controlo são estimados através de estimativas dos parâmetros do processo realizadas com base nas m amostras ou N observações recolhidas. Quando não é possível recolher amostras, utilizam-se observações individuais para controlar a média do processo. Com observações individuais não é possível calcular uma estatística que dê indicações acerca da dispersão do processo. Assim, para solucionar este problema, recorre-se a "amostras fictícias", constituídas por observações consecutivas. Habitualmente usam-se duas observações consecutivas ($k + 1 = 2$). No Quadro 3.2 apresentam-se os limites de controlo e a linha central para as cartas de variáveis referenciadas.

Quadro 3.2 – Fase 1 – Limites de Controlo das Cartas de Variáveis.

	LIC	LC	LSC
Carta \bar{X} Carta da Média	$\bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$
Carta R Carta da Amplitude	$D_3 \cdot \bar{R}$	\bar{R}	$D_4 \cdot \bar{R}$
Carta \bar{X} Carta da Média	$\bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s}$
Carta s Carta do Desvio Padrão	$B_3 \cdot \bar{s}$	\bar{s}	$B_4 \cdot \bar{s}$
Carta X Carta de Observações individuais	$\bar{X} - \frac{3}{d_2} \cdot \overline{MR}$	\bar{X}	$\bar{X} + \frac{3}{d_2} \cdot \overline{MR}$
Carta MR Carta de Amplitudes Móveis	$D_3 \cdot \overline{MR}$	\overline{MR}	$D_4 \cdot \overline{MR}$

Nas equações do Quadro 3.2 intervêm as estatísticas que são dadas por:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \bar{X}_i \quad \text{Equação 3.2}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m s_i \quad \text{Equação 3.3}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{Equação 3.4}$$

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m R_i \quad \text{Equação 3.5}$$

3. Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo

$$\overline{MR} = \frac{1}{N-k} \cdot \sum_{i=k+1}^N MR_i \quad \text{Equação 3.6}$$

Em que

$$\overline{X}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \text{Equação 3.7}$$

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \overline{X}_i)^2} \quad \text{Equação 3.8}$$

$$R_i = \max(X_{i1}, \dots, X_{in}) - \min(X_{i1}, \dots, X_{in}) \quad \text{Equação 3.9}$$

Nas equações do Quadro 3.2 e nas Equações 3.2 a 3.9 adopta-se a seguinte simbologia:

α - Nível de significância ($\alpha = 0,27\%$);

n - Dimensão da amostra;

m - Número de amostras;

N - Número de observações individuais;

$k + 1$ - Número de observações que constituem cada "amostra fictícia";

X_{ij} - Valor da observação j da amostra i ;

\overline{X}_i - Média da amostra i ;

s_i - Desvio padrão da amostra i ;

R_i - Amplitude da amostra i ;

MR_i - Amplitude móvel de ordem i ;

$\overline{\overline{X}}$ - Média das médias das m amostras;

$\overline{\overline{X}}$ - Média das N observações individuais;

\overline{R} - Média das amplitudes das m amostras;

\overline{s} - Média dos desvios padrão das m amostras;

\overline{MR} - Média das amplitudes móveis das $N - k$ "amostras fictícias".

b) Fase 2 – Parâmetros do Processo Conhecidos

Nesta fase, os parâmetros do processo, μ e σ^2 , são conhecidos através das estimativas realizadas na Fase 1. Os limites de controlo e a linha central são os determinados na Fase 1, desde que se mantenha a dimensão da amostra. Caso se opte por uma outra dimensão da amostra, esses limites

3. Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico do Processo

devem ser determinados em função das estimativas dos parâmetros do processo. Apresentam-se no Quadro 3.3 as equações para a *Fase 2*.

Quadro 3.3 – *Fase 2* – Limites de Controlo das Cartas de Variáveis.

	<i>LIC</i>	<i>LC</i>	<i>LSC</i>
Carta \bar{X} Carta da Média	$\mu - A.\sigma$	μ	$\mu + A.\sigma$
Carta <i>R</i> Carta da Amplitude	$D_1.\sigma$	$d_2.\sigma$	$D_2.\sigma$
Carta \bar{X} Carta da Média	$\mu - A.\sigma$	μ	$\mu + A.\sigma$
Carta <i>s</i> Carta do Desvio Padrão	$B_5.\sigma$	$c_4.\sigma$	$B_6.\sigma$
Carta <i>X</i> Carta de Observações individuais	$\mu - 3.\sigma$	μ	$\mu + 3.\sigma$
Carta <i>MR</i> Carta de Amplitudes Móveis	$D_1.\sigma$	$d_2.\sigma$	$D_2.\sigma$

Nas equações do Quadro 3.3 adopta-se a seguinte simbologia:

μ – Média do processo;

σ – Desvio padrão do processo.

Na definição dos limites de controlo, na *Fase 1* ou *Fase 2*, intervêm as constantes $A, A_2, A_3, B_3, B_4, B_5, B_6, D_1, D_2, D_3, D_4$ e d_2 , cujos valores dependem unicamente da dimensão da amostra n .

3.4.5.5. Carta de Observações Individuais e da Amplitude Móvel

Nos casos em que a amostra é formada por uma única observação individual, ou seja, $n = 1$, usa-se a carta de controlo de observações individuais (*X*) e amplitudes móveis (*MR, Moving Range*). Esta carta é útil quando as medições são muito caras, quando os testes são destrutivos, quando não é possível a recolha de amostras com mais de uma observação ou ainda quando há sistemas computadorizados de medição e são feitas medições de todas as unidades.

As cartas de controlo de observações individuais e amplitudes móveis não são tão sensíveis à variação como as restantes cartas de controlo de variáveis apresentadas. É necessário ter em conta que, como a carta *X* controla o valor da própria característica da qualidade (e não a sua média), devem-se analisar os dados cuidadosamente antes da implementação das cartas para verificar se a distribuição é aproximadamente Normal.

3.4.5.6. Estimação dos Parâmetros do Processo

Após a construção das cartas de controlo na *Fase 1*, se não existirem causas especiais de variação, os parâmetros do processo podem ser estimados com base nas estatísticas calculadas, como apresentado no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Estimadores dos parâmetros dos processos.

	Carta $\bar{X} - R$	Carta $\bar{X} - s$	Carta $\bar{X} - MR$
Média	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$
Dispersão	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4}$	$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2}$

3.4.5.7. Interpretação das Cartas de Controlo

O principal objectivo das cartas de controlo de Shewhart é a melhoria do processo através da “remoção” da variação devida a causas especiais. A detecção destas causas especiais deve ocorrer imediatamente após a sua manifestação. Convém frisar que essa detecção de anomalias no processo produtivo não deve ser obtida a qualquer custo, pelo contrário, o balanceamento entre a detecção de padrões não aleatórias e o risco de falsos alarmes deve estar sempre presente.

Muitos autores sugerem a aplicação de regras específicas com base na divisão da carta de controlo em seis zonas (Figura 3.2).

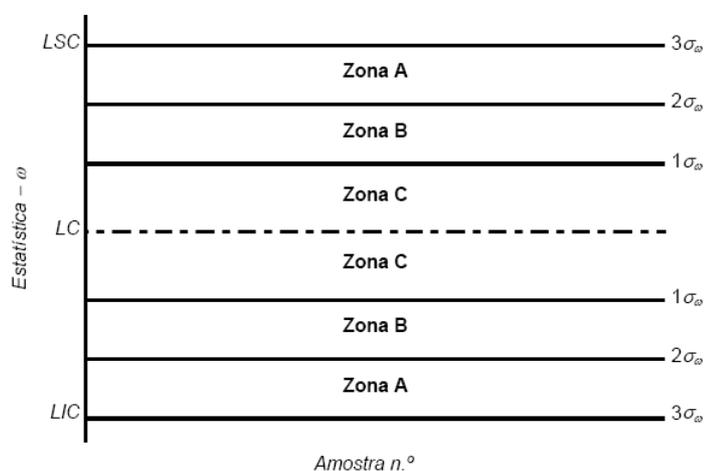


Figura 3.2 – Zonas A, B e C para as cartas de controlo de Shewhart.

No presente trabalho, decidiu-se escolher as regras definidas pela Norma ISO 8258:1991 para detectar padrões não aleatórios. Diz-se que um processo está fora de controle estatístico, quando se detecta alguma das situações seguintes:

Regra 1 – Um qualquer ponto fora dos limites de acção (limites $\pm 3 \sigma_w$);

Regra 2 – Nove pontos consecutivos na zona C ou para além da zona C do mesmo lado da linha central;

Regra 3 – Seis pontos consecutivos no sentido ascendente ou descendente;

Regra 4 – Catorze pontos consecutivos crescendo e decrescendo alternadamente;

Regra 5 – Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central;

Regra 6 – Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central;

Regra 7 – Quinze pontos consecutivos na zona C acima e abaixo da linha central;

Regra 8 – Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

A utilização simultânea destas regras vem aumentar a sensibilidade das cartas de controlo de *Shewhart* em detectar alterações dos parâmetros do processo. No entanto, recomenda-se que a sua utilização seja cautelosa, de forma a não aumentar os custos da qualidade.

Ao detectar-se uma anomalia, deve-se conduzir a uma análise do processo para que seja determinada a causa, corrigir e implantar medidas para que não se repita a ocorrência. Após a detecção e investigação de causas, devem-se eliminar todos os pontos fora de controlo (de ambas as cartas).

3.5. Condições de Aplicabilidade

Todos os desenvolvimentos apresentados em 3.4 pressupõem que os dados relativos à característica X sejam independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal com média μ e variância σ^2 ($X \sim NID(\mu, \sigma^2)$). Estes pressupostos têm obrigatoriamente de ser verificados.

3.5.1. Aleatoriedade dos Dados

A não aleatoriedade pode ocorrer de muitos modos, como seja mistura de populações diferentes, correlação entre observações consecutivas ou desfasadas no tempo.

Os métodos mais relevantes e usualmente utilizados na verificação da aleatoriedade dos dados de uma distribuição são o *Teste das Sequências*, o *Teste das Sequências Ascendentes e Descendentes*, o

Teste da Diferença dos Quadrados Médios Sucessivos e o Teste Modificado da Diferença dos Quadrados Médios Sucessivos (Pereira e Requeijo, 2008).

3.5.2. Normalidade dos Dados

Para as aplicações do *SPC* tradicional, existem diversos métodos para verificar a Normalidade de uma distribuição. Dado o número extenso de testes existentes, convém seleccionar aquele(s) que melhor se adequem à situação em causa. No *SPC* é habitual verificar-se a Normalidade dos dados recorrendo a *testes da Qualidade de Ajuste* como o *teste do Qui-Quadrado* e ao *teste de Kolmogorov-Smirnov* (Guimarães e Cabral, 1997), sugerindo-se este último. Em Guimarães e Cabral (1997) são apresentadas as vantagens do *Teste de Kolmogorov-Smirnov* em relação ao *Teste do Qui-Quadrado*.

3.6. Capacidade do Processo

3.6.1. Introdução

O estudo da capacidade do processo é muito importante para um programa global de melhoria da qualidade.

Entende-se por capacidade de um processo a aptidão que este tem em produzir artigos consistentemente de acordo com uma determinada especificação técnica. Basicamente, os estudos de capacidade estabelecem a comparação entre a especificação técnica, definida na fase de concepção e desenvolvimento do produto/processo, e o processo produtivo conseguido com os recursos disponíveis. A análise univariada da capacidade do processo determina a comparação entre dois intervalos, o referente à especificação técnica, definido em função dos seus limites, e o relativo ao processo, definido em função da tolerância natural do processo ($\mu \pm 3\sigma$, para distribuições Normais).

3.6.2. Índices de Capacidade do Processo

O estudo da capacidade do processo tem sido uma preocupação permanente dos investigadores e gestores da qualidade desde os primórdios do desenvolvimento do controlo da qualidade. Inicialmente esse estudo era feito através da proporção de unidades não conforme geradas pelo processo produtivo. Esta abordagem evoluiu ao longo do tempo, tendo surgido um conjunto de índices através dos quais se determina facilmente como se está a produzir face à especificação técnica. A literatura da

3. Abordagem Tradicional do Controle Estatístico do Processo

especialidade distingue três gerações de índices, assim como outros desenvolvimentos específicos. Neste trabalho iremos apenas introduzir duas delas.

A primeira geração é caracterizada pelo índice C_p , o qual apenas compara o intervalo definido pelos limites de especificação com o intervalo correspondente à tolerância natural do processo (6σ para distribuições Normais), designando-se habitualmente por índice de capacidade potencial. Atribui-se a Juran (1974) a introdução deste índice de capacidade do processo.

Segundo Pearn *et al.* (1992), a segunda geração de índices inclui o índice C_{pk} , introduzido por Kane (1986). Este índice C_{pk} compara o intervalo definido pelo limite superior da especificação e a localização do processo e o intervalo definido pelo limite inferior da especificação e a localização do processo (habitualmente a sua média) com o intervalo correspondente a metade da tolerância natural do processo (3σ para distribuições Normais). Este índice vem resolver o problema deixado em aberto pelo índice C_p , que não dá qualquer indicação sobre a localização do processo. Ao invés de C_p , o índice C_{pk} é um verdadeiro indicador da capacidade do processo face à especificação técnica.

Os índices de capacidade C_p e C_{pk} , para dados normalmente distribuídos, são definidos por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad \text{Equação 3.10}$$

$$C_{pk} = \min((C_{pk})_I, (C_{pk})_S) \quad \text{Equação 3.11}$$

Em que:

$$(C_{pk})_I = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad \text{Equação 3.12}$$

$$(C_{pk})_S = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad \text{Equação 3.13}$$

Verifica-se que $C_p \geq C_{pk}$.

Não interessa apenas verificar se um processo é capaz de produzir unidades de acordo com a sua especificação técnica, mas também saber se está centrado com o valor nominal da especificação. Um processo diz-se centrado se $(C_{pk})_I = (C_{pk})_S$.

Habitualmente, no caso de especificações bilaterais, valores de 1,33 para os índices de capacidade é o mínimo exigível, sendo desejável um valor mais elevado. Montgomery (2001) sugere os valores dos índices de capacidade que se apresentam no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Valores mínimos dos índices de capacidade (Montgomery, 2001).

Processo	Característica	Especificação Bilateral	Especificação Unilateral
Novos Processos	Comum	1,50	1,45
Processos Existentes	Comum	1,33	1,25
Novos Processos	Segurança, Resistência ou Crítica	1,67	1,60
Processos Existentes	Segurança, Resistência ou Crítica	1,50	1,45

Do Quadro 3.5 ressalta que o valor mínimo do índice de capacidade é 1,33 para especificações bilaterais, o que significa dizer que os limites da especificação encontram-se pelo menos a 4σ de μ .

Será razoável sugerir, para valores mínimos dos índices de capacidade, os preconizados por Montgomery (2001). No entanto, as organizações devem perseguir constantemente o objectivo de reduzir a variabilidade e centrar os processos com a especificação, o que implica o aumento dos valores dos índices de capacidade.

3.7. Conclusões

Considerando os diversos desenvolvimentos apresentados neste capítulo, que contemplam o controle estatístico do processo univariado tradicional, é certo que a prevenção de falhas é o principal objectivo da melhoria do processo e deve-se a uma gestão focada nos clientes.

O primeiro passo deverá ser a caracterização do processo, sendo conveniente descrevê-lo através de um fluxograma, determinando os pontos críticos onde deve ser realizado o controle, assim como as características da qualidade relevantes. O plano de controle deve incluir as características a controlar, as suas especificações técnicas, a frequência de amostragem, o equipamento de medição a utilizar e o método de medição.

A realização adequada do *SPC* assenta na necessidade de se verificarem alguns pressupostos, como sejam: recolha de amostras homogêneas (devem revelar o mínimo de variabilidade); frequência de amostragem adequada, de forma a permitir o máximo de variabilidade entre amostras; utilização de equipamentos de medição adequados; método de medição definido através de procedimento escrito e que seja adequado à característica da qualidade em estudo; formação adequada de operadores dos equipamentos de medição, de forma a minimizar a variabilidade entre os diferentes operadores.

O controle estatístico do processo depende do momento em que é implementado: na *Fase 1*, o controle retrospectivo para verificação da estabilidade e estimação dos parâmetros do processo; na *Fase 2*, o controle de dados futuros, conseguindo-se uma monitorização do processo.

Fase 1

Devem ser seguidos os passos descritos em 3.4.2, para a *Fase 1*.

O número mínimo de medições a considerar nesta fase é de 80, sendo, no entanto, desejável sempre que possível $N > 100$. A verificação da Normalidade dos N dados é indispensável, sugerindo-se a aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov mencionado em 3.5.2, visto ser independente do número de classes considerado.

As cartas de Shewhart apresentam um fraco desempenho na detecção de alterações pequenas e moderadas dos parâmetros do processo. Uma forma de melhorar a sensibilidade das cartas de Shewhart é a utilização de regras para detecção de padrões não aleatórios, como descrito em 3.4.5.7.

Fase 2

Devem ser seguidos os passos descritos em 3.4.2, para a *Fase 2*.

A *Fase 2* do controlo estatístico corresponde à monitorização do processo, sendo a análise da carta de controlo realizada à medida que vão sendo recolhidos os dados. A aplicação de regras para detectar padrões não aleatórios tem as vantagens e os inconvenientes referidos para a *Fase 1*. A detecção de uma causa especial de variação deve ser seguida da conveniente investigação de forma a eliminá-la e a identificar a raiz do problema com a implementação das correspondentes acções correctivas.

Relativamente aos parâmetros do processo, os seus valores considerados no início da *Fase 2* são dados pelas estimativas realizadas na *Fase 1*. Deve-se proceder à estimação periódica dos parâmetros do processo.

Capacidade do Processo

Na *Fase 1*, após estimação dos parâmetros do processo e verificação da Normalidade dos dados, realiza-se o estudo de capacidade. Se a distribuição dos dados for considerada aproximadamente Normal, devem ser utilizados os índices mencionados nas equações 3.10 e 3.11.

Capítulo 4

NOVAS ABORDAGENS DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO

4.1. Introdução

A organização dos sistemas produtivos actuais apresenta diferenças consideráveis quando comparada com a da primeira metade do século XX. Actualmente, cada vez se produz uma maior diversidade de produtos e em menores quantidades. Além da forma como os sistemas produtivos estão organizados, a concorrência entre empresas é cada vez maior, levando a que estas desenvolvam metodologias que lhes permitam ganhar alguma vantagem competitiva relativamente às suas concorrentes. Essas metodologias assentam na implementação de novas técnicas aplicadas às várias vertentes do negócio, como sejam a área financeira, produção, distribuição e *marketing*.

No que respeita à gestão da qualidade e, particularmente, ao controlo estatístico do processo, foram aplicadas técnicas estatísticas mais adequadas às novas realidades das organizações. Assim, neste capítulo vão ser abordadas também as técnicas específicas para controlar as chamadas "pequenas produções", como sejam as cartas \bar{X} e S . Apresenta-se neste capítulo o controlo estatístico multivariado do processo do vector média.

4.2. Controlo Estatístico de “Pequenas Produções”

Actualmente, as empresas necessitam de reduzir ao máximo os custos para poderem ser competitivas num mercado cada vez mais exigente e aberto. A estratégia passa pela produção e venda imediata, reduzindo os *stocks* de matérias-primas e de produtos acabados, o que reduz o armazenamento e encargos financeiros que daí advêm. Assim, a produção é planeada e controlada adaptando-se às novas exigências: fabricar um menor número de unidades de cada vez.

As “pequenas produções” de cada tipo de produto tornaram-se essenciais na indústria. Dado este tipo de produção, não é possível recolher dados suficientes de cada produção por lote para determinar a distribuição das características de qualidade e estimar os parâmetros do processo (Bersimis *et al.*, 2007).

As características de qualidade devem ser avaliadas simultaneamente para determinar a qualidade do produto, especialmente quando o desenvolvimento do produto é complicado e os requisitos dos consumidores são alteráveis.

Segundo Pereira e Requeijo (2008), entende-se por pequena produção (“*short run*”) aquela em que:

- O número de unidades produzidas de cada vez é muito pequeno (menos de vinte), ocorrendo a nova produção ao fim de determinado tempo suficientemente distante;
- O número de unidades produzidas é suficientemente grande (mais de cem), embora a sua produção ocorra rapidamente em termos temporais;
- A produção realiza-se por lotes específicos ao longo do tempo, sendo estes em número limitado.

Uma das atitudes a tomar face às “pequenas produções” pode consistir em elaborar cartas de controlo para cada um dos produtos, o que tem desvantagens: muitas cartas de controlo (demasiada informação a ser analisada); impossibilidade de controlar produtos fabricados esporadicamente; detecção de causas especiais no processo produtivo é mais morosa devido à escassez de dados, inviabilizando acções correctivas atempadas.

O controlo estatístico de “pequenas produções” tem sido preocupação desde os primórdios do controlo da qualidade. Estudos acerca desta temática foram desenvolvidos, entre outros, por Maxwell (1953), Burr (1954), Harrison (1956), Grunewald e Williams (1957), Traver e Davis (1962) e Hillier (1969).

Todos os desenvolvimentos que se apresentam nesta secção têm como pressupostos a independência e Normalidade dos dados relativos à característica da qualidade X .

Considera-se ainda que, dada a existência de vários produtos no sistema produtivo, o controlo estatístico incidirá sobre as características consideradas relevantes desses produtos (ou partes de produto).

4.2.1. Cartas de Controlo Z/W

Quando as variâncias dos processos referentes às várias características dos produtos são significativamente diferentes, implementam-se as cartas Z e W , procedendo-se à transformação dos dados ou estatísticas amostrais de modo a que estes se tornem valores adimensionais.

Esta subtileza matemática permite a representação, na mesma carta de controlo, dos respectivos valores transformados dos diferentes produtos (ou partes do produto), relativamente a uma determinada característica da qualidade (ou várias).

As transformações referidas são realizadas considerando estimativas da média e variância do processo, pelo que as cartas de controlo Z/W , construídas a partir dessas transformações, são aplicáveis preferencialmente na *Fase 2* da implementação do controlo estatístico do processo.

As cartas Z/W possibilitam representar, na mesma carta de controlo, todas as estatísticas de qualquer produto, no entanto, têm que se utilizar estimativas dos parâmetros, que muitas das vezes, dado o número restrito de dados para cada processo, não são muito fiáveis.

Quando a dimensão das amostras dos diversos produtos é a mesma ($n = 1$ para observações individuais), utilizar-se-á a transformação de Pereira e Requeijo (2008). No Quadro 4.1 estão indicadas as estatísticas Z e W assim como os limites de controlo de cada uma das cartas, considerando $\alpha = 0,27\%$.

Quadro 4.1 – Estatísticas e Limites das Cartas Z/W , para a mesma dimensão de amostra.

Transformação		Limites de Controlo		
		LIC	LC	LSC
<i>Carta Z_X</i>	$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$	-3	0	3
<i>Carta W_{MR}</i>	$W_{ij} = \frac{MR_{ij}}{\overline{MR}_j}$	$D_3 = 0$	1	$D_4 = 3,267$

A simbologia adoptada no Quadro 4.1 foi a seguinte:

X_{ij} – observação i referente ao produto j ;

MR_{ij} – amplitude móvel relativa à observação i do produto j ;

μ_j – média do processo referente ao produto j ;

\overline{MR}_j – média das amplitudes móveis referentes ao produto j ;

σ_j – desvio padrão do processo referente ao produto j .

Os valores dos parâmetros dos processos são estimados a partir do estudo realizado na *Fase 1* por:

$$\hat{\mu}_j = \bar{X}_j \quad \text{Equação 4.1}$$

$$\hat{\sigma}_j = \frac{\overline{MR}_j}{d_2} \quad \text{Equação 4.2}$$

Quando se utilizam duas observações consecutivas no cálculo das amplitudes móveis, W_{ij} pode ser determinada a partir de:

$$W_{ij} = \left(|Z_{I_j} - Z_{I_{j-1}}| \right) \quad \text{Equação 4.3}$$

No tipo de cartas de controlo abordado (cartas Z/W) foi considerado $\alpha = 0,27\%$, como proposto por Shewhart. Poder-se-á afirmar que este tipo de carta é basicamente uma carta de Shewhart que controla as variáveis obtidas através da transformação das estatísticas calculadas com os dados do processo. Assim será natural utilizar, para detectar padrões não aleatórios, o mesmo conjunto de regras que as cartas de Shewhart tradicionais, referidas em 3.4.5.6.

Os valores dos parâmetros do processo, μ e σ , são estimados por \bar{X} e \overline{MR} / d_2 obtidos a partir das cartas tradicionais construídas na *Fase 1* do *SPC*, como referido no Capítulo 3.

Se os parâmetros do processo forem convenientemente estimados, o desempenho das cartas Z/W é idêntico às correspondentes cartas de Shewhart, quando se aplicam as mesmas regras para detectar causas especiais de variação.

4.3. Controlo Estatístico Multivariado do Processo

Actualmente, na indústria, existem muitas situações nas quais se pretende controlar em simultâneo mais do que uma característica da qualidade de um determinado produto. Nestas circunstâncias, as empresas utilizam habitualmente cartas de controlo para cada uma das variáveis, o que pode conduzir a um conjunto extenso de documentos. Além deste facto, com a utilização de cartas univariadas, cometem-se alguns erros de análise, cuja gravidade é tanto maior quanto maior for a correlação entre as características da qualidade em controlo.

Sugere-se, em vez de monitorizar essas características da qualidade independentemente, a aplicação do controlo estatístico multivariado do processo.

Segundo Montgomery (2001), o primeiro trabalho acerca do controlo estatístico multivariado do processo foi apresentado por Hotelling em 1947. Muitos desenvolvimentos posteriores foram realizados, sendo o artigo de Alt (1985) considerado por muitos uma das maiores contribuições do estudo desta temática.

Estudos de capacidade multivariados foram objecto de estudo por parte de Pearn *et al.* (1992), Holmes e Mergen (1998-99), Wang e Chen (1998-99) e Wang *et al.* (2000).

4.3.1. Cartas de Controlo Multivariadas Tradicionais

4.3.1.1. Introdução

Os estudos acerca deste assunto dividem-se, à semelhança do controlo estatístico univariado, no controlo da média das diversas variáveis e no controlo das suas variâncias. A interpretação das cartas de controlo multivariadas encerra dificuldades que as cartas univariadas não apresentam.

Quando se controla uma característica da qualidade através de uma carta univariada de Shewhart, o valor de α (risco de ocorrência de falsos alarmes) é igual a 0,27%. O risco α conjunto, para p variáveis independentes, em que α_j é o risco para a variável j , é dado por:

$$\alpha = 1 - \prod_{j=1}^p (1 - \alpha_j) \quad \text{Equação 4.4}$$

Os desenvolvimentos que se apresentam baseiam-se no pressuposto de que a distribuição conjunta das p variáveis é uma distribuição Normal multivariada $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$, com vector média $\boldsymbol{\mu}' = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)$ e matriz das covariâncias $\boldsymbol{\Sigma}$. Assume-se também que as variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , consideradas isoladamente, são independentes e identicamente distribuídas segundo distribuições Normais.

Na construção de cartas de controlo multivariadas há a distinguir duas fases distintas, a *Fase 1* e a *Fase 2*:

- *Fase 1*: As cartas são usadas num estudo retrospectivo. Nesta fase determinam-se os limites de controlo e verifica-se se o processo se encontra sob controlo estatístico, tendo por base os dados recolhidos. Os parâmetros $\boldsymbol{\mu}'$ e $\boldsymbol{\Sigma}$ não são conhecidos, sendo estimados com base nos dados disponíveis quando o processo se considerar sob controlo estatístico. As estimativas dos parâmetros não são independentes dos dados recolhidos.

- *Fase 2*: As cartas são usadas para o controlo de dados futuros. Esta fase consiste em monitorizar o processo ao longo do tempo. Os parâmetros são dados pelas estimativas realizadas na *Fase 1*. Os limites de controlo são determinados em função das estimativas dos parâmetros e dos dados recolhidos na *Fase 1*. Os dados futuros são independentes das estimativas dos parâmetros do processo. Quando o número de dados é substancial, consideram-se conhecidos os parâmetros do processo, sendo os limites de controlo determinados independentemente do número de dados recolhidos na *Fase 1*.

4.3.1.2. Controlo da Média

Consideram-se três situações, uma para a *Fase 1* e duas para a *Fase 2* (logo após a *Fase 1* e a partir de um número elevado de dados), considerando a distribuição seguida pela estatística em cada uma. Abordam-se apenas as situações em que os dados são observações individuais.

4.3.1.2.1. Fase 1

Na *Fase 1* não são conhecidos os parâmetros das distribuições das p características da qualidade, pelo que se procede à sua estimação e ao cálculo dos limites de controlo com base nos dados recolhidos.

Considerem-se m observações individuais de cada característica da qualidade p , assumindo-se que $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ são independentes e identicamente distribuídas segundo $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$. Com os m valores recolhidos, para cada característica j , define-se:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m X_{jk} \quad \text{Equação 4.5}$$

$$s_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \quad \text{Equação 4.6}$$

$$s_{jh} = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (X_{jk} - \bar{X}_j)(X_{hk} - \bar{X}_h); \quad j \neq h \quad \text{Equação 4.7}$$

As médias \bar{X}_j ($j = 1, 2, \dots, p$) são os elementos do vector média $\bar{\mathbf{X}}$ e as variâncias $s_j^2 = s_{jj}$ e covariâncias s_{jh} são os elementos da matriz das covariâncias \mathbf{S} . O vector $\bar{\mathbf{X}}$ e a matriz \mathbf{S} são definidos por:

$$\bar{\mathbf{X}} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_p)' \quad \text{Equação 4.8}$$

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{p1} & s_{p2} & \dots & s_{pp} \end{bmatrix} \quad \text{Equação 4.9}$$

O vector \mathbf{X}_k , no instante k , é dado por:

$$\mathbf{X}_k = (X_{1k}, X_{2k}, \dots, X_{pk})' \quad \text{Equação 4.10}$$

Com base na estatística \mathbf{X}_k e nos valores do vector média $\bar{\mathbf{X}}$ e da matriz das covariâncias \mathbf{S} , define-se T^2 no instante k por:

$$(T^2)_k = (\mathbf{X}_k - \bar{\mathbf{X}})' \mathbf{S}^{-1} \cdot (\mathbf{X}_k - \bar{\mathbf{X}}) \quad \text{Equação 4.11}$$

A carta de controlo que se aplica no controlo estatístico multivariado, na Fase 1, é a carta T^2 . Esta carta é constituída pelos valores de $(T^2)_k$ (com $k = 1, 2, \dots, m$), sendo os limites de controlo dados por:

$$LSC_{T^2} = \frac{(m-1)^2}{m} \cdot \beta_{\alpha; p/2, (m-p-1)/2} \quad \text{Equação 4.12}$$

$$LIC_{T^2} = 0 \quad \text{Equação 4.13}$$

Por uma questão de facilidade de cálculo, pode determinar-se o valor de $\beta_{\alpha; p/2, (m-p-1)/2}$ em função da distribuição de Fisher por:

$$\beta_{\alpha; p/2, (m-p-1)/2} = \frac{\frac{p}{m-p-1} \cdot F_{\alpha; p, (m-p-1)}}{1 + \frac{p}{m-p-1} \cdot F_{\alpha; p, (m-p-1)}} \quad \text{Equação 4.14}$$

Nas Equações 4.5 a 4.14 adopta-se a seguinte simbologia:

α - Nível de significância $\left(\alpha = 1 - \prod_{j=1}^p (1 - \alpha_j) \right)$

X_{ij} - Observação i , para a característica da qualidade j ;

\bar{X}_j - Média das m observações, para a característica da qualidade j ;

$s_{ij} = s_j^2$ - Variância das m observações, para a característica da qualidade j ;

s_{jh} - Covariância amostral entre as características da qualidade j e h ;

$\beta_{\alpha; p/2, (m-p-1)/2}$ - Percentil à direita, para uma probabilidade α , da distribuição β com parâmetros $p/2$ e $(m-p-1)/2$.

Detecta-se uma causa especial de variação quando $(T^2)_k > LSC_{T^2}$. Quando ocorrem causas especiais de variação, os valores das observações individuais das p características referentes aos pontos fora dos limites de controlo são retirados da carta T^2 , recalculando-se as médias \bar{X}_j , as variâncias s_j^2 e as covariâncias s_{jh} ; determinam-se também o novo vector média $\bar{\mathbf{X}}$ e a nova matriz das covariâncias \mathbf{S} . A estatística T^2 , em cada instante k , é também recalculada tendo por base os novos valores de $\bar{\mathbf{X}}$ e de \mathbf{S} .

4.3.1.2.2. Fase 2

Na Fase 2 do SPC multivariado, o vector média e a matriz das covariâncias foram estimados, como indicado nas equações 4.7 e 4.8, respectivamente. Com base nestas estimativas e no vector \mathbf{X}_i determina-se a estatística T^2 , no instante i , que permite monitorizar o processo e é dada por:

$$(T^2)_i = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}) \quad \text{Equação 4.15}$$

Constrói-se o gráfico de controlo com os valores de $(T^2)_i$, por ordem cronológica.

Detecta-se uma causa especial de variação quando $(T^2)_i > LSC_{T^2}$. A(s) variável(s) responsável(s) por essa situação de fora de controlo estatístico deve ser identificada(s), procedendo-se seguidamente a acções correctivas no processo.

Os limites de controlo da carta T^2 , para a Fase 2, são dados por:

$$LSC_{T^2} = \frac{p(m^2 - 1)}{m(m - p)} \cdot F_{\alpha; p, m-p} \quad \text{Equação 4.16}$$

$$LIC_{T^2} = 0 \quad \text{Equação 4.17}$$

Em que,

$F_{\alpha; p, m-p}$ - Percentil à direita para uma probabilidade α da distribuição de Fisher com p e $(m-p)$ graus de liberdade.

4.3.1.3. Interpretação de Cartas Multivariadas

Quando se utilizam cartas multivariadas, uma situação de fora de controlo é detectada quando um ponto, relativo ao valor da estatística nesse instante, se encontra fora do intervalo definido pelos limites de controlo. A causa de tal situação é mais complexa de determinar do que no caso do controlo univariado, pois esse sinal da existência de uma causa especial de variação pode ser devida a uma ou mais variáveis consideradas independente ou conjuntamente. A identificação da(s) variável(s) responsável(s) por uma situação de fora de controlo é um imperativo do controlo estatístico multivariado, pois desse modo é possível seleccionar convenientemente as acções correctivas mais adequadas.

Existem vários métodos para a identificação dessa(s) variável(s), sugerindo-se a aplicação do método aplicando a Estatística d , sugerido por Runger *et al.* (1996) e Montgomery (2001).

Este método utiliza, para determinar a variável (ou as variáveis) responsável por uma situação de fora de controlo, a estatística d , que é definida, para cada variável i por:

$$d_i = T^2 - T_{(i)}^2, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad \text{Equação 4.18}$$

T^2 é o valor da estatística calculado com base nas p variáveis e $T_{(i)}^2$ é o valor da estatística de Hotelling determinada a partir de $p-1$ variáveis (com base em todas as variáveis à excepção da variável i).

Segundo Montgomery (2001), uma variável é considerada como contribuindo significativamente para a situação de fora de controlo quando $d_i > T_{\alpha;1}^2$.

Além deste, o método da decomposição de T^2 em componentes ortogonais (Anexo II) é também muito adequado.

4.3.1.4. Condições de Aplicabilidade

Como para as cartas de controlo univariadas, todos os desenvolvimentos que se apresentam nesta secção pressupõem que os dados relativos às p características da qualidade são independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal multivariada $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$, com vector média $\boldsymbol{\mu}' = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)$ e matriz das covariâncias $\boldsymbol{\Sigma}$. Todo o estudo apresentado pressupõe dados aleatórios e que seguem uma distribuição Normal.

4.3.2. Capacidade do Processo

Os índices de capacidade do processo são usados na indústria para avaliar a conformidade dos produtos em relação às suas especificações.

O estudo multivariado da capacidade é mais complexo do que o de processos univariados. Para estes, a análise a realizar consiste na comparação da amplitude de intervalos da especificação técnica com os correspondentes intervalos referentes ao processo.

Índices C_{pM} , PV, LI

O método de Shahriari *et al.* (1995) consiste em determinar o valor de três índices (C_{pM} , PV, LI). O índice C_{pM} compara os volumes das regiões referentes à especificação e ao processo, comportando-se como um índice de capacidade potencial, à semelhança do índice univariado C_p . O índice PV compara a localização do vector média do processo $\boldsymbol{\mu}$ com a localização do vector \mathbf{T} dos valores nominais da especificação. O índice LI analisa a localização das regiões definidas pela especificação e

4. Novas Abordagens do Controlo Estatístico do Processo

pelo processo, verificando se esta última está contida na primeira, condição necessária para se considerar um processo capaz. O índice C_{pM} é definido por:

$$C_{pM} = \left(\frac{\text{Volume da região referente à especificação}}{\text{Volume modificado referente ao processo}} \right)^{\frac{1}{p}} \quad \text{Equação 4.19}$$

Considerando os valores dos limites inferior e superior do processo (LIP e LSP) para cada uma das p características da qualidade, pode substituir-se a Equação 4.19 por:

$$C_{pM} = \left(\frac{\prod_{i=1}^p (LSE_i - LIE_i)}{\prod_{i=1}^p (LSP_i - LIP_i)} \right)^{\frac{1}{p}} \quad \text{Equação 4.20}$$

Os valores de LIP e LSP são, segundo Wang *et al.* (2000), dados por:

$$LSP_i = \mu_i + \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;p} \cdot \det(\Sigma_i^{-1})}{\det(\Sigma^{-1})}} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, p \quad \text{Equação 4.21}$$

$$LIP_i = \mu_i - \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha;p} \cdot \det(\Sigma_i^{-1})}{\det(\Sigma^{-1})}} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, p \quad \text{Equação 4.22}$$

Nas Equações 4.19 a 4.22 considera-se:

Σ – Matriz das covariâncias para as p características;

Σ_i – Matriz das covariâncias, que se obtém desprezando a coluna i e linha i da matriz Σ ; Σ_i é uma matriz $(p-1) \times (p-1)$;

$\det(\Sigma_i^{-1})$ – Determinante da inversa da matriz Σ_i ;

$\chi^2_{\alpha;p}$ – Percentil à direita, para uma probabilidade de α , da distribuição do χ^2 com p graus de liberdade.

O índice PV baseia-se no facto do centro da especificação técnica (vector \mathbf{T}) ser considerado como o valor alvo para o centro do processo. Este índice, em que N representa o número de observações usadas na estimação dos parâmetros do processo, é definido por:

$$PV = P\left(T^2 > \frac{p(N-1)}{N-p} \cdot F_{p, N-p} \right) \quad \text{Equação 4.23}$$

A estatística T^2 é determinada com base no vector média estimada $\hat{\boldsymbol{\mu}}$, do vector \mathbf{T} , que caracteriza a especificação técnica, e da matriz das covariâncias estimadas $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}$. O vector $\hat{\boldsymbol{\mu}}$ e a matriz $\hat{\boldsymbol{\Sigma}}$ são determinadas, com base nos dados amostrais, por $\bar{\mathbf{X}}$ (ou $\overline{\mathbf{X}}$) e por \mathbf{S} .

A estatística T^2 da equação 4.23 é dada por:

$$T^2 = n(\hat{\boldsymbol{\mu}} - \mathbf{T})' \hat{\boldsymbol{\Sigma}}^{-1} (\hat{\boldsymbol{\mu}} - \mathbf{T}) = n(\bar{\mathbf{X}} - \mathbf{T})' \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{X}} - \mathbf{T}) \quad \text{Equação 4.24}$$

em que $\mathbf{T} = (T_1, T_2, \dots, T_p)'$ e T_j é o valor nominal da característica da qualidade j .

O índice LI é dado por:

$$LI = \begin{cases} 1 & \text{se a região modificada do processo está contida na região da especificação} \\ 0 & \text{em qualquer outra situação} \end{cases} \quad \text{Equação 4.25}$$

Uma forma expedita de determinar o valor de LI é comparar os intervalos da especificação $([LIE, LSE]_i)$ e do processo $([LIP, LSP]_i)$ para as p características da qualidade. Atribui-se o valor 1 a LI se $([LIP, LSP]_i) \subset ([LIE, LSE]_i)$, para $i = 1, 2, \dots, p$.

Considera-se que um processo é teoricamente capaz quando simultaneamente se verifique $C_{pM} \geq 1.33$, PV se aproxime significativamente de um (corresponde ao percentil à direita da distribuição de Fisher) e $LI = 1$.

4.3.3. SPC Multivariado aplicado às "Pequenas Produções"

O controlo estatístico multivariado pode e deve ser implementado em sistemas produtivos caracterizados por uma grande diversidade de produtos em que cada um é produzido em quantidades relativamente pequenas.

Quando, na linha de produção, existem vários produtos a controlar, o SPC multivariado é implementado como se indica seguidamente (considerando que existem dados suficientes para estimar os parâmetros dos processos):

- 1) *Fase 1* – Construir cartas de controlo T^2 para cada produto, como indicado em 4.3.1.2.1, e verificar a estabilidade dos processos;
- 2) Considerar duas restrições na etapa anterior, de forma a permitir implementar com facilidade a *Fase 2* do SPC : a dimensão das amostras n deve ser igual para os diversos produtos; deve considerar-se o mesmo número m de amostras (ou observações individuais) nas cartas T^2 de cada um dos produtos;
- 3) Estimção do vector média $(\hat{\boldsymbol{\mu}} = \bar{\mathbf{X}})$ e da matriz das covariâncias $(\hat{\boldsymbol{\Sigma}} = \mathbf{S})$ para cada produto, utilizando os dados da *Fase 1*;
- 4) *Fase 2* – Carta T^2 com todos os produtos em estudo, por ordem cronológica como indicado em 4.3.1.2.2 (os limites de controlo são os mesmos para todos os produtos, dado que se impõe a restrição de usar o mesmo número m de observações individuais para todos os produtos; uma

outra restrição refere-se ao número p de características da qualidade por produto, que deve igualmente ser o mesmo para todos eles).

4.4. Conclusões

Os desenvolvimentos apresentados em relação às novas abordagens do Controlo Estatístico do Processo contemplam as seguintes situações:

- Controlo estatístico de “pequenas produções”;
- Controlo estatístico multivariado do processo.

No Controlo Estatístico de “pequenas produções”, tendo por base os desenvolvimentos apresentados neste capítulo, sugere-se a implementação da técnica Cartas Z/W .

Quando existem várias características da qualidade, do mesmo produto, a analisar simultaneamente, deve recorrer-se a cartas multivariadas, evitando-se assim possíveis erros de análise quando se utiliza uma carta univariada para cada característica.

À semelhança do estudo univariado, na abordagem tradicional do controlo multivariado do processo destacam-se duas fases, a *Fase 1 (Controlo Retrospectivo)* e a *Fase 2 (Controlo de Dados Futuros)*.

No controlo do vector média a partir de observações individuais, na *Fase 1* o processo é controlado por uma carta \bar{T}^2 , como referido em 4.3.1.2, recomendando-se um mínimo de 100 medições de cada característica da qualidade. Após se verificar a estabilidade do processo, estimam-se o vector média e a matriz das covariâncias do processo. Na *Fase 2* implementa-se o *SPC* multivariado através de uma carta T^2 em que os limites de controlo são determinados com base nas estimativas do vector média e da matriz das covariâncias, realizados na *Fase 1*.

A interpretação das cartas T^2 é muito mais complexa que a das cartas univariadas, já que uma causa especial de variação pode ser devida a uma alteração no parâmetro correspondente a uma ou mais variáveis ou a uma alteração na correlação entre variáveis.

Em todos os desenvolvimentos apresentados no controlo estatístico multivariado pressupõe-se que não existe auto-correlação dos dados referentes a cada característica da qualidade e que a distribuição conjunta das p variáveis é uma distribuição Normal multivariada $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$.

O estudo multivariado da capacidade do processo é mais complexo que o estudo univariado, sugerindo-se a aplicação dos índices (C_{pM} , PV , LI) propostos por Shahriari *et al.* (1995). A razão de tal escolha deve-se ao facto da análise conjunta dos valores destes três índices permitir responder às duas questões pertinentes nos estudos de capacidade. A primeira questiona-se a variabilidade do processo, dada pela matriz das covariâncias, se ajusta convenientemente à amplitude das especificações das p características. A segunda questiona a localização do vector média do processo face ao vector constituído pelos valores nominais das p características.

Capítulo 5

QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR

5.1. Introdução

A qualidade é um conceito distinto da segurança. Genericamente, qualidade é uma aptidão para o uso, que pressupõe regulamentação legal, normas e códigos de conduta. O conceito de qualidade é, por conseguinte, particularmente complexo.

Define-se qualidade como a aptidão para satisfazer as necessidades do utilizador. É analisada, cada vez mais, mediante critérios de conformidade às normas ou boas práticas definidas a nível mundial, europeu ou nacional. Trata-se de um conceito ambíguo com um carácter mais relativo que a segurança. Assim, a procura do utilizador ou do consumidor contribui para definir o que representa um bom ou satisfatório nível de qualidade num determinado domínio.

Há diferentes tipos de enquadramento da qualidade: regulamentação, determinação de exigências essenciais ou normas. Pela regulamentação, o objectivo prosseguido é o da segurança do consumidor, por um lado, e o da protecção económica dos concorrentes, por outro. No caso da determinação das exigências essenciais, vigora a harmonização técnica e de normalização. Quanto às normas, estas são especificações técnicas fundadas sobre a tecnologia, a experiência industrial e a ciência, sendo elaboradas em comum por estes organismos independentes e industriais.

Para os produtos de consumo corrente, a noção de qualidade integra a de segurança, desde que o produto seja usado em condições normais e previsíveis. Além das condições mínimas promulgadas para todos os produtos de uma mesma categoria por razões objectivas de saúde ou da livre concorrência, os produtores podem aderir a normas de nível superior.

Pensando num domínio estritamente alimentar, a qualidade é multifacetada: há a qualidade sanitária ou higiénica (caso das normas microbiológicas), a qualidade nutricional (por exemplo, se o alimento tem um elevado teor em vitaminas), a qualidade organoléptica (associada aos gostos e sabores) e a qualidade enquanto prestação de serviços (por exemplo, o consumidor pode perceber a facilidade de preparação como um atributo de qualidade). As relações entre a alimentação e a qualidade são complexas, e o conceito de qualidade alimentar remete-nos para os desafios da diversidade e de uma alimentação segura e saudável. Uma política de qualidade implica, tal como a política de segurança alimentar, o conjunto da cadeia alimentar.

A segurança, hoje, num alimento não diverge da de qualquer outro produto. O objectivo da segurança alimentar é proteger a saúde das pessoas contra as ameaças associadas aos alimentos. Por isso se recorre à rastreabilidade que é a possibilidade de acompanhar, em todas as fases da cadeia, o caminho que ele percorre desde a sua origem até à utilização final.

Segurança, qualidade e rastreabilidade são, assim, segundo M.F. Guilhemsans e F. Lalande (1998), três conceitos bem distintos mas associados, o que explica a confusão que pode muitas vezes aparecer na sua utilização. A qualidade de um produto é uma componente da segurança da sua utilização. No entanto, o objectivo da segurança sanitária pode levar a pôr de parte um produto de grande qualidade intrínseca se o nível de risco que apresenta é excessivo face aos benefícios esperados.

Inversamente, um produto de qualidade não é somente um produto seguro. Se a rastreabilidade de um produto não é sinónimo nem de qualidade, nem de segurança, ela tem que, pelo menos, reunir uma destas condições. O desenvolvimento da segurança sanitária e da qualidade dos produtos supõe também o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, a melhoria da eficácia dos controlos e a informação dos consumidores e utilizadores a fim de desempenharem um papel mais activo. A segurança reclama, além disso, uma nova abordagem, marcadamente preventiva. Tal deve ser a finalidade da nova legislação sobre segurança sanitária.

5.2. Qualidade Alimentar

É uma noção plural que recorre a diversas competências e se insere numa estratégia do desenvolvimento sustentável. Exprime-se diferentemente, consoante se considera o produtor agrícola,

o transformador, o distribuidor ou o consumidor. Esta noção de qualidade alimentar assenta em diferentes pressupostos:

- Adequação às solicitações dos consumidores (caso do prazer e do gosto, elementos de forte conotação cultural);
- Capacidade para assegurar funções simultaneamente nutritivas e de saúde pública;
- Obtenção da segurança sanitária desejável;
- Boas práticas no decurso da produção e da transformação;
- Preocupações ambientais e do bem-estar animal;
- Garantia de origem e da especificidade de certos produtos;
- Transparência da informação a fim de permitir ao consumidor escolher com conhecimento de causa o produto que responde melhor aos seus desejos e necessidades nutricionais.

Dito de outro modo, a qualidade alimentar implica aspectos científicos, económicos, culturais e sociais e situa-se a nível local, regional, nacional, comunitário, internacional ou mundial. Esta qualidade é sustentada, por um lado, numa estratégia concertada, implicando o conjunto de agentes das cadeias agrícolas e alimentares, e, por outro lado, num diálogo entre os intervenientes da cadeia agro-alimentar e os consumidores.

O valor da qualidade alimentar significa a sua expressão de salubridade (ausência de riscos), equilíbrio nutricional e resposta institucional, pelo menos na área da investigação. Os ambientes das culturas agrícolas devem pautar-se, sempre que possível, pela preservação ambiental e pela valorização do património alimentar.

A qualidade dos alimentos diverge consoante a óptica de quem a aprecia (subjectividade): a qualidade para um agricultor poderá não coincidir com a do armazenista e a deste não coincidirá com a do consumidor. Daí a alimentação ser alvo de múltiplas abordagens.

A visão, o olfacto, o paladar e tacto são a base do exame mediante o qual o consumidor classifica, define e aprecia a qualidade do que compra. Sabe-se como a utilização dos sentidos permite avaliar as características de um alimento, determinando se este está ou não próprio para consumo. Os alimentos possuem características organolépticas que impressionam os sentidos.

Assim, define-se Qualidade Alimentar como o conjunto de avaliações de aspecto, cor, paladar, textura, composição, segurança, entre outros, garantindo a preservação da saúde humana.

5.2.1. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.

A inocuidade e a segurança alimentar constituem uma preocupação tanto para os produtores como para as indústrias transformadoras e para os consumidores.

A ISO 9001:2000 é um referencial para a implementação de sistemas de gestão de qualidade (SGQ) que representam um consenso internacional sobre boas práticas de gestão e com o objectivo de garantir, da primeira e de todas as vezes, o fornecimento de produtos que satisfaçam os requisitos dos clientes ou estatutários e/ou regulamentares, como a prevenção dos problemas e a ênfase na melhoria continua.

O Regulamento (CE) n.º 852/2004 de 29 de Abril estabelece a implementação bem sucedida dos princípios HACCP ao sector alimentar. O Decreto-Lei n.º 113/2006 de 12 de Junho estabelece a obrigatoriedade da aplicabilidade do Regulamento n.º 852/2004 e define a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) como a entidade com poderes de fiscalização.

O sistema HACCP constitui a abordagem sistemática de um determinado sector da Indústria Alimentar, baseada na identificação e avaliação da importância relativa dos Perigos e dos Riscos associados à produção, distribuição e utilização de um determinado alimento, assim como dos meios de controlo disponíveis.

O Programa Pré-Requisito (PPR) e o sistema HACCP dizem respeito a todas as áreas do estabelecimento que possam influenciar a qualidade e a segurança de todos os produtos produzidos. Ambos ajudam no controlo de contaminações biológicas, químicas e físicas dos produtos, incluindo contaminações cruzadas e qualquer outro ponto de segurança alimentar no produto e no processo produtivo.

Uma adequada concepção dos estabelecimentos industriais agro-alimentares deverá ter em consideração não apenas os aspectos de natureza operacional mas também todos os outros que directa ou indirectamente tenham implicações na segurança alimentar. Efectivamente, pode-se afirmar que a segurança alimentar começa na concepção e na construção das instalações. Estas deverão ter em conta o tipo de processamento de alimentos a que se destina a necessidade de se obterem boas condições de higiene.

Os produtos de pastelaria constituem hoje uma componente importante no consumo alimentar, com especial ênfase nos meios urbanos. Impõe-se, assim, que ao longo de todo o circuito, desde o fabrico até ao consumo, sejam cumpridas as regras em matéria de higiene, de modo a ser garantida a qualidade do produto final posto à disposição do consumidor.

O diagrama de fluxo aplicado à empresa Mundipam inclui todos os passos seguidos para a elaboração de um determinado produto. Vai desde a recepção dos ingredientes à expedição e inclui as operações normais e excepcionais e, em caso algum, o produto pode ser manipulado fora dos processos e condições estabelecidas.

Uma vez estabelecido o diagrama de fluxo, foram seleccionados, de todos os possíveis perigos conhecidos que podem transmitir-se através dos alimentos e, aqueles com uma certa probabilidade de transmissão através dos produtos, por pequena que seja, e que não é possível controlar através da implementação dos requisitos prévios. São considerados os perigos relativos à produção e encontram-se definidos os pontos críticos de controlo (*PCC* – etapas do processo de produção na qual a medida

preventiva estabelecida é essencial para eliminar um perigo alimentar ou reduzi-lo a um nível aceitável no produto final) e as medidas de suporte de segurança (acção ou actividade específica que, não sendo um PCC, contribui para eliminar ou minimizar um perigo durante o processo de produção).

Perigos biológicos

- Microrganismos patogénicos: este perigo é tratado com prioridade, já que é vital para a saúde do consumidor. Os microrganismos patogénicos podem ser prejudiciais inclusive antes de causar danos detectáveis à vista nos alimentos.

- Toxinas de origem microbiana: substâncias expelidas por alguns microrganismos patogénicos, tóxicas para o consumidor.

- Insectos: constituem por si mesmos um elemento impróprio para os alimentos, ainda que a sua importância reside na sua condição de portadores de microrganismos patogénicos e parasitas.

- Roedores: são também portadores de microrganismos patogénicos e parasitas.

Devido sobretudo ao baixo teor de humidade (actividade de água baixa), que não favorece o crescimento da maioria dos microrganismos patogénicos, pode ocorrer deterioração dos produtos devido a contaminações com origem no mau funcionamento da instalação, em avarias ou através de práticas inadequadas (por exemplo, má limpeza das instalações). É importante ter também em atenção a contaminação das matérias-primas mais perecíveis.

Perigos físicos

- Elementos impróprios: qualquer objecto estranho que se encontre nos alimentos. Estes elementos impróprios podem provir directamente do fornecedor ou serem incorporados durante o processo ou durante a permanência dos produtos nos armazéns.

Não existe nenhum perigo específico associado única e exclusivamente à indústria de pastelaria. São os mesmos que aparecem nas indústrias alimentares em geral, associados à presença de corpos estranhos, de diversas origens, resultantes de contaminações ou de práticas incorrectas durante o processo produtivo, desde a recepção das matérias-primas, até a entrega ao consumidor. Este tipo de ocorrência, para além de poder causar doenças ou danos pessoais e ferimentos aos consumidores, tem um impacto muito negativo na imagem do produto, e, conseqüentemente, na imagem da marca e da empresa.

Perigos químicos

- Substâncias tóxicas: qualquer substância presente no estabelecimento que seja potencialmente tóxica e que possa ir parar ao alimento acidentalmente ou proveniente das matérias-primas que possam exercer igualmente efeitos tóxicos (considerados contaminantes).

- Aditivos: ingredientes próprios da formulação do alimento mas que acrescentados em excesso (doses superiores ao máximo permitido por lei) possam pressupor perigo para a saúde do consumidor.

- Alergénos: são consideradas alergénos todas as substâncias que possam provocar reacções alérgicas às pessoas que a elas apresentam sensibilidade e, como tal, devem conhecer a sua presença ou ausência nos produtos alimentares. Há uma lista com os alimentos considerados como alergénos na legislação aplicável.

É necessário atender a contaminantes resultantes do processamento alimentar, a materiais em contacto com os alimentos e outros, como produtos de limpeza ou lubrificantes.

5.2.2. Indústria de Pastelaria

Foi na Grécia que nasceu esta arte tão apreciada, a Pastelaria. Os gregos preparavam os seus doces apenas com farinha, mel, frutos secos e, por muito estranho que pareça, pimenta e vinho. A grande maioria dos ingredientes que se utilizam actualmente era claramente desconhecida na altura. A pastelaria evoluiu muito desde o seu início: hoje em dia a confecção é muito mais rápida e simples. O crescimento tecnológico e científico, bem como com a descoberta de outros ingredientes permitiram o aparecimento de novas misturas, sabores e sensações.

São necessários, enquanto indústria especialista do sabor, pré-requisitos como a funcionalidade e segurança dos ingredientes, bem como o desenvolvimento de produtos e aplicações que correspondam aos desejos dos consumidores. Existe uma forte criatividade, conceitos de inovação e produtos ajustados para aplicações diversas e tradições e percepções específicas.

A investigação, o estudo de mercado e o desenvolvimento de novos produtos e conceitos, focados em grupos específicos de consumidores e aplicações, são essenciais para a indústria alimentar. É, também, extremamente importante o trabalho de equipa e em paralelo com os produtos primários, clientes, fornecedores e membros.

Uma indústria alimentar deste género dedica-se ao desenvolvimento, fabrico e comercialização de ingredientes para a indústria alimentar, levando em conta para tal os aspectos relacionados com a qualidade, meio ambiente e segurança. Empresas como a Mundipam tornam-se uma mais valia para os clientes envolvidos na área da pastelaria e afins, na medida em que fornecem soluções e novos produtos baseados nas opiniões dos consumidores e nas possibilidades técnicas.

Os consumidores procuram cada vez mais produtos de pastelaria fáceis e rápidos de confeccionar, em qualquer tipo de forno, com a qualidade e a indulgência de um produto tradicional, sem ingredientes que possam afectar negativamente a saúde e também, sempre que possível, nutricionalmente fortificados.

Os preparados em pó para pastelaria têm evoluído e sido ajustados ao longo dos últimos anos, acompanhando as expectativas dos consumidores e a procura por alimentos seguros, de alta qualidade e em constante inovação.

Quando se produzem misturas em pó, os produtores procuram eliminar ou minimizar problemas decorrentes da transformação, incluindo a variabilidade. Durante o processamento, a mistura pode não ser homogénea, dependendo de diversos factores como o tempo de mistura ou o tamanho das partículas, criando produções irregulares. É essencial um controlo qualificado da mistura, considerando o sinergismo dos ingredientes, para que a receita seja perfeita. Também é crucial conhecer a finalidade para fornecer a melhor funcionalidade no produto final.

Igualmente importante no desenvolvimento de fórmulas é perceber as condições que influenciam os diversos ingredientes e a relação entre estes que pode interferir com ou alterar outros ingredientes no sistema em pó. Estes problemas podem alterar as características finais da mistura, como o pH, a cor, a textura, todas elas fundamentais para a aceitação do consumidor.

Garantir exactamente a mesma cor no produto acabado, em cada embalagem, significa incorporar as matérias-primas que se misturem da maneira mais correcta.

Notou-se uma grande dedicação na tecnologia ao longo dos anos para melhorar muitos destes aspectos. Ingredientes especializados e a quantidade usada fazem uma grande diferença em termos funcionais. É possível produzir produtos convenientes, com grande sabor, de agradável textura, naturais e orgânicos, fortificados, funcionais, entre outros.

5.2.2.1. Desenvolvimento

No desenvolvimento de uma formulação de um produto deste género trabalha-se simultaneamente no modo de preparação e na receita a aconselhar, tendo em atenção as necessidades dos clientes e as características do produto (A. Esteves, 2000).

As matérias-primas a utilizar são cuidadosamente escolhidas, em função da sua qualidade intrínseca e do papel que terão na formulação final, e a sua qualidade controlada, de modo a que os produtos possuam sempre as mesmas características e se possa oferecer ao consumidor uma variedade de produtos apelativa, com uma qualidade elevada e constante.

No início do desenvolvimento, os ingredientes são basicamente os mesmos que os utilizados na receita tradicional original. O açúcar é uma matéria-prima qualitativa e quantitativamente muito importante. A sacarose é, por excelência, o açúcar mais utilizado (mais propriamente o açúcar de cana), por todas as características que confere ao produto final, desde a cor da crosta, à humidade, textura até ao poder edulcorante. Este pode ser utilizado isoladamente ou em combinação com outros.

Um dos desafios ao desenvolver um novo produto é na utilização de ingredientes, que naturalmente são muito ricos em água, como os ovos e o leite. Para que estas matérias-primas possam ser incorporadas na formulação, têm de estar desidratadas, o que ocorre através de processos de secagem, que retiram a quase totalidade da água, afectando o menos possível as outras

características, tornando-os mais estáveis e com tempos de vida mais longos. Em função da água que foi retirada a estes ingredientes, é possível estimar a água que vai ser necessário adicionar na receita.

Os óleos e gorduras são ingredientes cuja escolha deve ser muito bem ponderada. Deve-se escolher o tipo e a quantidade adequada, que permitam que o produto de pastelaria possua as características de sabor e textura necessárias.

Outras matérias-primas que se podem utilizar num *mix* para pastelaria são os fermentos químicos, o sal, os emulsionantes, os espessantes, especiarias, enzimas, frutas/vegetais desidratados, frutos secos, sultanas, aromas e corantes entre muitas outras. Apesar de serem ingredientes que na maioria das vezes são adicionados em pequenas quantidades, podem influenciar de um modo decisivo a qualidade do produto final. Tudo depende das características que se pretende que o *mix* possua e que englobam factores como a facilidade e flexibilidade de trabalho, o preço, entre outras.

O número de *mixes* existente é algo que está em constante evolução: os fabricantes estão sempre a trabalhar com o objectivo aumentar a variedade de produtos, procurando simultaneamente melhorar a qualidade daqueles que já se encontram no mercado.

5.3. Produtos em Estudo

Neste trabalho irá ser focada a produção industrial de creme de pasteleiro tradicional na empresa descrita no Capítulo anterior.

Creme é um nome genérico dado a qualquer substância de determinada consistência, espessa, nem líquida nem sólida, tida como "cremosa".

O creme de pasteleiro é um recheio doce, típico. Tradicionalmente, trata-se de um creme de consistência mediamente espessa, de cor amarela. É confeccionado com água, leite, açúcar, farinha, gemas e claras de ovos, limão, baunilha e manteiga.

Industrialmente, trata-se de um produto semi-completo em pó para elaboração a frio de creme tipo pasteleiro, ideal para recheios, coberturas e decoração de todo o tipo de pastelaria. Os cremes tipo pasteleiro apresentam uma óptima consistência, sendo muito cremosos, mais ou menos opacos e de cores que podem variar desde o amarelo-claro ao cor-de-laranja, com excelente textura e sabor.

Os chamados produtos semi-completos são produtos em que para além da adição de líquidos na receita, também é necessária a adição de produtos sólidos, sendo o açúcar mais comum.

Este tipo de produtos destina-se a outras indústrias alimentares, de segunda transformação, que o utilizam para elaborar cremes de pasteleiro para os mais diversos produtos de pastelaria. Estes cumprem a legislação em vigor na União Europeia, em matéria de segurança alimentar, ingredientes, aditivos, organismos geneticamente modificados, alergénos, rotulagem, contaminantes e materiais de embalagem.

Estes produtos permitem obter de um modo mais fácil e rápido, produtos com uma qualidade elevada e constante. Para que um *mix* seja verdadeiramente versátil, este tem de satisfazer dois clientes: aquele que o consome e aquele que o vai preparar. Isto significa que não pode apenas originar um produto com um bom aspecto e sabor para agradar ao cliente, deve ser fácil de trabalhar, servir, conservar e ser tolerante às diferentes condições de fabrico que existem nas pastelarias, fabricas, restaurantes e hotéis.

Todos os preparados em pó para creme de pasteleiro têm a validade de 9 meses, desde que armazenados com a embalagem fechada em local fresco e seco (15-25 °C), e são embalados em sacos de papel multicamadas com plástico intermédio.

Os cremes de pastelaria devem ser fabricados com matérias-primas de qualidade, apresentar características organolépticas próprias, designadamente sabor, aroma, cor e textura, e não conter substâncias estranhas à sua normal composição. Segue-se uma descrição sucinta da constituição de cada um dos cinco produtos seleccionados para o estudo presente.

O creme A é composto por açúcar, amido modificado, dextrose, soro de leite, espessante, regulador de acidez, conservantes, aromas e corantes. Para a sua reconstituição é necessário adicionar açúcar granulado e água e misturar durante 3 minutos. Apresenta aroma e sabor típicos e é cor-de-laranja.

O creme B é constituído por açúcar, amido modificado, espessante, conservantes, aroma, corantes, gordura vegetal, estabilizadores, sal, xarope de glucose, caseinato de sódio e lactose. Para a sua reconstituição é necessário adicionar açúcar granulado e água e misturar durante 3 minutos. Trata-se de um creme doce, ligeiramente baunilhado e amarelo muito claro.

O creme C tem açúcar, amido modificado, dextrose, conservantes, aroma, corantes, gordura vegetal, estabilizadores, sal, lactose e gelificante. Para a sua reconstituição é necessário adicionar açúcar granulado e água e misturar durante 3 minutos. Apresenta-se doce e ligeiramente baunilhado e amarelo claro.

O creme D é constituído por açúcar, amido modificado, soro de leite, conservante, aroma, corantes, gordura vegetal e estabilizantes. Para a sua reconstituição basta adicionar água e misturar durante 3 minutos. Trata-se de um creme amarelo, com sabor a baunilha.

O creme E é composto por açúcar, amido modificado, dextrose, soro de leite, espessante, regulador de acidez, conservantes, antiaglomerante, aromas, corantes, gordura vegetal, emulsionante, estabilizantes e leite magro. Para a sua reconstituição é necessário adicionar açúcar granulado e água e misturar durante 3 minutos. Tem um sabor típico e é cor-de-laranja.

5.4. Características em Estudo

É de suma importância a determinação de componentes e características específicas do produto final (composição química, físico-química e/ou física) para o controlo de qualidade do alimento, monitorização da legislação e adequação às especificações estabelecidas.

Na Mundipam, a qualidade dos produtos começa pela rigorosa selecção das matérias-primas, dos ingredientes e dos materiais de embalagem. Para determinar se estão de acordo com o especificado, são efectuadas as seguintes análises:

- Análises Físico-Químicas, que incidem na determinação de um conjunto diverso de parâmetros ao longo do processo de fabrico e também no produto acabado;
- Análises Microbiológicas, que são efectuadas como medida de eficácia de operações de higienização e limpeza e cobrem também as águas de processo, os ingredientes e o percurso até ao produto acabado.

No caso dos produtos em estudo, foi considerado pela empresa a necessidade de controlar as seguintes características de qualidade:

- Características organolépticas (aspecto, odor, sabor e cor) – Nos produtos em pó deve observar-se o tipo e a dureza das partículas, assim como a homogeneidade da mistura e a presença de corante. Também se deve observar o compactamento e a presença de grumos (massa pequena e sólida, de natureza mole, que se deve desfazer com pressão dos dedos). A mistura deve dissolver-se facilmente. O creme deve apresentar-se homogéneo, suave, com a consistência adequada e livre de partículas insolúveis, grumos ou pintas de corantes. O aroma deverá ser o característico do creme. O sabor deve ser doce e sem gostos estranhos. Usar o colorímetro para determinar se o creme está dentro das especificações de cor. Se necessário, comparar com uma referência;
- Características físico-químicas (textura e pH) – Medição directa do pH do creme, no intervalo de temperatura entre 20-25 °C, após medição da textura para determinar se o produto cumpre as especificações;
- Características biológicas (análises microbiológicas) – Análise em laboratório externo. Os resultados devem encontrar-se de acordo com o estabelecido na legislação aplicável.

Segue-se uma breve descrição de cada uma das características.

5.4.1. Textura

A textura é um atributo fundamental nos alimentos, que afecta o processo, o manuseamento, a durabilidade, a aceitação do consumidor em relação aos produtos e influencia hábitos.

A textura é uma propriedade de muito difícil definição. A textura dos alimentos foi descrita por Szczesniak (1963) como "o conjunto das características estruturais do alimento e a maneira como interage com os sentidos" e, mais tarde (2002) pelo mesmo autor, como "a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e de superfície dos alimentos, detectada pelos sentidos". Weenen *et al.* (2003) e Janssen *et al.* (2007) descrevem, basicamente, a textura como a percepção sensorial da estrutura de um alimento. A Norma ISO (1992) define textura como "o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detectáveis pelos receptores mecânicos e tácteis e, eventualmente pelos receptores visuais e auditivos". Pode-se, portanto, defini-la como um conjunto de propriedades físicas, percebidas sensorialmente (através da visão, tacto e audição), que são consequência da estrutura interna do material, que por sua vez é determinada pelas interações moleculares dos seus constituintes.

Estudos sobre a textura de alimentos semi-sólidos (Weenen *et al.*, 2005) indicam que as características relacionadas com a textura podem-se agrupar nas seguintes categorias:

- Mecânicas (viscosidade, coesão, dureza, elasticidade e aderência);
- Propriedades de superfície (associadas às sensações produzidas pela água ou gordura);
- Homogeneidade e heterogeneidade (dimensão, forma e arranjo de partículas).

A caracterização da textura cai geralmente em dois grupos principais, baseados em métodos de análise sensoriais e instrumentais. A sua avaliação, em primeira aproximação é, naturalmente, sensorial. No entanto, devido à complexidade inerente a esta forma de avaliação, ao seu elevado custo e prolongado tempo de resposta, uma alternativa consistente é a avaliação instrumental.

É preferível usar métodos instrumentais de avaliação de textura, que são melhores do que a análise sensorial, porque podem ser realizados sob circunstâncias mais estritamente definidas e controladas. Além disso, os problemas de variação experimental são mais prováveis de serem causados devido à heterogeneidade da amostra do que pela imprecisão instrumental. Uma outra razão para se optar pela análise instrumental, é que podem ocorrer mudanças frequentes nos níveis de ingredientes, causando diversas mudanças simultâneas nas características do produto. Algumas destas mudanças são difíceis de "disfarçar" e tendem assim a tornar a análise sensorial difícil.

Como a textura é o resultado perceptível da estrutura interna do material, que por sua vez é determinada pelas relações intermoleculares dos seus constituintes, a medição de parâmetros de textura está apoiada em testes mecânicos. Inicialmente a sua medição fazia-se nas chamadas Máquinas Universais de Teste, muito pesadas e pouco sensíveis para este tipo de materiais com estruturas muito finas e frágeis.

Presentemente a avaliação instrumental é feita com rapidez e segurança nos resultados, desde que sejam observadas determinadas regras e princípios básicos de utilização dos parâmetros mais representativos da textura de um determinado produto. É, no entanto, importante conhecer a correlação da avaliação instrumental com a sensorial.

Na última década houve uma grande evolução no desenvolvimento de máquinas ligeiras e na adaptação de testes para caracterizar, o mais próximo possível da avaliação sensorial, a textura de um material. Os resultados podem ser obtidos até ao nível de segurança estatística pretendido, com rapidez e reprodutibilidade. É, portanto, uma ferramenta fundamental em Controlo de Qualidade e no Desenvolvimento do Produto.

Do conceito sensorial se deduz que a textura não é uma propriedade simples, mas um conjunto de propriedades. Tentar obter uma medida objectiva de textura, portanto, está muito longe da medida de uma característica única. Apesar de existirem factores geométricos, químicos, térmicos, acústicos e fisiológicos que possam ter um papel importante na avaliação da textura, pode-se afirmar que o estímulo da percepção da textura é principalmente mecânico e, em consequência, quase todos os métodos instrumentais de avaliação de textura são ensaios mecânicos.

Sendo um atributo que integra várias contribuições, não é possível medir directamente a textura mas podem medir-se propriedades relevantes. O texturómetro (Figura 5.1) permite a realização de ensaios mecânicos fundamentais, empíricos e imitativos, importantes para a análise da textura de produtos agro-alimentares. Os fundamentais medem propriedades reológicas, os empíricos medem variáveis que estão relacionadas com atributos mecânicos que não estão definidas de acordo com as leis de ciência dos materiais e os imitativos tentam reproduzir condições similares às de consumo dos alimentos. Estão disponíveis diversos acessórios de medida, permitindo o estudo de diferentes amostras e a aplicação de diferentes metodologias – neste caso específico, mede-se a força necessária para atingir uma determinada profundidade no alimento ou qual a profundidade atingida para uma determinada força de penetração do alimento, por intermédio de uma sonda (dureza do material).



Figura 5.1 – Texturómetro.

5.4.2. pH

O conceito de pH foi proposto pelo dinamarquês Sørensen em 1909 e significa literalmente "potência (p) de hidrogénio (H)". Para a temperatura de 25°C, um meio aquoso será ácido se tiver pH de 0 a 7, será básico se o pH for de 7 a 14 e será neutro para pH igual a 7.

Os factores inerentes aos produtos alimentares (factores intrínsecos), como o pH, afectam o crescimento microbiano, que, por sua vez, afectam a qualidade.

A acidez, incluindo a dos alimentos, é normalmente medida numa escala de pH (valores entre 0 e 14), em que o pH é o logaritmo decimal do inverso da concentração do ião hidrogénio no alimento. A acidez é proporcional à concentração deste ião e, conseqüentemente, menor é o respectivo valor de pH.

O pH pode ser determinado usando um medidor de pH acoplado a um eléctrodo de pH (Figura 5.2). O medidor de pH é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor de tensão do eléctrodo de pH em unidades de pH. Este tipo de eléctrodo é chamado "ião selectivo".

O pH de um alimento é crítico. A redução do pH de um alimento contribui para reduzir a capacidade de desenvolvimento microbiano, razão pela qual a acidificação de alimentos (por exemplo, através da adição de ácidos fracos) é utilizada como técnica de conservação.

Nos produtos com pH superior a 4,5 (de baixa acidez), como é o caso dos produtos em estudo, há favorecimento do crescimento bacteriano. No entanto, o crescimento e o metabolismo microbiano exigem a presença de água numa forma disponível (a actividade da água é um índice desta disponibilidade). A actividade da água nos produtos em causa é muito baixa (trata-se de produtos em pó, desidratados), logo a maioria das bactérias encontra-se controlada. Em adição a estas condições, são adicionados um conjunto de conservantes químicos e aditivos para estender o tempo de vida dos produtos alimentares e/ou inibir o crescimento microbiano, quer individualmente, quer de forma combinada.



Figura 5.2 – Potenciómetro (medidor de pH).

5.4.3. Cor

A cor é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição, por isso, na indústria de alimentos a cor é um atributo importante (Batista, 1994). O controlo, alteração e estabilização da cor dos alimentos é, portanto, um objectivo importante na ciência e tecnologia dos alimentos. Os corantes são adicionados aos alimentos em quantidades reduzidas.

Para a determinação da cor usa-se o colorímetro (instrumento de medida fotométrica como o da Figura 5.4) com o sistema CIELAB, referido por Aires-Barros *et al.* (2001). O CIELAB permite a especificação de percepções de cores em termos de um espaço tridimensional. Este sistema define a cor segundo os três parâmetros L^* , a^* e b^* , conforme representado na Figura 5.3.

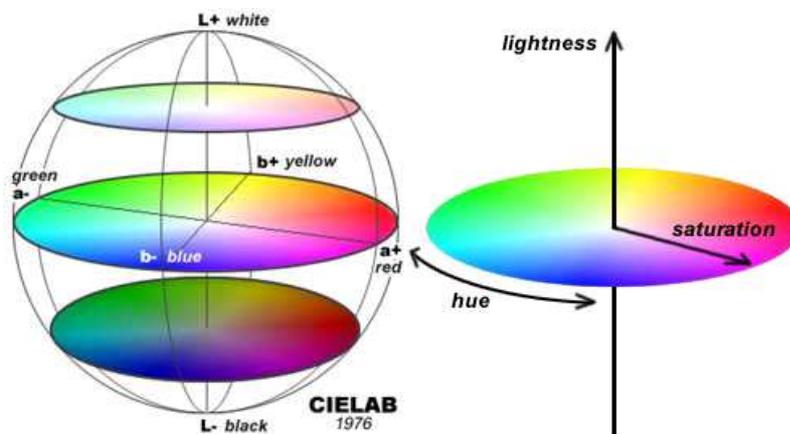


Figura 5.3 – Sistema de cor $L^* a^* b^*$ (Berns, 2001).

O parâmetro L^* , expresso no eixo vertical, representa no extremo superior (100%) o branco e no extremo inferior (0%) o preto. O parâmetro a^* é a coordenada colorimétrica no eixo verde-vermelho, variando de - 60 a + 60. De modo semelhante, o parâmetro b^* representa a coordenada colorimétrica no eixo azul-amarelo, variando entre os mesmos valores. Este sistema permite efectuar a comparação entre diferentes amostras, ou entre uma amostra e um padrão, em termos de ΔL^* , Δa^* e Δb^* , bem como interpretar a amplitude da diferença. Na interpretação dos parâmetros colorimétricos devem usar-se as linhas de orientação referidas no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Linhas de orientação a seguir na interpretação dos parâmetros colorimétricos.

	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
+	Clara	Avermelhada	Amarelada
-	Escura	Esverdeada	Azulada

A diferença de cor total, ΔE^* , deve ser calculada através da equação 5.1:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$
Equação 5.1

Onde:

ΔE^* é a variação de luminosidade (grau de claro ou escuro);

Δa^* é a variação do parâmetro a^* ;

Δb^* é a variação do parâmetro b^* .

Se $\Delta E^* < 1$ a diferença de cor não é óbvia para a visão humana; se $1 < \Delta E^* < 3$ a diferença de cor não é relevante para a visão humana; se $\Delta E^* > 3$ a diferença de cor é óbvia para a visão humana.

A tonalidade (H^*) é o atributo da percepção visual onde uma cor é percebida como vermelho, amarela, verde, azul, púrpura, etc. A saturação (C^*) é o atributo da percepção visual que indica o grau de pureza da cor – quanto maior o grau, mais saturada é a cor. Os brancos, pretos e cinza puros não possuem tonalidade e saturação.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})$$
Equação 5.2

$$H^* = \arctan(b^* / a^*)$$
Equação 5.3



Figura 5.4 – Colorímetro.

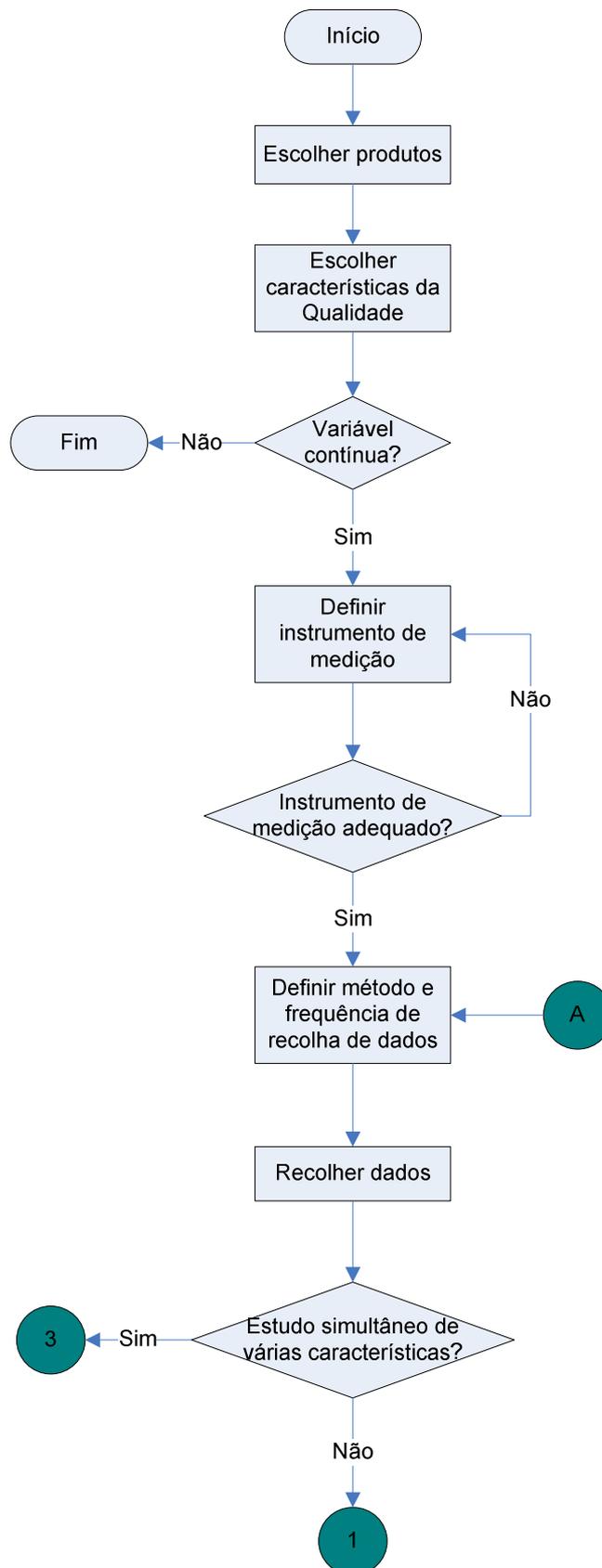
Capítulo 6

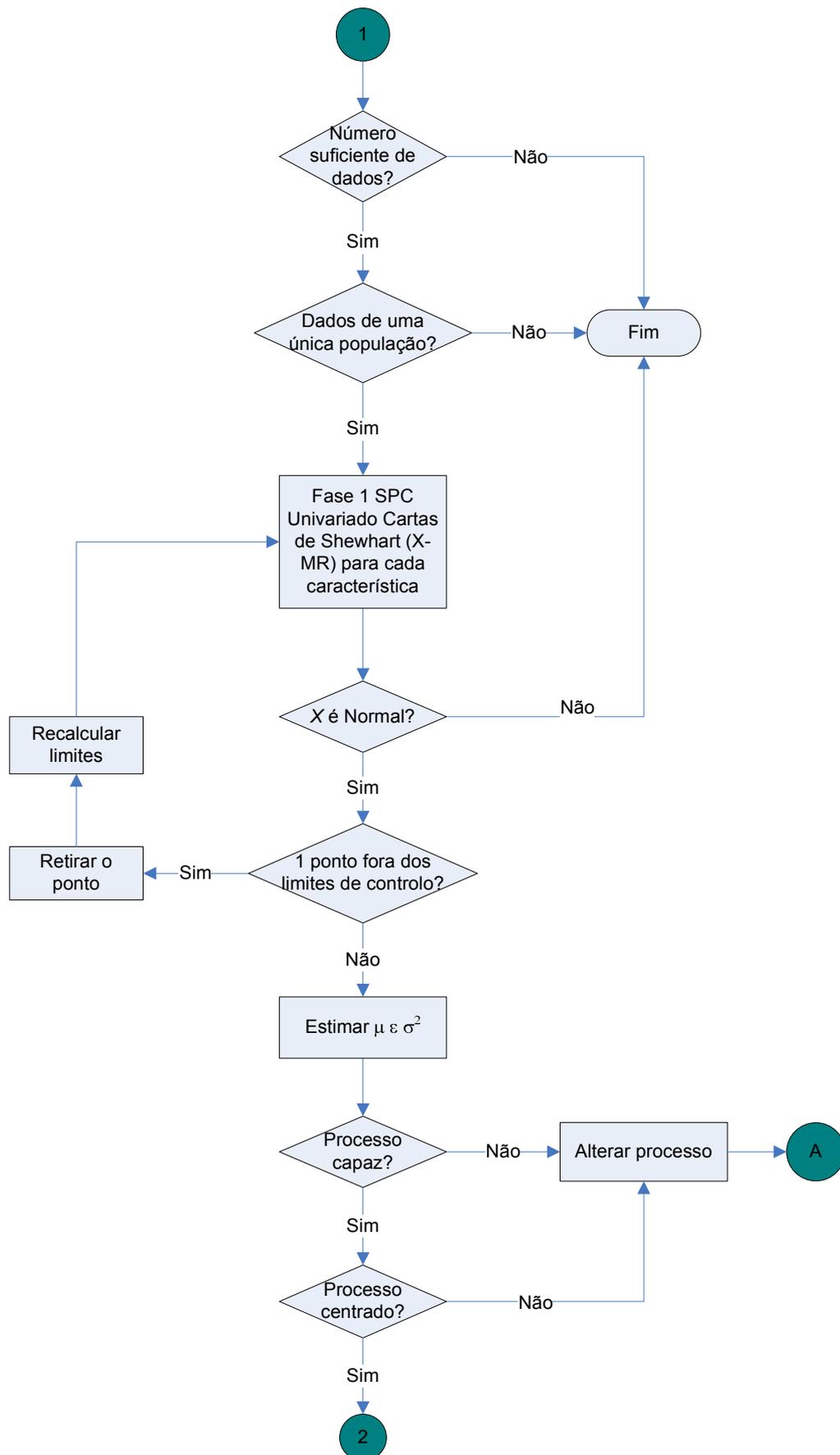
METODOLOGIA

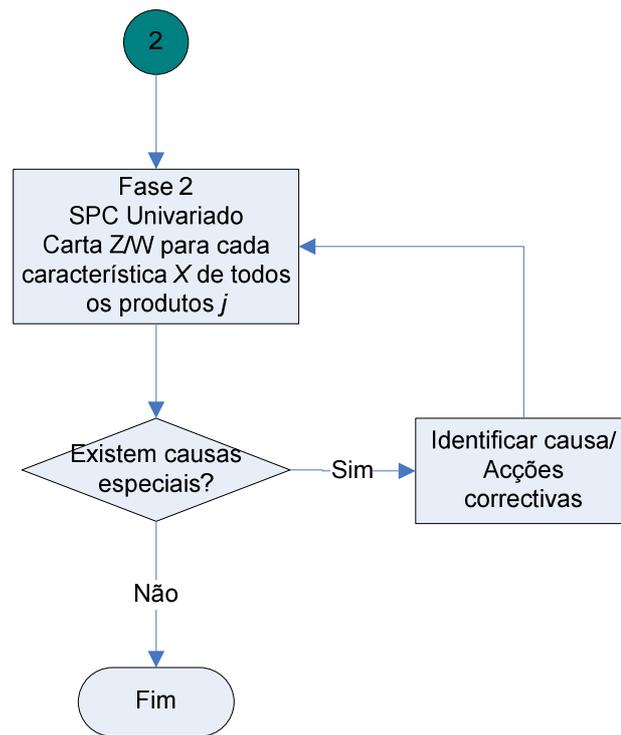
Tendo em consideração os desenvolvimentos apresentados nos Capítulos 3 e 4, sugere-se, no controlo estatístico do processo no sistema produtivo em causa, caracterizado por "pequenas produções", a implementação da metodologia que consta do fluxograma, que se apresenta neste capítulo.

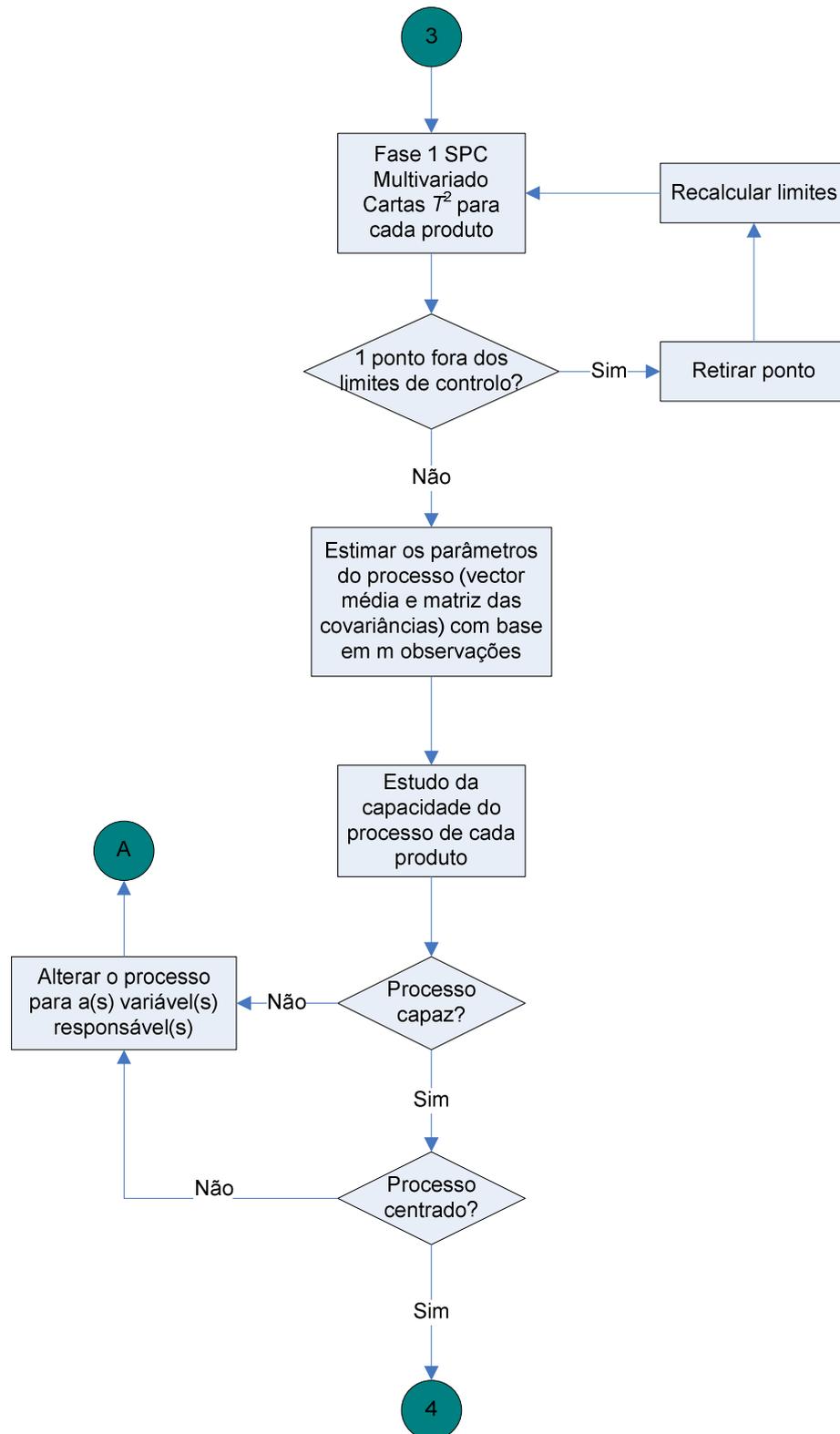
Na metodologia que se sugere faz-se notar que o estudo da Normalidade da distribuição dos valores da característica da qualidade X é um dos pressupostos essenciais, não só no estudo da capacidade do processo, mas também na implementação das cartas de controlo.

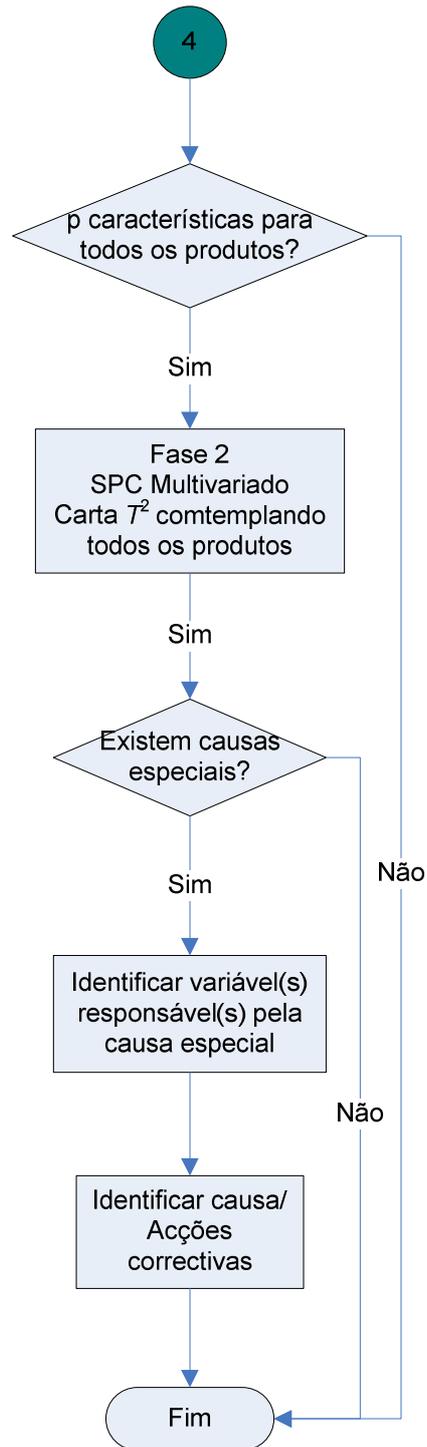
6.1. Fluxograma de Implementação











Capítulo 7

PARTE EXPERIMENTAL

7.1. Introdução

Este capítulo aborda a aplicação prática desenvolvida na Mundipam. O sistema produtivo da Mundipam caracteriza-se pelo fabrico em lotes e os dados foram organizados em observações individuais.

O grande objectivo desta aplicação prática consistiu em implementar e validar na empresa a metodologia específica adequada ao seu sistema produtivo, tendo por base a metodologia proposta no Capítulo 6.

O presente trabalho desenvolveu-se na unidade fabril da empresa, tendo sido estudados cinco produtos, todos *mixes* em pó para preparação de cremes de pasteleiro.

As referências ao processo produtivo e às características da qualidade são as que realmente existem no sistema produtivo. Já no que se refere à identificação dos produtos, por questões de confidencialidade, não são as suas verdadeiras designações. Foram necessárias algumas alterações dos dados para possibilitar o presente estudo.

7.2. Recolha de Dados

Após a selecção dos produtos e das características da qualidade, recolheram-se todos os valores das características em estudo da base de dados do Controlo de Qualidade.

Os operadores dos equipamentos de medição utilizados têm formação adequada, no sentido de não introduzirem distorções inaceitáveis e de recolher sistemática e atentamente todos os dados.

Os métodos de medição das diversas características da qualidade estão definidos através de procedimentos internos da qualidade, como descrito na secção 5.4.

Optou-se por estudar cinco produtos (A, B, C, D e E) cujos processos produtivos são similares, ou seja, utilizam o mesmo espaço fabril (linha 1), equipamentos, procedimentos, métodos e analistas. Essencialmente, a única diferença entre os processos consiste na utilização de algumas matérias-primas diferentes. De uma forma um tanto abusiva, poder-se-á afirmar que estes produtos têm “um mesmo processo produtivo”. A sequência de fabrico deriva das necessidades manifestadas pelo marketing, implicando o fabrico sequencial de produtos diferentes.

Conclui-se, portanto, que o fabrico destes produtos é um caso típico de pequenas produções, sendo aplicável a metodologia apresentada no Capítulo 6.

No Quadro 7.1 indica-se o número de lotes fabricados dos 5 produtos em estudo desde o início de laboração da fábrica em Portugal até Julho de 2009.

Quadro 7.1 – Produtos seleccionados.

Código do Produto	A	B	C	D	E
Número de lotes fabricados	87	104	82	154	102

Foi considerada a necessidade de controlar algumas das características da qualidade dos produtos indicados, nomeadamente: textura, pH e cor (parâmetros a^* , b^* e L^*).

No Quadro 7.2 apresentam-se as especificações para as características consideradas neste trabalho (descritas na secção 5.4).

Quadro 7.2 – Limites das especificações aplicáveis às características dos produtos em estudo.

		A	B	C	D	E
a*	LSE	15,100	11,800	16,000	2,000	14,600
	LIE	9,900	7,000	12,000	0,800	10,600
b*	LSE	65,000	64,000	65,000	38,000	71,000
	LIE	45,000	50,000	51,000	26,000	39,000
L*	LSE	75,000	83,000	78,000	78,000	78,000
	LIE	67,000	71,000	72,000	72,000	66,000
pH	LSE	5,950	6,600	7,100	7,050	6,050
	LIE	5,450	6,100	6,500	6,550	5,550
Textura	LSE	225,000	210,000	260,000	285,000	265,000
	LIE	105,000	90,000	110,000	135,000	135,000

Os equipamentos de medição utilizados para determinação dos valores de cada uma das características da qualidade dos vários produtos são os que se apresentam na secção 5.4. Os equipamentos de medição encontram-se correctamente calibrados. O departamento da Qualidade elabora anualmente um plano de verificação e calibração dos equipamentos de medição do laboratório.

7.3. Análise de Dados

7.3.1. Metodologia

Dado o número elevado de aplicações realizadas para os 5 produtos, apresenta-se neste capítulo o estudo realizado para a característica textura. Escolheu-se o produto D para a *Fase 1* do estudo univariado e do estudo multivariado; na *Fase 2* seleccionaram-se, relativamente à textura, a carta Z/W com os últimos 18 pontos; apresentam-se os últimos 34 pontos da carta T^2 da *Fase 2*.

Como referido em 7.2, estudaram-se 5 produtos (variedades de preparados em pó para creme de pasteleiro). Como não foram realizadas mais de 100 medições para todos eles, optou-se por estimar os parâmetros dos seus processos com base em 80 medições. Considerando a metodologia referida no Capítulo 6, os passos a seguir para estes 5 produtos são os seguintes:

a) Estudo Univariado

- *Fase 1* do *SPC*
 - Construir cartas de controlo $X-MR$ para cada característica da qualidade de todos os produtos;
 - Verificar a Normalidade dos dados;

- Verificar se os processos se encontram sob controlo estatístico;
- Estimar os parâmetros dos processos;
- Estudar a capacidade dos processos.

- *Fase 2 do SPC*

- Construir Cartas Z/W para cada característica da qualidade, incluindo todos os produtos na mesma carta de controlo;
- Verificar a estabilidade do processo ao longo do tempo.

b) Estudo Multivariado

- *Fase 1 do SPC*

- Construir cartas de controlo T^2 para cada produto;
- Verificar se os processos se encontram sob controlo estatístico;
- Estimar os parâmetros dos processos (vector média e matriz das covariâncias);
- Estudar a capacidade do processo de cada um dos produtos, através dos índices multivariados.

- *Fase 2 do SPC*

– Construir uma única carta de controlo T^2 , com a inclusão de todos os produtos em controlo (a estatística T^2 é adimensional e os limites de controlo da carta T^2 dependem, apenas, do nível de significância, do número de variáveis p e do número de dados m que serviram de base à estimação do vector média e da matriz das covariâncias do processo – essa foi a razão pela qual na *Fase 1* se impõe $m = 80$, após recalcularem os limites de controlo);

– Verificar a estabilidade do processo ao longo do tempo; quando se detectar uma causa especial de variação, determinar, pelo método da estatística d' , que variável(s) é responsável(s) por essa situação ou se é devida a uma alteração da correlação entre variáveis.

7.3.2. Estudo Univariado

7.3.2.1. Fase 1 – Cartas $X-MR$ univariadas e análise da Capacidade dos processos

Com base nos 80 valores para as características da qualidade de todos os produtos, elaboraram-se cartas de controlo $X-MR$.

Sendo esta a *Fase 1* do *SPC*, foram identificados e retirados os pontos que não pertencem ao intervalo definido pelos limites de controlo, substituídos por outros seguindo a ordem cronológica para manter $m = 80$ e verificada a inexistência de padrões não aleatórios.

Verificou-se a Normalidade dos dados das cartas *X-MR*, após se ter procedido à eliminação dos pontos referidos anteriormente. Depois de se verificar que o processo está sob controlo estatístico, procedeu-se à estimação dos seus parâmetros. Com as estimativas da média e do desvio padrão, analisou-se a capacidade dos processos, através dos índices de capacidade C_p e C_{pk} .

Apresentam-se seguidamente as cartas de controlo *X-MR*, estudo da Normalidade e análise da capacidade do processo referente à textura do produto D, recorrendo ao software "Statistica". No Anexo III apresenta-se o estudo desenvolvido para a *Fase 1* do controlo estatístico dos restantes produtos referenciadas.

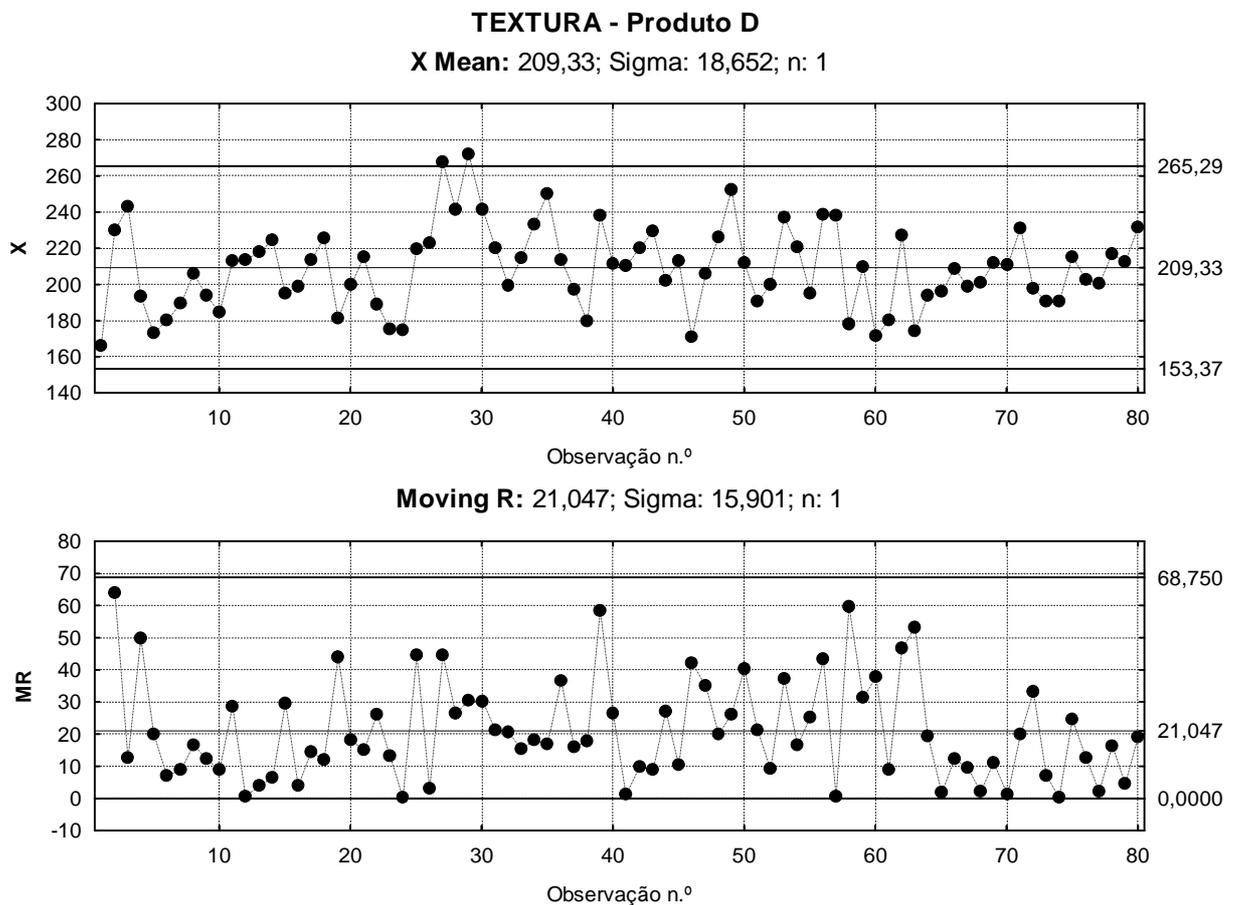


Figura 7.1 – Carta de Controlo *X-MR* para a textura do produto D.

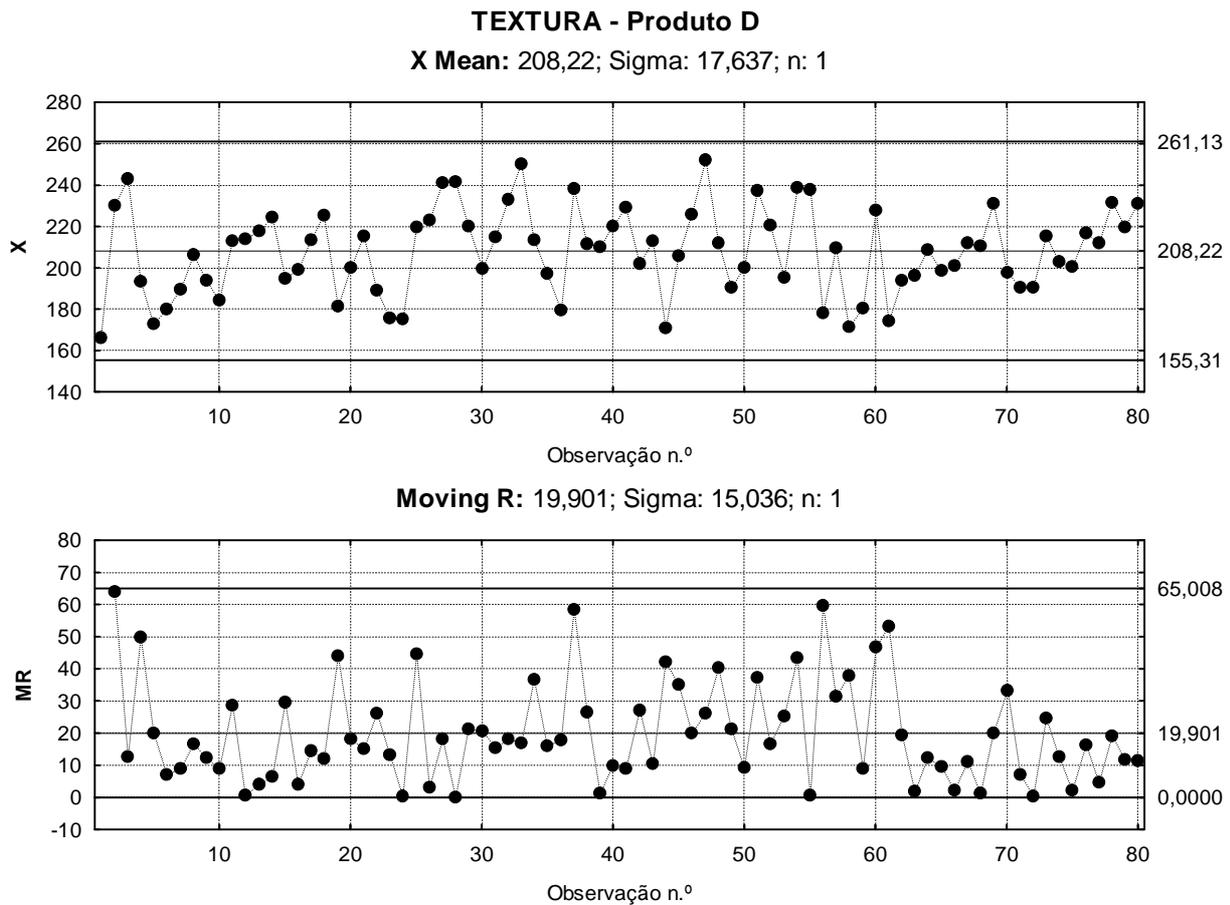


Figura 7.2 – Carta de Controllo *X-MR* (reformulada) para a textura do produto D.

Eliminaram-se das cartas *X-MR* (Figura 7.1) os pontos n.º 27 e 29, por se situarem acima do *LSC* da carta *X* e elaborou-se a carta revista (Figura 7.2), acrescentando o número de pontos retirados de acordo com a ordem cronológica para manter $m = 80$. Procedeu-se à análise das cartas (através de *Run Tests*), recorrendo ao software “*Statistica*”, tendo-se verificado que não existe qualquer padrão não aleatório – Figura 7.3. Considera-se assim o processo sob controlo estatístico.

TEXTURA - Produto D; Runs Tests					
X Chart					
Center line: 208,218750 Sigma: 17,637038					
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	Tests for special causes (runs rules)	from sample	to sample		
	9 samples on same side of center	OK	OK		
	6 samples in row in/decreasing	OK	OK		
	14 samples alternating up & down	OK	OK		
	2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK		
	4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK		
	15 samples in Zone C	OK	OK		
	8 samples beyond Zone C	OK	OK		

		TEXTURA - Produto D; Runs Tests			
		MR Chart			
		Center line: 19,901266 Sigma: 15,035618			
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	Tests for special causes (runs rules)	from sample	to sample		
	9 samples on same side of center	OK	OK		
	6 samples in row in/decreasing	OK	OK		
	14 samples alternating up & down	OK	OK		
	2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK		
	4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK		
	15 samples in Zone C	OK	OK		
	8 samples beyond Zone C	OK	OK		

Figura 7.3 – Verificação da ausência de padrões aleatórios nas cartas da Figura 7.2.

O estudo da Normalidade dos dados, apresentado na Figura 7.4, foi realizado através do teste de Kolmogorov-Smirnov ($d = 0,05455$; $D_{Crítico} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099$, para $\alpha = 5\%$, tendo em conta que $N = 80$; $d < D_{Crítico}$). No histograma é indicado, também, o valor de p do teste do Qui-Quadrado ($p = 0,46369$; $p > 0,05$).

Para a construção do Histograma, determina-se o n.º de classes através da seguinte regra, proposta por Sturges:

$$k = 1 + 3,322 \log N \quad \text{Equação 7.1}$$

em que N corresponde ao n.º de dados. Assim, $k = 7$ classes.

Os *Histogramas* são gráficos de barras, nos quais estão representadas a distribuição de frequências de um dado acontecimento. Trata-se de uma das ferramentas que permitem verificar a normalidade dos valores. A utilização desta ferramenta permite observar facilmente a tendência central (média) e a dispersão.

TEXTURA - Produto D, Distribuição: Normal

Kolmogorov-Smirnov d = 0,05455, p = n.s.

Qui-Quadrado = 1,53709, g.l. = 2, p = 0,46369

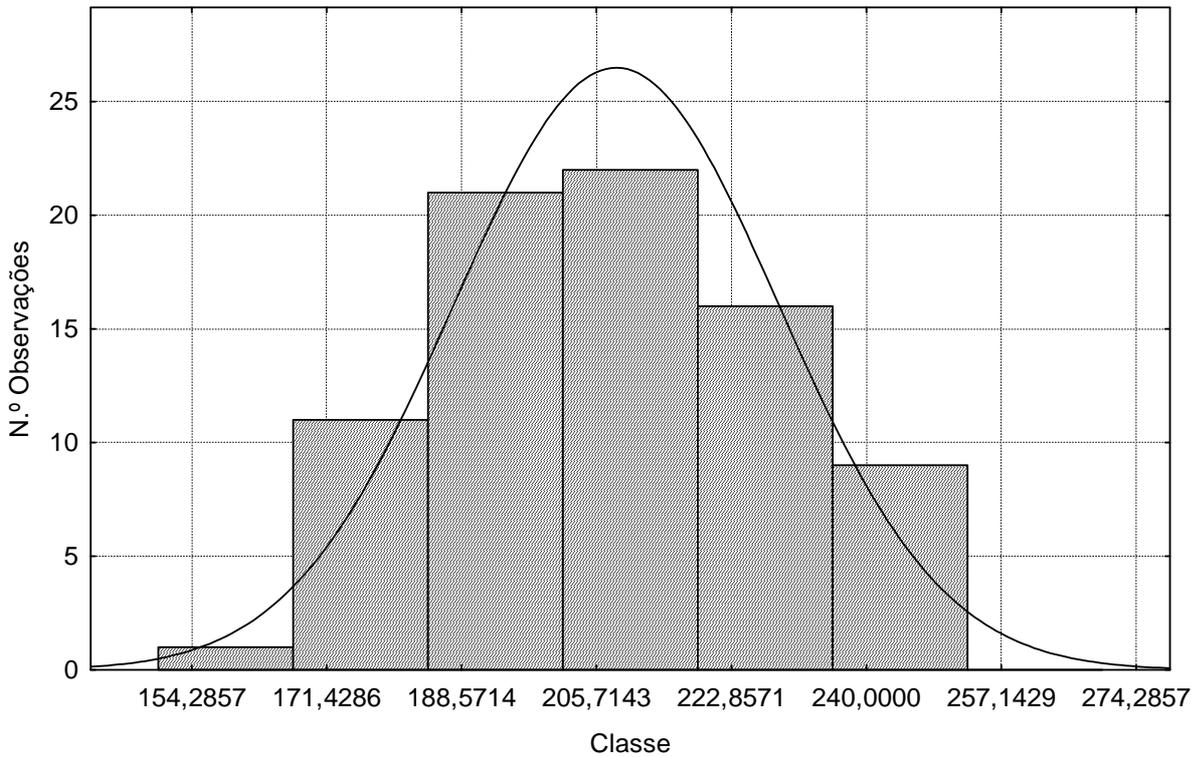


Figura 7.4 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto D.

O estudo da capacidade do processo é realizado com base nos índices de capacidade C_p e C_{pk} , definidos pelas equações 3.10 e 3.11, e permite analisar a capacidade do processo em produzir de acordo com determinada especificação técnica. Apresenta-se no Quadro 7.3 o estudo efectuado para a textura do produto D.

Quadro 7.3 – Estudo da Capacidade do processo relativamente à textura do produto D.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	\hat{C}_p	\hat{C}_{pk}	$(\hat{C}_{pk})_I$	$(\hat{C}_{pk})_S$
Textura	135	285	208,22	17,637	1,417	1,384	1,384	1,451

Validaram-se as estimativas dos parâmetros de todos os processos tendo em conta que $\hat{C}_{pk} > 1,33$ e calculando a diferença relativa entre o valor de $(\hat{C}_{pk})_I$ e de $(\hat{C}_{pk})_S$, sendo que:

$$\Delta C_{pk} = \frac{(C_{pk})_S - (C_{pk})_I}{C_{pk}} \tag{Equação 7.2}$$

Consideraram-se centrados todos os processos com $\Delta C_{pk} < 10\%$.

O processo referente à textura do produto D apresenta uma boa capacidade e é centrado.

7.3.2.2. Fase 2 – Cartas de Controlo Z/W

Após se verificar a estabilidade do processo na *Fase 1*, estimado os seus parâmetros e analisado a sua capacidade, está-se em condições de monitorizar o processo para os dados futuros – *Fase 2*. Dada a existência de diversos produtos, as cartas de controlo Z/W são as que melhor se ajustam a esta situação, em virtude das distribuições serem aproximadamente Normais e os parâmetros do processo já terem sido estimados na *Fase 1*.

Construíram-se cinco cartas de controlo Z/W (para a textura, pH e parâmetros da cor a^* , b^* e L^*), englobando quatro produtos em sequência cronológica, uma vez que não se dispunham de dados suficientes para o produto C.

Assim, determinaram-se as transformadas do valor da característica da qualidade do produto j no instante i e da respectiva amplitude móvel. Essas transformadas foram determinadas com base nas equações 4.1 e 4.2, recorrendo ao *software* Excel. Os limites de controlo das cartas, para uma amostra fictícia constituída por duas observações consecutivas, são apresentados no Quadro 7.4.

Quadro 7.4 – Transformadas de X_{ij} e MR_{ij} e limites de controlo das cartas Z/W.

Transformação		Limites de Controlo		
		LIC	LC	LSC
Carta Z_X	$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$	-3	0	3
Carta W_{MR}	$W_{ij} = \frac{MR_{ij}}{MR_j}$	$D_3 = 0$	1	$D_4 = 3,267$

Apresentam-se na Figura 7.5 as cartas Z/W relativas à textura dos produtos em estudo, para os últimos 18 pontos. As restantes cartas de controlo encontram-se no Anexo IV.

Descreve-se seguidamente a análise das cartas Z/W, por característica da qualidade.

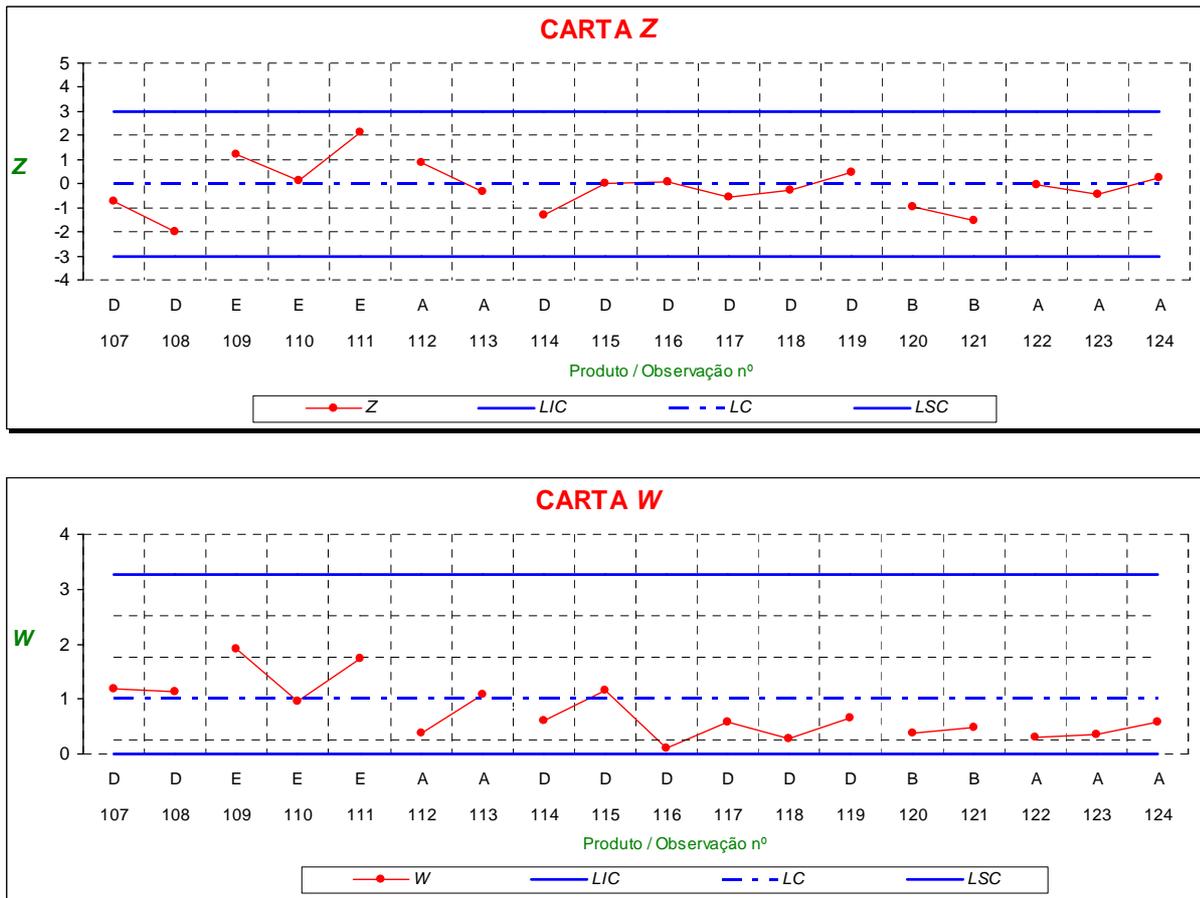


Figura 7.5 – Cartas de Controlo Z/W para a textura dos quatro produtos.

Textura

No Quadro 7.5 apresenta-se a análise efectuada às cartas Z/W referente à característica textura dos 4 produtos em estudo.

Quadro 7.5 – Ocorrência de causas especiais para a característica textura (Cartas Z/W).

N.º	Produto	Lote	Data	Ocorrência	Acção
20	D	1320599/1	02-12-2008	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo
23	D	1320599/4	02-12-2008	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo
32	D	1321586/7	05-12-2008	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo

pH

No Quadro 7.6 apresenta-se a análise efectuada às cartas Z/W referente à característica pH dos 4 produtos em estudo.

Quadro 7.6 – Ocorrência de causas especiais para a característica pH (Cartas Z/W).

N.º	Produto	Lote	Data	Ocorrência	Acção
42	E	1329228/3	03-03-2009	$W = 3,31$	Identificar causa e corrigir processo
45	B	1330245/3	13-03-2009	$Z = 3,10$	Identificar causa e corrigir processo
51	D	1330693/5	16-03-2009	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo
60	E	1331085/4	19-03-2009	$Z = -3,51$	Identificar causa e corrigir processo

Parâmetro a^* da cor

No Quadro 7.7 apresenta-se a análise efectuada às cartas Z/W referente ao parâmetro a^* da característica cor dos 4 produtos em estudo.

Quadro 7.7 – Ocorrência de causas especiais para o parâmetro a^* da característica cor (Cartas Z/W).

N.º	Produto	Lote	Data	Ocorrência	Acção
34	D	1321586/9	05-12-2008	$Z = 3,86$	Identificar causa e corrigir processo
35	D	1321586/10	05-12-2008	$Z = 3,32$	Identificar causa e corrigir processo
107	D	1341428/4	26-06-2009	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo
117	D	1342063/1	03-07-2009	$W = 3,73$	Identificar causa e corrigir processo

Parâmetro b^* da cor

A análise efectuada às cartas Z/W referente ao parâmetro b^* da característica cor dos 4 produtos em estudo não mostrou a ocorrência de causas especiais.

Parâmetro L^* da cor

No Quadro 7.8 apresenta-se a análise efectuada às cartas Z/W referente ao parâmetro L^* da característica cor dos 4 produtos em estudo.

Quadro 7.8 – Ocorrência de causas especiais para o parâmetro L^* da característica cor (Cartas Z/W).

N.º	Produto	Lote	Data	Ocorrência	Acção
34	D	1321586/9	05-12-2008	$Z = -4,23$	Identificar causa e corrigir processo
35	D	1321586/10	05-12-2008	$Z = -5,48$	Identificar causa e corrigir processo
39	B	1327888/3	17-02-2009	$Z = -3,05$	Identificar causa e corrigir processo
70	B	1333829/5	19-04-2009	4 de 5 na zona B ou A	Identificar causa e corrigir processo
72	B	1333829/7	19-04-2009	$W = 3,35$	Identificar causa e corrigir processo
86	D	1337709/1	25-05-2009	$Z = -3,28$	Identificar causa e corrigir processo
120	B	1342287/1	07-07-2009	$W = 3,28$	Identificar causa e corrigir processo

7.3.3. Estudo Multivariado**7.3.3.1. Fase 1 – Cartas multivariadas T^2 e análise da Capacidade dos processos****Cartas T^2**

Como os dados se referem a observações individuais, os valores de T_k^2 e os limites de controlo foram determinados pelas equações 4.11, 4.12 e 4.13. O nível de significância considerado foi $\alpha' = 1,34\%$ ($p = 5$; $\alpha_j = 0,27\%$; corresponde $\alpha' = 1 - (1 - \alpha_j)^5 = 1,34\%$).

De forma a ter limites de controlo iguais para todos os produtos, considerou-se para todos eles $m = 80$. Quando se teve de eliminar pontos, em virtude de apresentarem $T_k^2 > LSC$, na revisão que se seguiu introduziram-se novos valores de forma a perfazer para todos os produtos o valor $m = 80$ (este passo é importante para a Fase 2 das cartas multivariadas, visto que os limites nessa fase são

calculados com base nas p características e nas m observações da *Fase 1*; na *Fase 2* construiu-se uma única carta contemplando todos os produtos, com os mesmos limites para todos eles).

Os cálculos para determinar $\bar{\mathbf{X}}$, \mathbf{S} , T_k^2 e os limites de controlo foram realizados com recurso ao software Excel. A construção das cartas multivariadas foi também realizada com recurso ao software Excel. No Anexo V apresentam-se as cartas T^2 para a *Fase 1*, em V.1 as cartas iniciais e em V.2 as cartas revistas.

Na Figura 7.6 e Figura 7.7 estão representadas a carta multivariada inicial e a carta revista do produto D (os pontos n.º 19, 20, 27, 56 e 61 foram retirados da carta inicial, acrescentando-se os pontos n.º 81, 82, 83, 84 e 85 para manter $m = 80$).

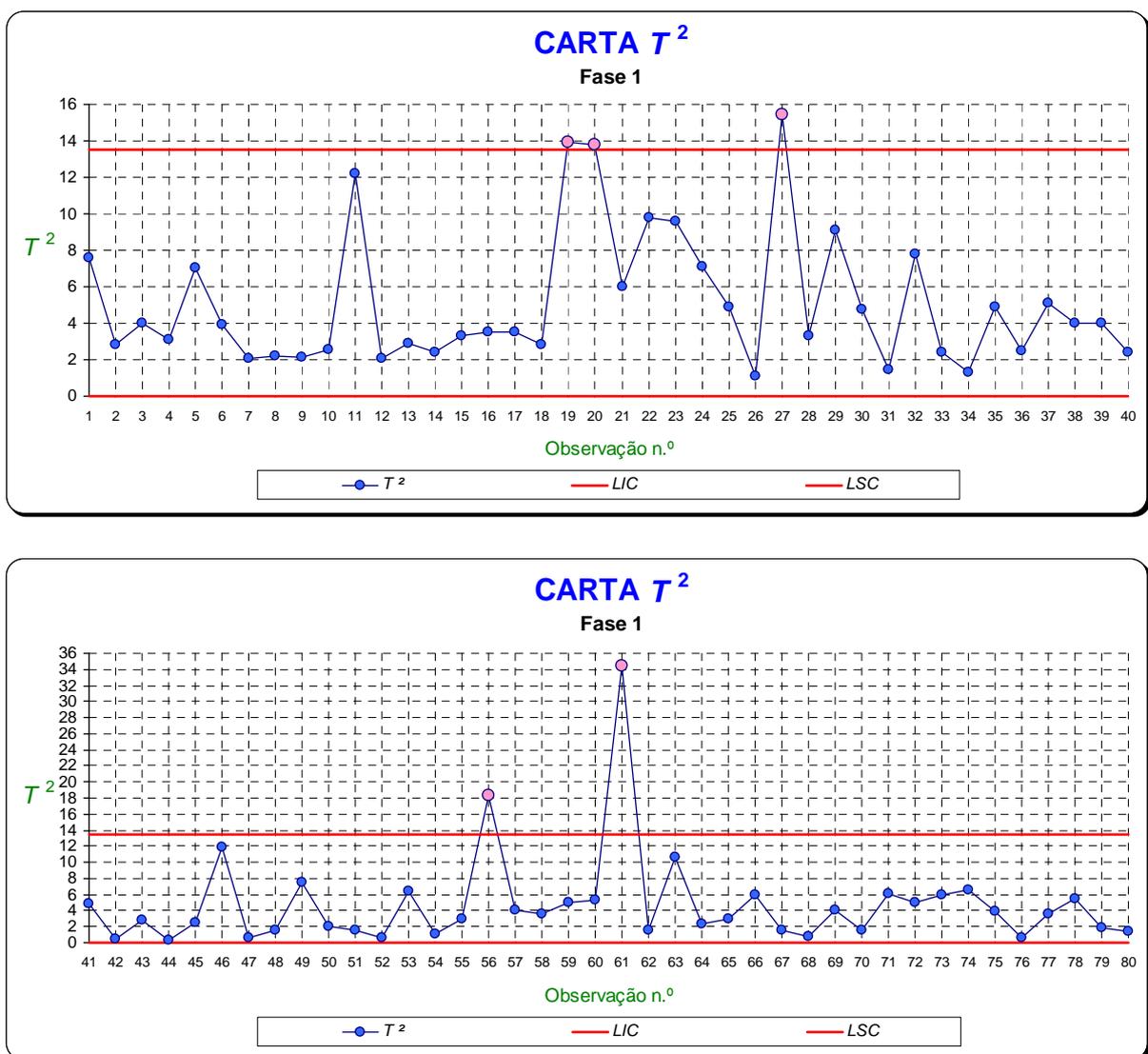


Figura 7.6 – *Fase 1* – Carta multivariada inicial para o produto D.

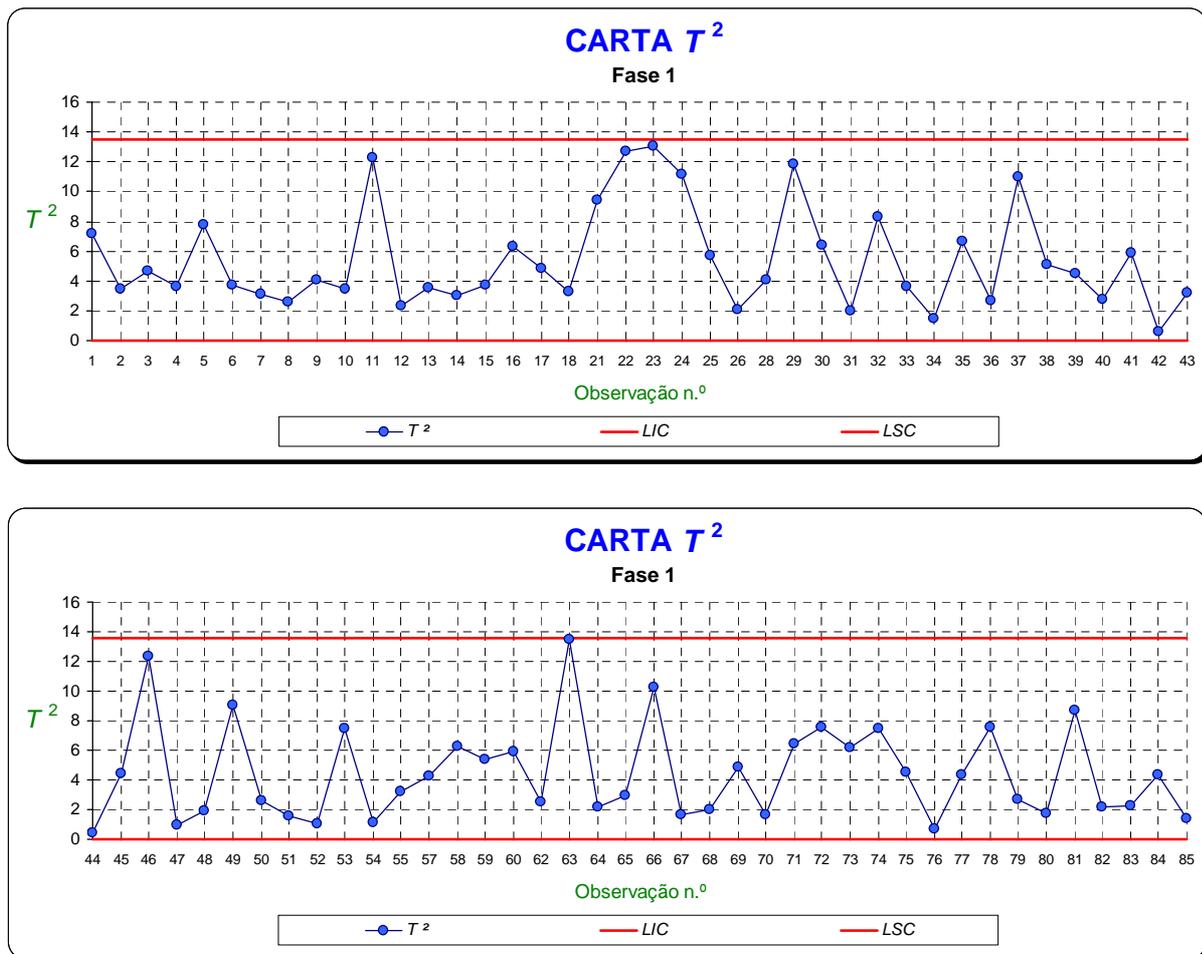


Figura 7.7 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto D.

Estimação dos parâmetros dos processos

Após se ter verificado que os processos referentes aos 5 produtos se encontram sob controlo estatístico, estimaram-se os vectores média e matrizes das covariâncias dos processos.

Apresentam-se no Quadro 7.9 os valores de s_j da matriz das covariâncias \mathbf{S} de cada produto, após se ter procedido à revisão das cartas T^2 . A ordem das características foi a seguinte: X_1 – Textura, X_2 – pH, X_3 – Parâmetro a^* da cor, X_4 – Parâmetro b^* da cor e X_5 – Parâmetro L^* da cor. No Quadro 7.10 estão indicados os elementos que constituem as matrizes das covariâncias estimadas.

Quadro 7.9 – Elementos \bar{X}_j do vector média $\bar{\mathbf{X}}$ de cada produto.

Produto	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
	Textura	pH	a^*	b^*	L^*
A	163,81	5,72	12,47	55,01	71,29
B	152,99	6,33	9,39	56,95	77,21
C	184,57	6,77	13,95	58,46	75,46
D	208,95	6,83	1,43	32,51	74,86
E	196,97	5,83	12,65	54,89	72,13

Quadro 7.10 – Elementos s_{ij} da matriz das covariâncias \mathbf{S} de cada produto.

Produto	s_{11}	s_{22}	s_{33}	s_{44}	s_{55}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{15}	s_{23}	s_{24}	s_{25}	s_{34}	s_{35}	s_{45}
A	229,80	0,003	0,46	7,48	0,48	-0,32	1,74	-0,34	-0,19	-0,005	-0,006	-0,004	0,60	0,07	0,10
B	240,18	0,005	0,44	3,31	3,11	-0,25	-0,27	3,71	1,20	0,002	-0,01	0,003	0,03	-0,92	0,17
C	392,59	0,003	0,20	2,58	0,34	0,32	0,16	-1,95	1,20	-0,001	0,01	0,005	0,30	-0,10	-0,19
D	463,88	0,004	0,02	1,25	0,53	0,10	-0,76	1,36	3,01	-0,0003	0,01	0,008	-0,01	-0,005	0,02
E	297,34	0,002	0,23	15,76	2,13	0,09	-0,97	-30,69	-3,33	-0,001	-0,04	-0,01	0,50	-0,28	1,08

Capacidade dos processos

Para se determinar a capacidade dos processos referentes aos 5 produtos em estudo, utilizaram-se os índices de capacidade multivariados C_{pM} , PV e LI , dados pelas equações 4.20, 4.23 e 4.25. Os cálculos foram realizados com recurso ao software Excel, que se apresentam no Anexo V (V.3). No Quadro 7.2 estão indicados os limites de especificação técnica dos 5 produtos. No Quadro 7.11 estão indicados os índices de capacidade multivariados para os processos dos 5 preparados em pó para cremes de pasteleiro. Da análise deste Quadro, verifica-se que os processos não revelam capacidade face às suas especificações técnicas para nenhum dos produtos.

Quadro 7.11 – Estudo multivariado da capacidade dos processos dos produtos.

Índice	Produtos				
	A	B	C	D	E
C_{pM}	1,203	1,205	1,371	1,142	1,265
PV	0,9969	0,9998	0,9252	0,9917	0,9922
LI	1	0	1	0	1

Dado que os valores de C_{pM} são inferiores a 1,33, constata-se, pela análise multivariada da capacidade dos processos, que a difusão destes (matriz das covariâncias) apresenta um valores relativamente elevado ($1 < C_{pM} < 1,33$).

7.3.3.2. Fase 2 – Carta multivariada T^2

Carta T^2

Após se verificar a estabilidade dos processos na *Fase 1* e, muito embora, os processos não revelem capacidade a um nível satisfatório, passou-se mesmo assim à *Fase 2* do controlo estatístico multivariado. A carta T^2 foi elaborada com recurso a T_k^2 e aos limites de controlo, que foram determinados pelas equações 4.15, 4.16 e 4.17. Os cálculos para determinar T_k^2 e os limites de controlo foram realizados recorrendo ao software Excel. A construção das cartas multivariadas foi também realizada no Excel. As matrizes das covariâncias **S** foram determinadas na *Fase 1*, com base nas observações para cada produto ($m = 80$). Ao primeiro ponto desta carta foi atribuído o n.º 6, de forma a permitir uma uniformização entre a numeração das observações no estudo univariado e multivariado.

No Anexo VI apresenta-se a carta multivariada T^2 para a *Fase 2*, em que estão representados por ordem cronológica todos os produtos. Este procedimento foi possível, em virtude de T^2 ser uma variável adimensional e os limites de controlo para todos os produtos serem iguais (impôs-se $m = 80$, na *Fase 1*, e $p = 5$ para todos os produtos). Na Figura 7.8 estão representados os últimos 34 pontos desta carta.

Construiu-se a carta multivariada englobando as cinco características da qualidade (textura, pH e parâmetros da cor a^* , b^* e L^*) de apenas 3 produtos por ordem cronológica, uma vez que não se dispunham de dados suficientes para o produto A e C.

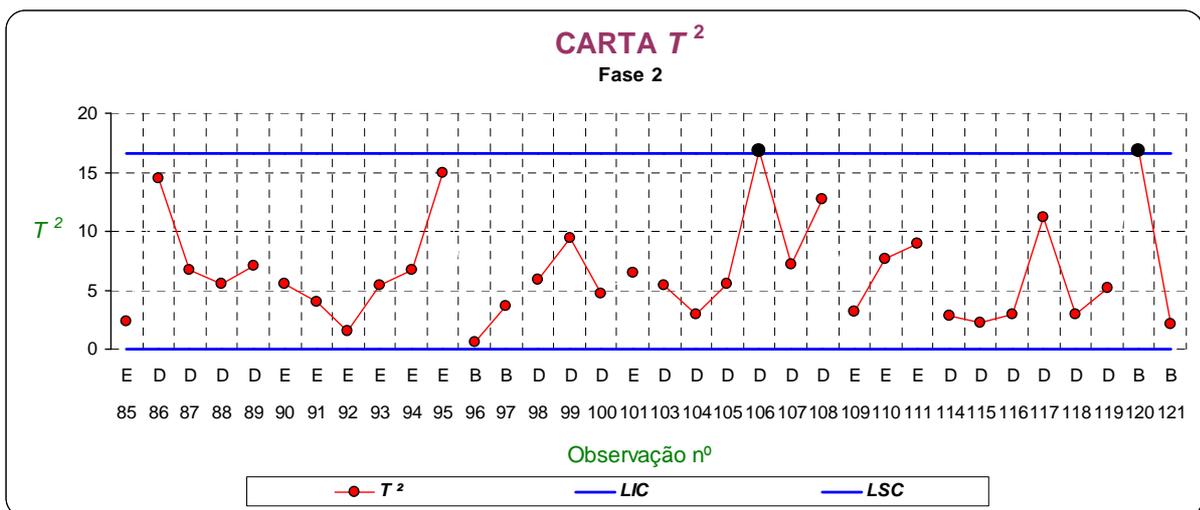


Figura 7.8 – Fase 2 – Carta multivariada T^2 , para os três produtos.

Interpretação da carta T^2

Sendo o limite superior de controlo da carta T^2 igual a 16,54, constata-se a existência de causas especiais de variação (ponto acima do LSC_{T^2}) nos pontos n.º 34 ($T^2 = 28,92$), n.º 35 ($T^2 = 50,71$), n.º 45 ($T^2 = 20,67$), n.º 65 ($T^2 = 26,51$), n.º 106 ($T^2 = 16,80$) e n.º 120 ($T^2 = 16,87$).

Para se identificar a(s) variável(s) responsável(s) pela situação de fora de controlo, utilizou-se o método da estatística d , baseada na equação 4.18. Todos os cálculos foram realizados com recurso ao software Excel.

Apresenta-se no Quadro 7.12 o resumo do estudo efectuado para os 6 pontos em que $T^2 > LSC_{T^2}$. A análise deste Quadro permite, para cada instante referenciado, determinar que variável(s) é responsável(s) pela causa especial. Apresenta-se no Quadro 7.13 as conclusões desta análise.

Quadro 7.12 – Análise estatística d – Produto D.

N.º	T^2	$T^2_{(i)}$					d_i					$\chi^2_{\alpha,1}$
		Textura	pH	a^*	b^*	L^*	Textura	pH	a^*	b^*	L^*	
		$T^2_{(1)}$	$T^2_{(2)}$	$T^2_{(3)}$	$T^2_{(4)}$	$T^2_{(5)}$	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	
34	28,92	28,90	28,91	18,13	28,03	14,80	0,02	0,01	10,79	0,89	14,13	6,11
35	50,71	41,94	50,24	39,51	43,86	20,30	8,77	0,47	11,20	6,85	30,41	
45	20,67	17,87	14,10	12,46	17,65	13,48	2,80	6,57	8,21	3,02	7,19	
65	26,51	19,20	23,73	10,08	21,03	25,76	7,31	2,78	16,43	5,48	0,75	
106	16,80	16,09	13,43	11,61	11,69	15,56	0,71	3,36	5,19	5,11	1,24	
120	16,87	16,14	13,82	11,70	14,04	8,63	0,73	3,05	5,17	2,83	8,24	

Quadro 7.13 – Análise das situações de fora de controlo.

Produto	N.º	Análise da situação de fora de controlo
D	34	As características parâmetros da cor a^* e L^* são responsáveis pela causa especial
	35	As características textura e parâmetros da cor a^* , b^* e L^* são responsáveis pela causa especial
	65	As características textura e parâmetro da cor a^* são responsáveis pela causa especial
	106	A correlação entre variáveis é responsável por esta causa especial; não há características responsáveis pela causa especial.
B	45	As características pH e parâmetros da cor a^* e L^* são responsáveis pela causa especial
	120	A característica L^* , per si, é responsável pela causa especial

Dado que não foram identificadas a(s) característica(s) responsável(eis) pela causa especial no caso do ponto n.º 106, esta deve-se a uma alteração da correlação entre variáveis. Procedeu-se a uma análise da correlação entre as variáveis através de um método expedito e pouco rigoroso, que pode levar a erros de análise. Este método utiliza a matriz das covariâncias para ter uma indicação do sentido da correlação (positiva/negativa) entre as variáveis, comparando-a com os valores apresentados de $\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}$, para o instante 106.

Quadro 7.14 – Análise da correlação entre variáveis para o ponto n.º 106.

Características da qualidade	Variação do valor em relação à média		s_{ij}	Correlação
	1ª Característica	2ª Característica		
X_1 vs X_2	Decrescente	Decrescente	Positiva	OK
X_1 vs X_3	Decrescente	Crescente	Negativa	OK
X_1 vs X_4	Decrescente	Crescente	Positiva	Não OK
X_1 vs X_5	Decrescente	Decrescente	Positiva	OK
X_2 vs X_3	Decrescente	Crescente	Negativa	OK
X_2 vs X_4	Decrescente	Crescente	Positiva	Não OK
X_2 vs X_5	Decrescente	Decrescente	Positiva	OK
X_3 vs X_4	Crescente	Crescente	Negativa	Não OK
X_3 vs X_5	Crescente	Decrescente	Negativa	OK
X_4 vs X_5	Crescente	Decrescente	Positiva	Não OK

Analisando os resultados apresentados no Quadro 7.14, provavelmente a característica que mais contribui para esta causa especial é o parâmetro da cor $b^*(X_4)$.

O método mais adequado, segundo Requeijo (2003) e de acordo com o descrito no Anexo II (II.1), seria o método de decomposição de T^2 em componentes ortogonais.

7.3.4. Comparação global dos resultados

Comparando a Fase 1 dos estudos univariado e multivariado e de acordo com o Quadro 7.15, é possível concluir que as cartas T^2 detectam quase todas as causas especiais detectadas nas cartas $X-MR$.

As exceções verificadas correspondem às seguintes causas especiais detectadas nas cartas $X-MR$:

- Pontos n.º 15 e 18 no parâmetro da cor b^* do produto A;
- Pontos n.º 10 e 62 na textura e ponto n.º 7 no parâmetro da cor L^* do produto B;

- Pontos n.º 21, 22, 23 e 24 no pH e ponto n.º 29 na textura do produto D.

No entanto, estas causas especiais verificam-se na *Fase 1* revista do estudo multivariado, no que respeita aos pontos n.º 15 do produto A e 62 do produto B. Nos casos em que as causas especiais mencionadas não são detectadas como pontos fora do LSC da carta T^2 , estes estão muito próximos de ultrapassar esse limite.

Há também que ter em conta que o estudo multivariado não mostrou capacidade, à excepção do produto C.

Quadro 7.15 – Causas especiais detectadas nas cartas da *Fase 1* dos estudos univariado e multivariado.

Produto	Univariado					Multivariado
	Textura	pH	a^*	b^*	L^*	
A	13 e 27	74	22 e 73	15 e 18	9 e 46	9, 13, 22, 27, 46, 73 e 74
B	10 e 62	44 e 74	8 e 55	1 e 55	7, 8 e 76	1,8, 44, 55, 74 e 76
C	49	15 e 61	---	44	---	15, 44, 49 e 61
D	27 e 29	19, 20, 21, 22, 23 e 24	---	---	56 e 61	19, 20, 27, 56 e 61
E	12	64	5 e 12	---	10 e 16	5, 10, 12, 16 e 64

Comparando a *Fase 2* dos estudos univariado e multivariado e de acordo com o Quadro 7.16, constata-se que as cartas Z/W detectam causas especiais nos pontos n.º 34, 35, 45, 65 e 120, como a carta multivariada T^2 , mas não no ponto n.º 106. Em contrapartida, as cartas univariadas Z/W detectam causas especiais que a carta T^2 não detecta. É importante salientar que as regras definidas pela Norma ISO 8258:1991 para detectar padrões não aleatórios foram utilizadas e tidas em conta nas cartas univariadas e nas multivariadas não.

A carta multivariada demonstrou ser ligeiramente mais sensível no que respeita à identificação das características responsáveis pela causa especial de variação, apesar de ter detectado um menor número. Por exemplo, no ponto n.º 35 do produto D o estudo univariado associa a causa especial apenas aos parâmetros da cor a^* e L^* , enquanto o estudo multivariado associa à textura e aos parâmetros da cor a^* , b^* e L^* .

Quadro 7.16 – Causas especiais detectadas nas cartas da *Fase 2* dos estudos univariado e multivariado.

Produto	Univariado					Multivariado
	Textura	pH	a^*	b^*	L^*	
B	20, 23 e 32	45	---	---	39, 70, 72 e 120	45 e 120
D	---	51	34, 35, 65, 107 e 117	---	34, 35 e 86	34, 35, 65 e 106
E	---	42 e 60	---	---	---	---

Comparando as várias técnicas aplicadas aos dados dos 5 produtos em estudo, poder-se-á afirmar que o estudo multivariado não difere muito do univariado, embora com as cartas 7^2 seja possível clarificar as causas que levaram às situações de fora de controlo. De uma forma geral, quando se pretende controlar em simultâneo várias características do mesmo produto, sugere-se a aplicação das técnicas multivariadas em detrimento das univariadas.

Capítulo 8

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. Conclusões

De modo a dar resposta às questões que se levantam com o controlo estatístico das “pequenas produções”, cada vez mais comuns no actual contexto económico e tecnológico, o objectivo fundamental do presente trabalho foi a aplicação de metodologias adequadas a este tipo de produção.

A aplicação prática desenvolveu-se numa empresa do sector alimentar, *Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.*, considerada como pertencendo às “pequenas produções”. A abordagem inclui técnicas diversificadas de controlo estatístico do processo que permitem responder convenientemente a situações que ocorrem no sistema produtivo, quando existe informação disponível e suficiente acerca do processo.

O trabalho realizado nesta empresa decorreu normalmente, tendo havido apoio por parte dos responsáveis da área da Qualidade e Desenvolvimento. No entanto registaram-se algumas dificuldades na implementação das metodologias, que foram globalmente ultrapassadas. Essas dificuldades fizeram-se sentir principalmente ao nível da recolha de dados.

Aplicou-se uma metodologia estatística numa indústria da área alimentar que contempla a situação do controlo estatístico do processo tradicional, de “pequenas produções” (produção ocorre indistintamente no sistema produtivo) e estudo multivariado.

Foi possível demonstrar a aplicabilidade desta metodologia, definida no Capítulo 6, articulando as várias situações que podem existir no controlo estatístico de processos, como:

- Processos com dados independentes e Normalmente distribuídos;
- Existência de um número suficiente de dados, desenrolando-se o controlo estatístico pelas *Fase 1* e *Fase 2*;
- Diversos produtos em controlo (implementação de cartas Z/W , tendo em conta que as variâncias dos processos referentes às várias características dos produtos são significativamente diferentes);
- Estudo que permite controlar e melhorar simultaneamente várias características da qualidade do mesmo produto (controlo multivariado do processo para “pequenas produções” com número suficiente de dados).

No estudo univariado usaram-se as regras da Norma ISO 8258:1991 na interpretação das cartas de controlo e os índices de capacidade C_p e C_{pk} na análise da capacidade dos processos.

No controlo estatístico multivariado, aplicou-se o procedimento da *Estatística d* na interpretação de causas especiais de variação, e fez-se o estudo multivariado da capacidade do processo, através dos índices C_{pM} , PV e LI .

Considera-se assim que os objectivos inicialmente formulados foram globalmente atingidos.

8.1.1. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.

A empresa recorre a uma análise estatística muito superficial dos processos de mistura dos preparados em pó para cremes de pasteleiro e consequentes características de qualidade. Esta análise consiste na recolha de três amostras (início, meio e fim da produção de cada lote), da qual se testa apenas uma das amostras e se analisam as 5 características em estudo.

Descrevem-se seguidamente as conclusões mais relevantes com a implementação dos desenvolvimentos preconizadas neste trabalho:

1. Definição clara da melhor metodologia a implementar no estudo das 5 características da qualidade;
2. Possível extrapolação da metodologia referida no ponto 1 para processos semelhantes existentes na empresa;
3. Utilização de um conjunto de técnicas estatísticas diversificadas que não têm sido aplicadas na empresa;
4. Elaboração de um número restrito de documentos, já que as várias técnicas desenvolvidas contemplam no mesmo gráfico, por ordem cronológica, os produtos que são fabricados (*Fase 2*);

5. Monitorização dos diversos processos em estudo, permitindo em tempo real:
 - Detecção de situações de fora de controlo estatístico;
 - Lançamento de acções conducentes à identificação da raiz do problema detectado e correspondentes acções correctivas;
 - Análise da capacidade do processo de todos os produtos em fabrico;
6. Diminuição do fabrico de produto não conforme, baixando, assim, o reprocessamento e o número de reclamações dos clientes;
7. Fabrico de produtos consistentes com a especificação técnica e com a menor variabilidade;
8. Integração da metodologia desenvolvida no planeamento da qualidade definido pela empresa;
9. Implementação de técnicas estatísticas multivariadas que permitem clarificar qual a razão da existência de uma determinada causa especial de variação (alteração do valor da variável ou da correlação entre variáveis);
10. Melhoria da comunicação entre os diversos intervenientes.

Face aos resultados obtidos na Mundipam considera-se que a implementação da metodologia proposta foi plenamente conseguida.

8.1.2. Qualidade Alimentar

Os conceitos de controlo de qualidade e de melhoria da qualidade são tidos em conta desde há muito tempo. Os desenvolvimentos genéricos de produtos alimentares são indicativos das necessidades dos consumidores, tanto quanto são associados a padrões de qualidade e de segurança alimentares. Um processo de controlo de qualidade pretende garantir que os produtos vão ao encontro, ou até mesmo excedem, as expectativas dos consumidores. A capacidade do processo para produzir exactamente do modo pretendido é assim estabelecida, o que leva à melhoria da qualidade desejada.

Um grande número de tecnologias e estratégias de melhoria da qualidade encontram-se disponíveis para suportar o controlo de qualidade mencionado. O Controlo Estatístico do Processo (*SPC*) é uma abordagem sistemática que permite compreender, monitorizar, controlar e melhorar a qualidade de um processo industrial através de métodos estatísticos. Foram apresentadas, neste trabalho, várias aplicações bem sucedidas do *SPC* para o controlo da qualidade dos produtos alimentares estudados.

Têm-se assistido recentemente a uma tendência nas indústrias, incluindo as alimentares como a Mundipam, para produzir por lotes e os métodos de controlo estatístico do processo para produções deste género estão a ser utilizados cada vez mais. Com a aplicação do *SPC* adquirem-se ferramentas poderosas para controlar e melhorar continuamente a qualidade de um produto e/ou processo, sendo possível uma gestão em tempo real.

Uma produção por lotes, como a que se verifica na empresa alimentar estudada, é uma produção pensada a curto termo e tendo em conta a receita, isto é, se um novo processo é operado de maneira similar ao anterior, de acordo com a receita, é esperado que se obtenha um produto também similar. Uma vez que a produção por lotes é muitas complexa, não basta apenas manter idênticas as condições operativas, pois as variações (indesejáveis) entre lotes pode ocorrer. Existem várias fontes possíveis de causar estas variações no processo. Esta variação incontrolada pode levar a produtos com pouca qualidade ou a situações de insegurança no processo. É, por isso, desejável manter as variações controladas de lote para lote. As variações de lote para lote são passíveis de ser monitorizadas usando os métodos estatísticos de controlo de produção por lotes multivariada.

8.2. Recomendações para trabalhos futuros

Todo o estudo efectuado neste trabalho pressupõe que os dados relativos às características de qualidade sejam independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal com média μ e variância σ^2 . Seria conveniente verificar-se a aleatoriedade, Normalidade e independência dos dados antes de aplicar as técnicas estatísticas desenvolvidas.

Antes de se iniciar o controlo estatístico do processo propriamente dito, é conveniente proceder a um estudo prévio que permita afirmar que o processo se encontra à *priori* de acordo com a especificação técnica. Isto permite evitar custos desnecessários, decorrentes de correcções desajustadas.

O estudo prévio consiste em construir cartas de Pré-Controlo para cada característica da qualidade, visualizando se as correcções introduzidas no processo convergem para o valor nominal da especificação e se a variabilidade do processo se ajusta à tolerância definida.

Após se assegurar que todos os processos se encontram sob controlo estatístico, interessaria monitorizar também o desempenho dos mesmos através da análise da sua capacidade em produzir de acordo com as especificações (*Fase 2* do *SPC* univariado). No caso das "pequenas produções", avaliar o desempenho dos processos e garantir a satisfação dos clientes em termos de conformidade do produto face às especificações implica analisar a capacidade dos diversos processos à medida que vão sendo recolhidos dados da produção. Recomenda-se a representação gráfica dos índices de capacidade Z_I e Z_S (transformações adequadas dos sub-índices $(C_{pk})_I$ e $(C_{pk})_S$, segundo Pereira e Requeijo (2008)).

No *SPC* multivariado seria importante o controlo da dispersão do processo, definida pela matriz das covariâncias Σ , através da implementação da carta $|S|$ ou da carta *Ge*, para a *Fase 2*, a carta *WS*.

No controlo estatístico multivariado podem ocorrer também, tal como nas cartas de Shewhart univariadas, certos padrões que são uma consequência directa da existência de situações não

desejáveis. Recomenda-se a análise da carta T^2 seguindo as regras referidas por Pereira e Requeijo (2008), pelo que a eliminação de padrões não aleatórios conduzirá à melhoria do processo.

Na *Fase 2* do estudo multivariado é possível verificar a estabilidade do processo ao longo do tempo e determinar, quando se detectar um ponto fora dos limites de controlo, que variável(s) é responsável(s) por essa situação ou se é devida a uma alteração da correlação entre variáveis. Neste contexto, a técnica que mais se adequa é o método da decomposição de T^2 em componentes ortogonais (Anexo II).

Por último, qualquer que seja a abordagem escolhida, univariada ou multivariada, deve prever-se simultaneamente a utilização de técnicas mais sofisticadas, como as cartas *CUSUM* ou *EWMA*, no sentido de se detectar rapidamente alterações pequenas ou moderadas dos parâmetros dos processos. As cartas *CUSUM* e *EWMA*, aplicadas no controlo da média ou da variância, são as que apresentam em geral melhor desempenho na detecção de causas especiais de variação, em particular para pequenas ou moderadas alterações. Assim, sugere-se futuramente a aplicação de uma destas técnicas especiais, já que ao maior desempenho não corresponde a um aumento dos custos da qualidade.

Capítulo 9

BIBLIOGRAFIA

- Abdullah, M.Z. (2008). *Quality Evaluation of Bakery Products*, School of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Sains Malaysia (Elsevier, Inc.).
- Al-Salti, M. e Statham, A. (1994). "A Review of the Literature on the Use of SPC in Batch Production", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 10, pp. 49-61.
- Alt, F.B. (1985). "Multivariate Quality Control", *Encyclopedia of the Statistical Sciences*, Vol. 6, pp. 110-122, editado por S. Kotz e N. L. Johnson, Wiley, New York.
- Baixauli, R. *et al* (2008). "Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch", *European Food Research and Technology*, Vol. 226, pp. 523–530.
- Berns, R.S. e Reiman, D.M. (2005). "Industrial Applications - Color managing the third edition of Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology", *Color Research & Application*, Vol. 27 (5), pp. 360-373.
- Bersimis, S. *et al* (2007). "Multivariate Statistical Process Control Charts: An Overview", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 23, pp. 517-543.
- Bothe, D.R. (1988). "SPC for Short Production Runs", *Quality*, Vol. 27, pp. 58-59.

- Bothe, D.R. (2002). "Discussion: Process Capability Indices - A Review, 1992-2000", *Journal of Quality Technology*, Vol. 34, pp. 32-37.
- Bryce, G.R. *et al* (1997-98). "Estimating the Standard Deviation for Individuals Control Charts", *Quality Engineering*, Vol. 10 (2), pp. 331-341.
- Burr, I.W. (1954). "Short Runs", *Industrial Quality Control*, Vol. 11, pp. 16-22.
- C.L.L.C. Batista (1994). *Produção e avaliação da estabilidade do corante hidrossolúvel de urucum* (Ed. UFLA), Brasil, pp. 171.
- Caulcutt, R. (1995). "The Rights and Wrongs of Control Charts", *Applied Statistics*, Vol. 44, pp. 279-288.
- Celano, G. *et al* (2006). "Statistical design of variable sample size and sampling interval, control charts with run rules", *International Journal Advanced Manufactory Technology*, Vol. 28, pp. 966-977.
- Chan, L.K. *et al* (1991). "A Multivariate Measure of Process Capability", *International Journal of Modeling and Simulation*, Vol. 11, pp. 1-6.
- Chandan, R. (1997). *Dairy-Based Ingredients - Practical Guides for the Food Industry*, American Association of Cereal Chemists, Inc. (Eagan Press Handbook Series).
- Chung-HoWang (2005). "Constructing multivariate process capability indices for short-run production", *International Journal Advanced Manufactory Technology*, Vol. 26, pp. 1306-1311.
- Costa, A.F.B. e De Magalhães, M.S. (2007). "An Adaptive Chart for Monitoring the Process Mean and Variance". *Qual. Reliab. Engng. Int.*, Vol. 23, pp. 821-831.
- Crichton, J.R. (1988). "Guidelines and Techniques for Applying Control Charts in a Batch Operation", *Tappi Journal*, Vol. 71, pp. 91-95.
- Decreto-Lei n.º 113/2006 de 12 de Junho visa assegurar a execução e garantir o cumprimento, no ordenamento jurídico nacional, das obrigações decorrentes dos Regulamentos (CE) n.º 852/2004 e 853/2004, ambos do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Abril, relativos à higiene dos géneros alimentícios e às regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal.
- Decreto-Lei n.º 4/1990 de 3 de Janeiro que estabelece o enquadramento legal a que devem obedecer os bolos e cremes de pastelaria.
- Doganaksoy, N. *et al* (1991). "Identification of Out of Control Quality Characteristics in a Multivariate Manufacturing Environment", *Communications in Statistics - Theory and Methods*, Vol. 20, pp. 2775-2790.
- Doroshevich, K.K. *et al* (2002). "Statistical Process Control in IC Manufacture: A Technique for Small-Batch, Intermittent Production", *Russian Microelectronics*, Vol. 31 (2), pp. 130-136.

- Ertugrul, I. e Aytaç, E. (2009). "Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 20, pp. 139-149.
- Esteves, A. (2000). "Indústria de Pastelaria", *Palestra na Escola Superior de Hotelaria*, Lisboa.
- Farnum, N.R. (1992). "Control Charts for Short Runs: Nonconstant Process and Measurement Error", *Journal of Quality Technology*, Vol. 24, pp. 138-144.
- Flaig, J.J. (1996-97). "A New Approach to Process Capability Analysis", *Quality Engineering*, Vol. 9 (2), pp. 205-211.
- Francis, F.J. e Clydesdale, F.M. (1975). *Food Colorimetry: theory and applications*, The AVI Publishing Company Inc., Westport.
- Francis, F.J. (1999). *Colorantes - Pratical Guides for the Food Industry*, American Association of Cereal Chemists, Inc. (Eagan Press Handbook Series).
- Global Standard for Food Safety (Version 5), *British Retail Consortium (TSO)*, London, 2008.
- Grunewald, R.L. e Williams, C. (1957). "Quality Control System Fits Short Run Jobs", *Mill and Factory*, Vol. 61, pp. 120-123.
- Guilhemsans, M. e Lalande, F. (1998). *Securité, qualité, traçabilité: trois concepts souvent confondus mais distincts*, « Risques et peurs alimentaires». Ed. Odile Jacob.
- Guimarães, R.C. e Cabral, J.A.S. (1997). *Estatística*, Edição revista, McGraw-Hill de Portugal.
- Harder, M.N.C. *et al* (2007). "Quantitative evaluation by a digital colorimeter of the color of the egg of laying hens fed with annatto (*Bixa orellana*)", *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Vol. 102 (563-564), pp. 339-342.
- Harrison, H.R. (1956). "Statistical Quality Control Will Work on Short Run Jobs", *Industrial Quality Control*, Vol. 13, pp. 8-11.
- Hayter, A.J. e Tsui, K. (1994). "Identification and Quantification in Multivariate Quality Control Problems", *Journal of Quality Technology*, Vol. 26, pp. 197-208.
- Hillier, F.S. (1969). "X and R Chart Control Limits Based on a Small Number of Subgroups", *Journal of Quality Technology*, Vol. 1, pp. 17-26.
- Holdschip, R. e J.F. Marar (2008). "Understanding the color management", *Anais do 8º Congresso brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Brasil, pp. 1160-1173.
- Holmes, D. (1990). "Techniques for Low-Volume Batch Processes", *Ceramic Bulletin*, Vol. 69 (5), pp. 818-821.
- Holmes, D.S. e Mergen, A.E. (1998-99). "Measuring Process Performance for Multiple Variables", *Quality Engineering*, Vol. 11 (1), pp. 55-59.
- <http://www.asae.pt/>, consultado em 23 de Maio 2009.

- <http://www.cosun.nl/en/>, consultado em 23 de Maio 2009.
- <http://www.foodproductdesign.com/>, consultado em 23 de Maio 2009.
- <http://www.qualfood.com/>, consultado em 23 de Maio 2009.
- <http://www.segurancalimentar.com/>, consultado em 23 de Maio 2009.
- <http://www.unifine-fbi.com/>, consultado em 23 de Maio 2009.
- Janssen, A.M. *et al* (2007). "Relations between rheological properties, saliva-induced structure breakdown and sensory texture attributes of custards", *Journal of Texture Studies*, Vol. 38, pp. 42-69.
- Jellema, R.H. *et al* (2005). "Relating the sensory sensation 'creamy mouth feel' in custards to rheological measurements". *Journal of Chemometrics*, Vol. 19 (3), pp. 81.
- Kim, G.C. e Schniederjans, M.J. (2000). "Use of Short-run Statistical Process Control Techniques: A Comparison of JIT and Non-JIT Manufacturing", *Mid-American Journal of Business*, Vol. 15 (2), pp. 77-84.
- King, B.D. (1981). *Microbial Inhibition in Bakery Products – A review*, Sintex Agribusiness, Inc. (Bakers Digest), Springfield, Vol. 55, n.º 5.
- Kotz, S. e Johnson, N.L. (2002). "Process Capability Indices - A Review, 1992-2000", *Journal of Quality Technology*, Vol. 34, pp. 2-19.
- Kourti, T. (2005). "Application of latent variable methods to process control and multivariate statistical process control in industry", *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, Vol. 19, pp. 213-246.
- Kuntz, L.A. (1995). "Sifting Through the Ingredients Options: Dry mixes". *Food Products Design*, pp. 1-11.
- Levinson, W.A. *et al* (2002). "Variation Charts for Multivariate Processes", *Quality Engineering*, Vol. 14 (4), pp. 539-545.
- Lin, S., Lai, Y. e Chang, S. (1997). "Short-run Statistical Process Control: Multicriteria Part Family Formation". *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 13, pp. 9-24.
- Lowry, C.A. e Montgomery, D.C. (1995). "A Review of Multivariate Control Charts", *IIE Transactions*, Vol. 27, pp. 800-810.
- Mason, R.L. *et al* (2001). "Applying Hotelling's T^2 Statistics to Batch Processes", *Journal of Quality Technology*, Vol. 33, pp. 466-479.
- Mason, R.L. *et al* (1995). "Decomposition of T^2 for Multivariate Control Chart Interpretation", *Journal of Quality Technology*, Vol. 27, pp. 99-108.
- Mason, R.L. *et al* (1997). "A Practical Approach for Interpreting Multivariate T^2 Control Chart Signals", *Journal of Quality Technology*, Vol. 29, pp. 396-406.

- Maxwell, H.E. (1953). "A Simplified Control Chart for the Job Shop", *Industrial Quality Control*, Vol. 10, pp. 34-37.
- Montgomery, D.C. (2001). *Introduction to Statistical Quality Control*, 4.^a Edição, Wiley, New York.
- Nedumaran, G. e Pignatiello, J.J. (1999). "On Constructing T^2 Control Charts for On-Line Process Monitoring", *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 529-536.
- Nelson, L.S. (1982). "Control Charts for Individual Measurements", *Journal of Quality Technology*, Vol. 14, pp. 172-173.
- Nelson, L.S. (1984). "The Shewhart Control Charts - Tests for Special Causes", *Journal of Quality Technology*, Vol. 16, pp. 237-239.
- Nenes, G. e Tagaras, G. (2006). "The economically designed CUSUM chart for monitoring short production runs", *International Journal of Production Research*, Vol. 44 (8), pp. 1569–1587.
- Nørby, J.G. (2000). "The origin and the meaning of the little p in pH", *Trends in Biochemical Sciences*, Vol. 25 (1), pp. 36-37.
- Norma Portuguesa EN ISO 9001:2000 revista pela NP EN ISO 9001:2008. *Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos*. Instituto Português da Qualidade, 2008.
- Norma ISO 8258:1991. *Shewhart Control Charts*. International Organization for Standardization, 1991.
- Noronha, J. e Baptista, P. (2003). *Segurança Alimentar em Estabelecimentos Agro-industriais: projecto e construção*. 1.^aEdição, Forvisão.
- Oakland, J.S. (2003). *Statistical Process Control*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Parlar, M. e Wesolowsky, G.O. (1999). "Specification Limits, Capability Indices, and Process Centering in Assembly Manufacture", *Journal of Quality Technology*, Vol. 31, pp. 317-325.
- Peleg, M.A. (1983). "Semântica da reologia e da textura", *Alimento Technol.*, Vol. 11, pp. 54-61.
- Pereira, Z. e Requeijo, J. (2008). *Qualidade: Planeamento e controlo estatístico de processos*, FCT, Lisboa.
- Pearn, W.L. *et al* (1992). "Distributional and Inferential Properties of Process Capability Indices", *Journal of Quality Technology*, Vol. 24, pp. 216-231.
- Pires, A.R. (2000) *Qualidade – Sistemas de Gestão da Qualidade – Gestão*. Edições Sílabo, Lisboa.
- Portaria n.º 65/1990 de 26 de Janeiro regulamenta o Decreto-Lei n.º 4/90 de 3 de Janeiro e fixa o critério microbiológico a utilizar na apreciação das características dos bolos e cremes de pastelaria, alterada pela Portaria n.º 1268/95 de 25 de Outubro.
- Pyzdek, T. (1993). "Process Control for Short and Small Runs", *Quality Progress*, Vol. 26 (4), pp. 51-60.

- *Recommended International Code of Practice-General Principles of Food Hygiene* (Rev.4), FAO/WHO, 2003.
- Regulamento (CE) n.º 178/2002 de 28 de Janeiro do Parlamento Europeu e do Conselho de 28 de Janeiro que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios.
- Regulamento (CE) n.º 852/2004 de 29 de Abril do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril, estabelece regras gerais destinadas aos operadores das empresas do sector alimentar no que se refere à higiene dos géneros alimentícios, e respectivas alterações.
- Requeijo, J. G. (2003). "Técnicas Avançadas do Controlo Estatístico do Processo", *Tese de Doutoramento*, FCT – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Requeijo, J.G. e Pereira, Z.L. (2004). *Qualidade, Legislação e Defesa do Consumidor*, Módulo de Controlo Estatístico do Processo, FCT-UNL, Lisboa.
- Roes, K.C. *et al* (1993). "Shewhart-Type Control Charts for Individual Observations", *Journal of Quality Technology*, Vol. 25, pp. 188-198.
- Runger, G.C. *et al* (1996). "Contributors to a Multivariate Statistical Process Control Signal", *Communications in Statistics - Theory and Methods*, Vol. 25, pp. 2203-2213.
- Ryan, T. P. (2000), *Statistical Methods for Quality Improvement*, 2.ª Edição, Wiley, New York.
- Shahriari, H. *et al* (1995). "A Multivariate Process Capability Vector", *Proceedings of the 4th Industrial Engineering Research Conference*, Nashville, pp. 303-308.
- Silvestre, M.F. (2008). *Aditivos alimentares*, Texto de Apoio ao Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, FCT-UNL, Lisboa.
- Staphenurst, T. (2005). *Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using SPC Cases*, Butterworth-Heinemann.
- Szczesniak, A.S. (1963). "Classification of textural characteristics", *Journal of Food Science*, Vol. 28, pp. 385-389.
- Szczesniak, A.S. (1987). "Correlação Sensorial com as medidas instrumentais da textura – uma visão geral de desenvolvimentos recentes", *J. Texto. Estudos*, Vol. 18, pp. 1-15.
- Thomas, D.J. e Atwell, W.A. (1999). *Starches - Practical Guides for the Food Industry*, American Association of Cereal Chemists, Inc. (Eagan Press Handbook Series).
- Tracy, N.D. *et al* (1992). "Multivariate Control Charts for Individual Observations", *Journal of Quality Technology*, Vol. 24, pp. 88-95.
- Traver, R.W. e Davis, J.M. (1962). "How to Determine Process Capabilities in Developmental Shop", *Industrial Quality Control*, Vol. 18, pp. 26-29.

- *Understanding the Codex Alimentarius*, FAO/WHO, Editorial Group, 1999.
- van Sprang, E.N.M. *et al* (2003). "Batch process monitoring using on-line MIR spectroscopy", *Analyst*, Vol. 128, pp. 98–102.
- Vance, L.C. (1983). "A Bibliography of Statistical Quality Control Chart Techniques, 1970-1980", *Journal of Quality Technology*, Vol. 15, pp. 59-62.
- Wang, F.K. e Chen, J.C. (1998-99). "Capability Index Using Principal Components Analysis", *Quality Engineering*, Vol. 11 (1), pp. 21-27.
- Wang, F.K. *et al*. (2000). "Comparison of Three Multivariate Process Capability Indices", *Journal of Quality Technology*, Vol. 32, pp. 263-275.
- Weenen, H. *et al* (2005). "Sensory sub-attributes of creamy mouthfeel in commercial mayonnaises, custard desserts and sauces", *Food Quality and Preference*, Vol. 16, pp. 163–170.
- Weenen, H. *et al* (2003). "Texture and mouthfeel of semisolid foods: commercial mayonnaises, dressings, custard desserts and warm sauces", *Journal of Texture Studies*, Vol. 34, pp. 159-179.
- Wijka, R.A. *et al* (2006). "Explaining perceived oral texture of starch-based custard desserts from standard and novel instrumental tests". *Food Hydrocolloids*, Vol. 20, pp. 24-34.
- Wijka, R.A. *et al* (2004). "The role of α -amylase in the perception of oral texture and flavour in custards". *Physiology & Behavior*, Vol. 83, pp. 81-91.
- Woodall, W.H. (2000). "Controversies and Contradictions in Statistical Process Control", *Journal of Quality Technology*, Vol. 32, pp. 341-350.
- Woodall, W.H. e Faltin, F.W. (1996). "An Overview and Perspective on Control Charting", *Statistical Applications in Process Control*, edited by Keats and D. C. Montgomery, Marcel Dekker, New York.

Índice Geral

Capítulo 1	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Caracterização do Problema.....	2
1.2.	Relevância do Tema	3
1.3.	Objectivos da Dissertação.....	4
1.4.	Plano Global da Dissertação.....	5
Capítulo 2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	7
2.1.	Introdução.....	7
2.2.	Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.	7
2.2.1.	Apresentação	7
2.2.2.	Estrutura Organizativa.....	9
2.2.3.	Actividade	10
2.2.3.1.	Produtos.....	10
2.2.3.2.	Pesquisa, Concepção e Desenvolvimento	11
2.2.3.3.	Produção	11
2.2.3.4.	Processo Produtivo	11
2.2.3.5.	Armazenagem e Distribuição.....	13
2.2.3.6.	Comercialização	14
2.2.3.7.	Meios Operacionais	14
2.2.4.	Qualidade	19
2.2.4.1.	Sistema da Qualidade.....	19
2.2.4.2.	Controlo e Melhoria da Qualidade.....	20
2.3.	Âmbito do Trabalho	21
Capítulo 3	ABORDAGEM TRADICIONAL DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO	23

3.1.	Introdução.....	23
3.2.	Conceito de Qualidade.....	24
3.3.	Evolução do Controlo e melhoria da Qualidade.....	26
3.4.	Cartas de Controlo de Shewhart.....	27
3.4.1.	Introdução.....	27
3.4.2.	Princípios das Cartas de Controlo	28
3.4.3.	Recolha de Dados	31
3.4.4.	Tipos de Cartas de Controlo.....	31
3.4.5.	Cartas de Controlo de Variáveis	32
3.4.5.1.	Introdução	32
3.4.5.2.	Dimensão da Amostra	33
3.4.5.3.	Número de Observações/Amostras	33
3.4.5.4.	Limites de Controlo das Cartas de Variáveis.....	33
3.4.5.5.	Carta de Observações Individuais e da Amplitude Móvel	36
3.4.5.6.	Estimação dos Parâmetros do Processo.....	37
3.4.5.7.	Interpretação das Cartas de Controlo.....	37
3.5.	Condições de Aplicabilidade	38
3.5.1.	Aleatoriedade dos Dados	38
3.5.2.	Normalidade dos Dados.....	39
3.6.	Capacidade do Processo	39
3.6.1.	Introdução.....	39
3.6.2.	Índices de Capacidade do Processo	39
3.7.	Conclusões	41
Capítulo 4	NOVAS_ABORDAGENS DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	43
4.1.	Introdução.....	43
4.2.	Controlo Estatístico de “Pequenas Produções”	44
4.2.1.	Cartas de Controlo Z/W	45
4.3.	Controlo Estatístico Multivariado do Processo	46
4.3.1.	Cartas de Controlo Multivariadas Tradicionais.....	47
4.3.1.1.	Introdução	47

4.3.1.2. Controlo da Média	48
4.3.1.2.1. Fase 1	48
4.3.1.2.2. Fase 2	50
4.3.1.3. Interpretação de Cartas Multivariadas.....	50
4.3.1.4. Condições de Aplicabilidade	51
4.3.2. Capacidade do Processo.....	51
4.3.3. <i>SPC</i> Multivariado aplicado às “Pequenas Produções”	53
4.4. Conclusões.....	54
Capítulo 5 QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR.....	55
5.1. Introdução	55
5.2. Qualidade Alimentar	56
5.2.1. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.	57
5.2.2. Indústria de Pastelaria	60
5.2.2.1. Desenvolvimento.....	61
5.3. Produtos em Estudo.....	62
5.4. Características em Estudo	64
5.4.1. Textura	64
5.4.2. pH	67
5.4.3. Cor	68
Capítulo 6 METODOLOGIA	71
6.1. Fluxograma de Implementação.....	72
Capítulo 7 PARTE EXPERIMENTAL	81
7.1. Introdução	81
7.2. Recolha de Dados.....	82
7.3. Análise de Dados	83
7.3.1. Metodologia	83
7.3.2. Estudo Univariado.....	84
7.3.2.1. Fase 1 – Cartas <i>X-MR</i> univariadas e análise da Capacidade dos processos	84
7.3.2.2. Fase 2 – Cartas de Controlo <i>Z/W</i>	89
7.3.3. Estudo Multivariado	92

7.3.3.1. Fase 1 – Cartas multivariadas T^2 e análise da Capacidade dos processos.....	92
7.3.3.2. Fase 2 – Carta multivariada T^2	96
7.3.4. Comparação global dos resultados	98
Capítulo 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
8.1. Conclusões	101
8.1.1. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.	102
8.1.2. Qualidade Alimentar	103
8.2. Recomendações para trabalhos futuros	104
Capítulo 9 BIBLIOGRAFIA	107
ANEXOS.....	113
ANEXO I	115
Anexo I. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.	117
I.1. Organigrama	117
I.2. Relatório de Produção	118
I.2.1. Relatório de Produção de ingredientes em pó	118
I.2.2. Relatório de Produção de ingredientes líquidos	119
I.3. Diagramas dos Processos	120
I.3.1. Diagrama de Processo na Linha 1	120
I.3.2. Diagrama de Processo na Linha 2	121
I.3.3. Diagrama de Processo na Linha 3	122
I.3.4. Diagrama de Processo nos Reactores A e B	123
I.4. HACCP.....	124
I.4.1. Gestão dos PCC's na produção de ingredientes em pó.....	124
I.4.2. Gestão dos PCC's na produção de ingredientes líquidos.....	125
ANEXO II	127
Anexo II. Controlo Estatístico Multivariado do Processo	129
II.1. Outros Métodos para a Interpretação das Cartas Multivariadas	129
II.1.1. Método de decomposição de T^2 em componentes ortogonais.....	129

ANEXO III	131
Anexo III. Controlo Estatístico Univariado do Processo – Fase 1	133
III.1. Produto A.....	133
III.2. Produto B.....	149
III.3. Produto C.....	165
III.4. Produto D	179
III.5. Produto E.....	190
III.6. Dados	205
III.6.1. Produto A.....	205
III.6.2. Produto B.....	207
III.6.3. Produto C.....	209
III.6.4. Produto D	211
III.6.5. Produto E.....	213
ANEXO IV.....	215
Anexo IV. Controlo Estatístico Univariado do Processo – Fase 2	217
IV.1. Cartas de Controlo Z/W.....	217
IV.1.1. Textura	217
IV.1.2. pH.....	224
IV.1.3. Parâmetro da cor a^*	231
IV.1.4. Parâmetro da cor b^*	238
IV.1.5. Parâmetro da cor L^*	245
ANEXO V.....	253
Anexo V. Controlo Estatístico Multivariado do Processo – Fase 1	255
V.1. Cartas Multivariadas T^2 iniciais.....	255
V.1.1. Produto A	257
V.1.2. Produto B	258
V.1.3. Produto C	259
V.1.4. Produto E	260
V.2. Cartas T^2 revistas	261
V.2.1. Produto A	261

V.2.2.	Produto B.....	264
V.2.3.	Produto C.....	267
V.2.4.	Produto D	270
V.2.5.	Produto E.....	272
V.3.	Fase 1 – Estudo multivariado da Capacidade dos processos	275
ANEXO VI		279
Anexo VI.	Controlo Estatístico Multivariado do Processo – Fase 2.....	281
VI.1.	Cartas Multivariada	281

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Instalações da Mundipam, situada na Quinta do Anjo (Palmela).....	8
Figura 2.2 – Planta das instalações da Mundipam.	9
Figura 2.3 – Estrutura organizativa da Mundipam.	10
Figura 2.4 – Área de produção de produtos em pó e área de produção de produtos líquidos.	13
Figura 2.5 – Cais e Armazém de produto acabado da Mundipam.....	14
Figura 2.6 – Esquema das instalações para a produção de produtos em pó.	15
Figura 2.7 – Esquema das instalações para a produção de produtos líquidos.	16
Figura 2.8 – Área de serviço.	17
Figura 2.9 – Laboratório de Controlo da Qualidade.	18
Figura 2.10 – Gestão do Sistema de Segurança e Qualidade Alimentar.....	20
Figura 3.1 – Carta de controlo.	29
Figura 3.2 – Zonas A, B e C para as cartas de controlo de Shewhart.	37
Figura 5.1 – Texturómetro.....	66
Figura 5.2 – Potenciómetro (medidor de pH).	67
Figura 5.3 – Sistema de cor $L^* a^* b^*$ (Berns, 2001).	68
Figura 5.4 – Colorímetro.....	69
Figura 7.1 – Carta de Controlo X-MR para a textura do produto D.....	85
Figura 7.2 – Carta de Controlo X-MR (reformulada) para a textura do produto D.	86
Figura 7.3 – Verificação da ausência de padrões aleatórios nas cartas da Figura 7.2.	87
Figura 7.4 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto D.....	88
Figura 7.5 – Cartas de Controlo Z/W para a textura dos quatro produtos.	90
Figura 7.6 – Fase 1 – Carta multivariada inicial para o produto D.....	93
Figura 7.7 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto D.	94

Figura 7.8 – Fase 2 – Carta multivariada T^2 , para os quatro produtos.	96
Figura III.1 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para a Textura do produto A.	133
Figura III.2 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para a Textura do produto A.	134
Figura III.3 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto A.	135
Figura III.4 – Carta de Controlo $X-MR$ para o pH do produto A.	136
Figura III.5 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto A.	137
Figura III.6 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto A.	138
Figura III.7 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto A.	139
Figura III.8 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor a^* do produto A.	140
Figura III.9 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto A.	141
Figura III.10 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto A.	142
Figura III.11 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto A. ...	143
Figura III.12 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto A.	144
Figura III.13 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto A.	145
Figura III.14 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto A.	146
Figura III.15 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto A.	147
Figura III.16 – Carta de Controlo $X-MR$ para a Textura do produto B.	149
Figura III.17 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para a Textura do produto B.	150
Figura III.18 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto B.	151
Figura III.19 – Carta de Controlo $X-MR$ para o pH do produto B.	152
Figura III.20 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto B.	153
Figura III.21 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto B.	154
Figura III.22 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto B.	155
Figura III.23 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor a^* do produto B.	156
Figura III.24 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto B.	157
Figura III.25 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto B.	158

Figura III.26 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto B.	159
Figura III.27 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto B.	160
Figura III.28 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto B.....	161
Figura III.29 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto B.	162
Figura III.30 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto B.	163
Figura III.31 – Carta de Controle $X-MR$ para a Textura do produto C.	165
Figura III.32 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para a Textura do produto C.....	166
Figura III.33 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto C.	167
Figura III.34 – Carta de Controle $X-MR$ para o pH do produto C.	168
Figura III.35 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto C.	169
Figura III.36 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto C.....	170
Figura III.37 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto C.	171
Figura III.39 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto C.	172
Figura III.40 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto C.	173
Figura III.41 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto C.	174
Figura III.42 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto C.	175
Figura III.43 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto C.....	176
Figura III.45 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto C.	177
Figura III.44 – Carta de Controle $X-MR$ para o pH do produto D.	179
Figura III.45 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto D.....	180
Figura III.46 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto D.	181
Figura III.47 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto D.	182
Figura III.48 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto D.	183
Figura III.49 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto D.	184
Figura III.50 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto D.	185

Figura III.51 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto D.....	186
Figura III.52 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto D. ...	187
Figura III.53 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto D.	188
Figura III.54 – Carta de Controlo $X-MR$ para a Textura do produto E.....	190
Figura III.55 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para a Textura do produto E.	191
Figura III.56 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto E.....	192
Figura III.57 – Carta de Controlo $X-MR$ para o pH do produto E.....	193
Figura III.58 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto E.....	194
Figura III.59 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto E.	195
Figura III.60 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto E.....	196
Figura III.61 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor a^* do produto E.....	197
Figura III.62 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto E.	198
Figura III.63 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto E.....	199
Figura III.64 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto E.	200
Figura III.65 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto E.	201
Figura III.66 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto E.....	202
Figura III.67 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto E.	203
Figura IV.1 – Cartas de controlo Z/W para a textura dos quatro produtos.....	223
Figura IV.2 – Cartas de controlo Z/W para o pH dos quatro produtos.	230
Figura IV.3 – Cartas de controlo Z/W para o parâmetro da cor a^* dos quatro produtos.	237
Figura IV.4 – Cartas de controlo Z/W para o parâmetro da cor b^* dos quatro produtos.	244
Figura IV.5 – Cartas de controlo Z/W para o parâmetro da cor L^* dos quatro produtos.	251
Figura V.1 – Fase 1 – Carta multivariada para o produto A.	257
Figura V.2 – Fase 1 – Carta multivariada para o produto B.....	258
Figura V.3 – Fase 1 – Carta multivariada inicial para o produto C.	259
Figura V.4 – Fase 1 – Carta multivariada inicial para o produto E.	260
Figura V.5 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto A.....	263

Figura V.6 – *Fase 1* – Carta multivariada revista para o produto B.266

Figura V.7 – *Fase 1* – Carta multivariada revista para o produto C.269

Figura V.8 – *Fase 1* – Carta multivariada revista para o produto E.274

Figura VI.1 – *Fase 2* – Carta multivariada T^2 , para os três produtos.283

Índice de Quadros

Quadro 3.1 – Tipos de cartas de controlo.	32
Quadro 3.2 – <i>Fase 1</i> – Limites de Controlo das Cartas de Varáveis.	34
Quadro 3.3 – <i>Fase 2</i> – Limites de Controlo das Cartas de Variáveis.	36
Quadro 3.4 – Estimadores dos parâmetros dos processos.	37
Quadro 3.5 – Valores mínimos dos índices de capacidade (Montgomery, 2001).	41
Quadro 4.1 – Estatísticas e Limites das Cartas Z/W , para a mesma dimensão de amostra.	45
Quadro 5.1 - Linhas de orientação a seguir na interpretação dos parâmetros colorimétricos.	68
Quadro 7.1 – Produtos seleccionados.	82
Quadro 7.2 – Limites das especificações aplicáveis às características dos produtos em estudo.	83
Quadro 7.3 – Estudo da Capacidade do processo relativamente à textura do produto D.	88
Quadro 7.4 – Transformadas de X_{ij} e MR_{ij} e limites de controlo das cartas Z/W	89
Quadro 7.5 – Ocorrência de causas especiais para a característica textura (Cartas Z/W).	90
Quadro 7.6 – Ocorrência de causas especiais para a característica pH (Cartas Z/W).	91
Quadro 7.7 – Ocorrência de causas especiais para o parâmetro a^* da característica cor (Cartas Z/W).	91
Quadro 7.8 – Ocorrência de causas especiais para o parâmetro L^* da característica cor (Cartas Z/W).	92
Quadro 7.9 – Elementos \bar{X}_j do vector média $\bar{\mathbf{X}}$ de cada produto.	95
Quadro 7.10 – Elementos s_{ij} da matriz das covariâncias \mathbf{S} de cada produto.	95
Quadro 7.11 – Estudo multivariado da capacidade dos processos dos produtos.	95
Quadro 7.12 – Análise estatística d – Produto D.	97
Quadro 7.13 – Análise das situações de fora de controlo.	97
Quadro 7.14 – Análise da correlação entre variáveis para o ponto n.º 106.	98

Quadro 7.15 – Causas especiais detectadas nas cartas da <i>Fase 1</i> dos estudos univariado e multivariado.	99
Quadro 7.16 – Causas especiais detectadas nas cartas da <i>Fase 1</i> dos estudos univariado e multivariado.	100
Quadro III.1 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto A.	136
Quadro III.2 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto A.	139
Quadro III.3 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto A.	142
Quadro III.4 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto A.	145
Quadro III.5 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto A.	148
Quadro III.6 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto B.	152
Quadro III.7 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto B.	155
Quadro III.8 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto B.	158
Quadro III.9 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto B.	161
Quadro III.10 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto B.	164
Quadro III.11 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto C.	168
Quadro III.12 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto C.	171
Quadro III.13 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto C.	173
Quadro III.14 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto C.	176
Quadro III.15 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto C.	178
Quadro III.16 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto D.	182
Quadro III.17 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto D.	184

Quadro III.18 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto D.	186
Quadro III.19 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto D.	189
Quadro III.20 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto E.	193
Quadro III.21 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto E.....	196
Quadro III.22 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto E.	199
Quadro III.23 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto E.	201
Quadro III.24 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto E.....	204
Quadro V.1 – Mapa Resumo.	276

ANEXOS

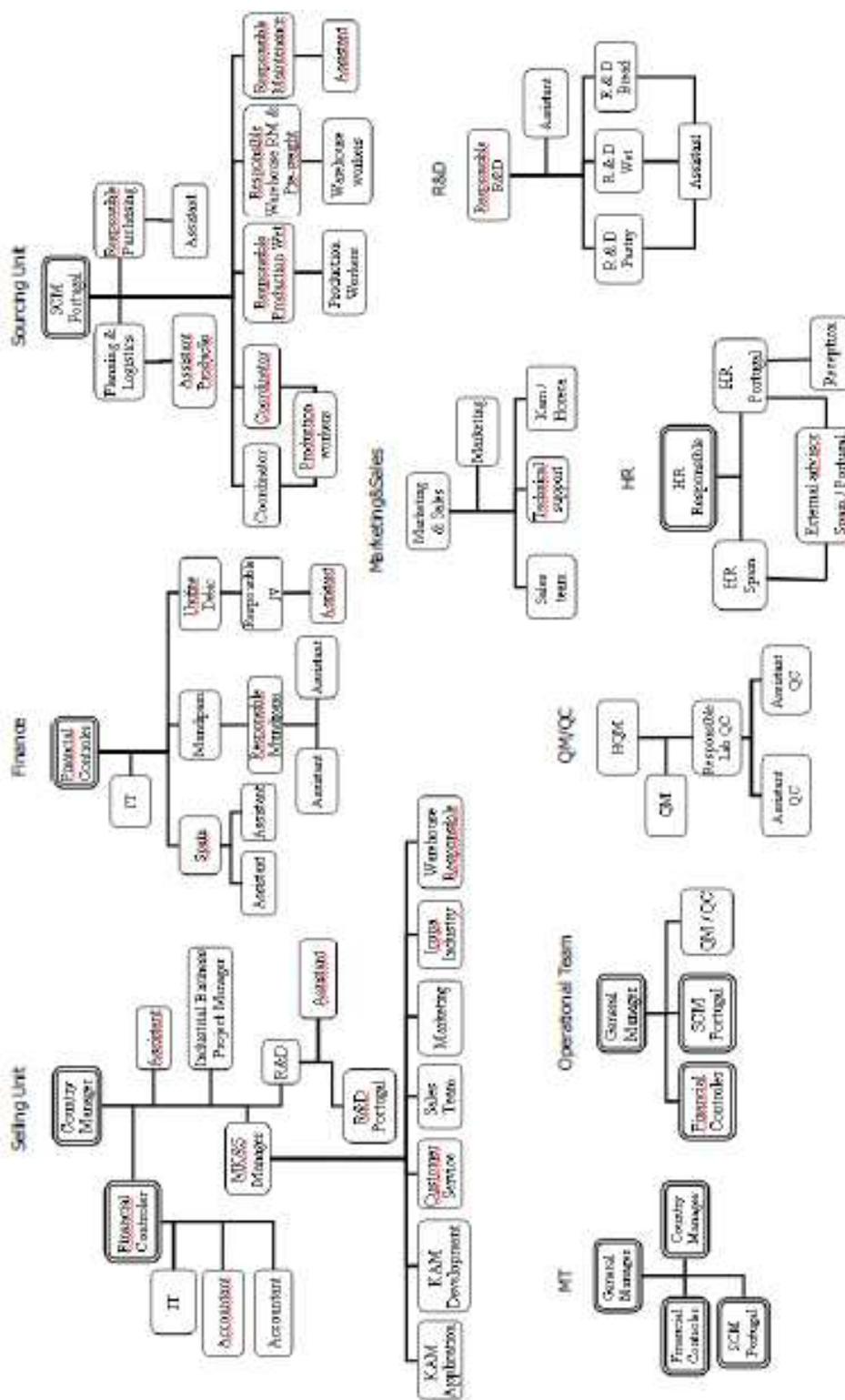
ANEXO I

MUNDIPAM – PRODUTOS ALIMENTARES, S.A.

- **Organigrama**
- **Relatório de Produção**
- **Diagramas dos Processos**
- **HACCP**

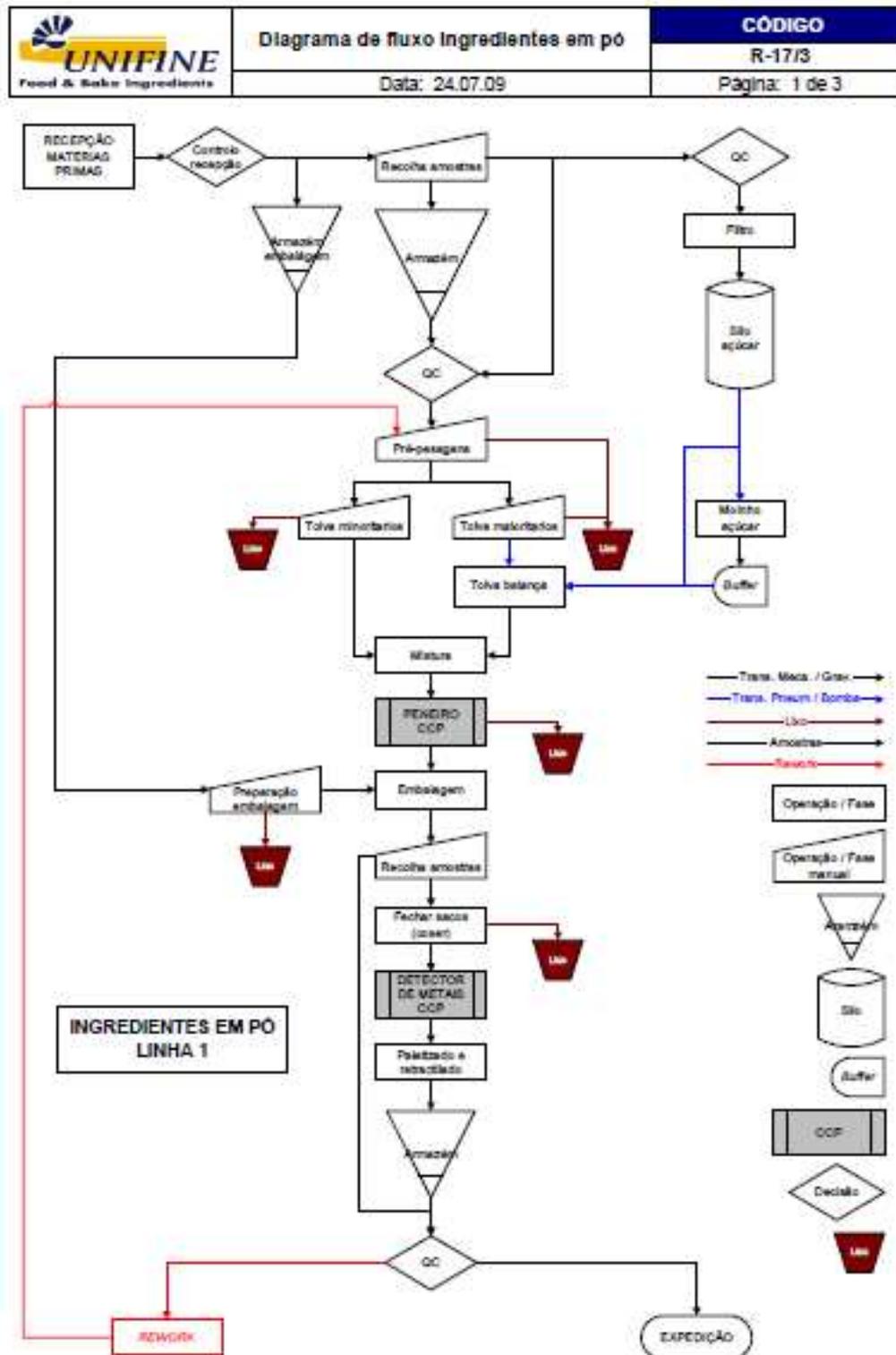
Anexo I. Mundipam – Produtos Alimentares, S.A.

I.1. Organigrama

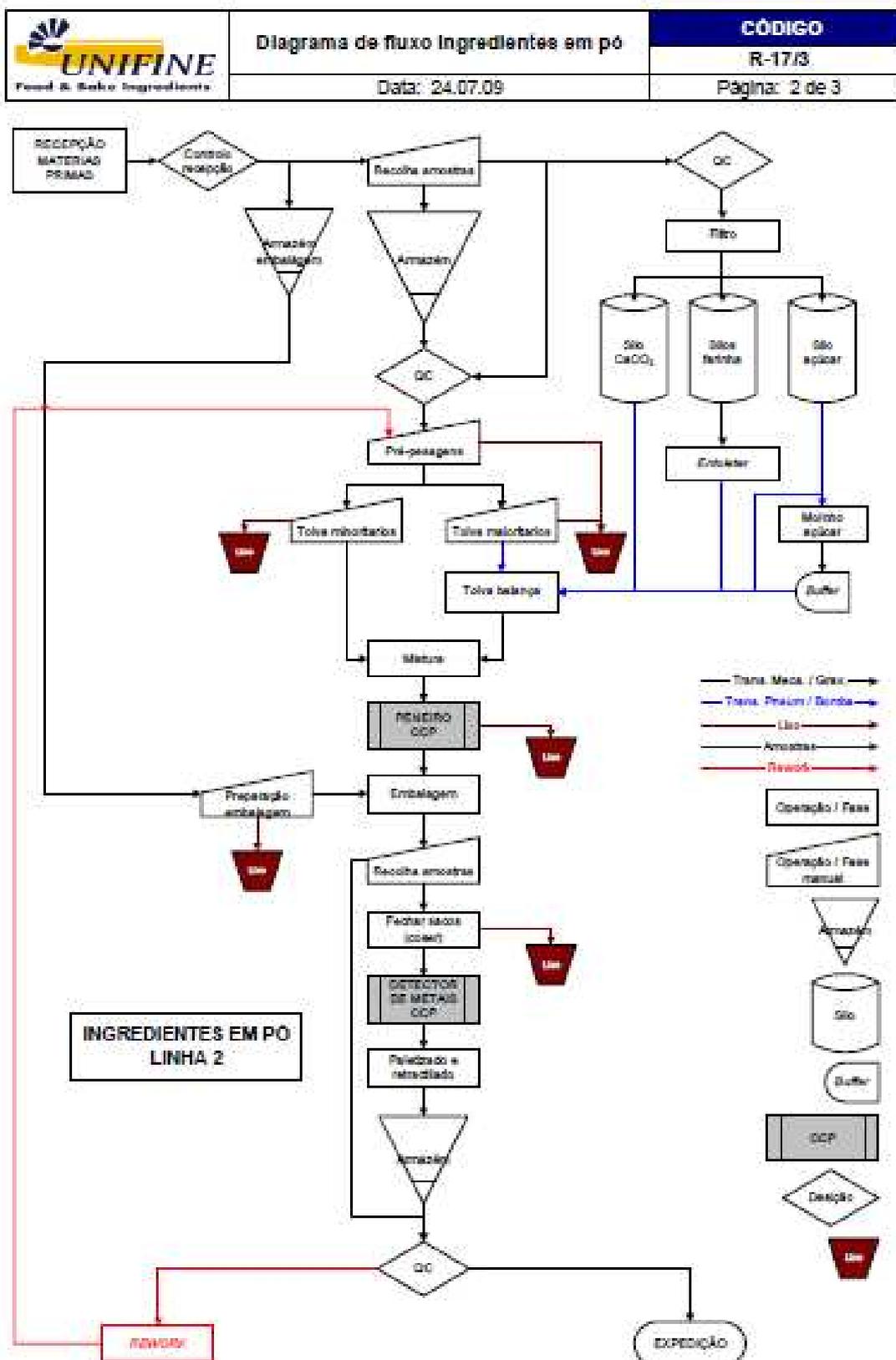


I.3. Diagramas dos Processos

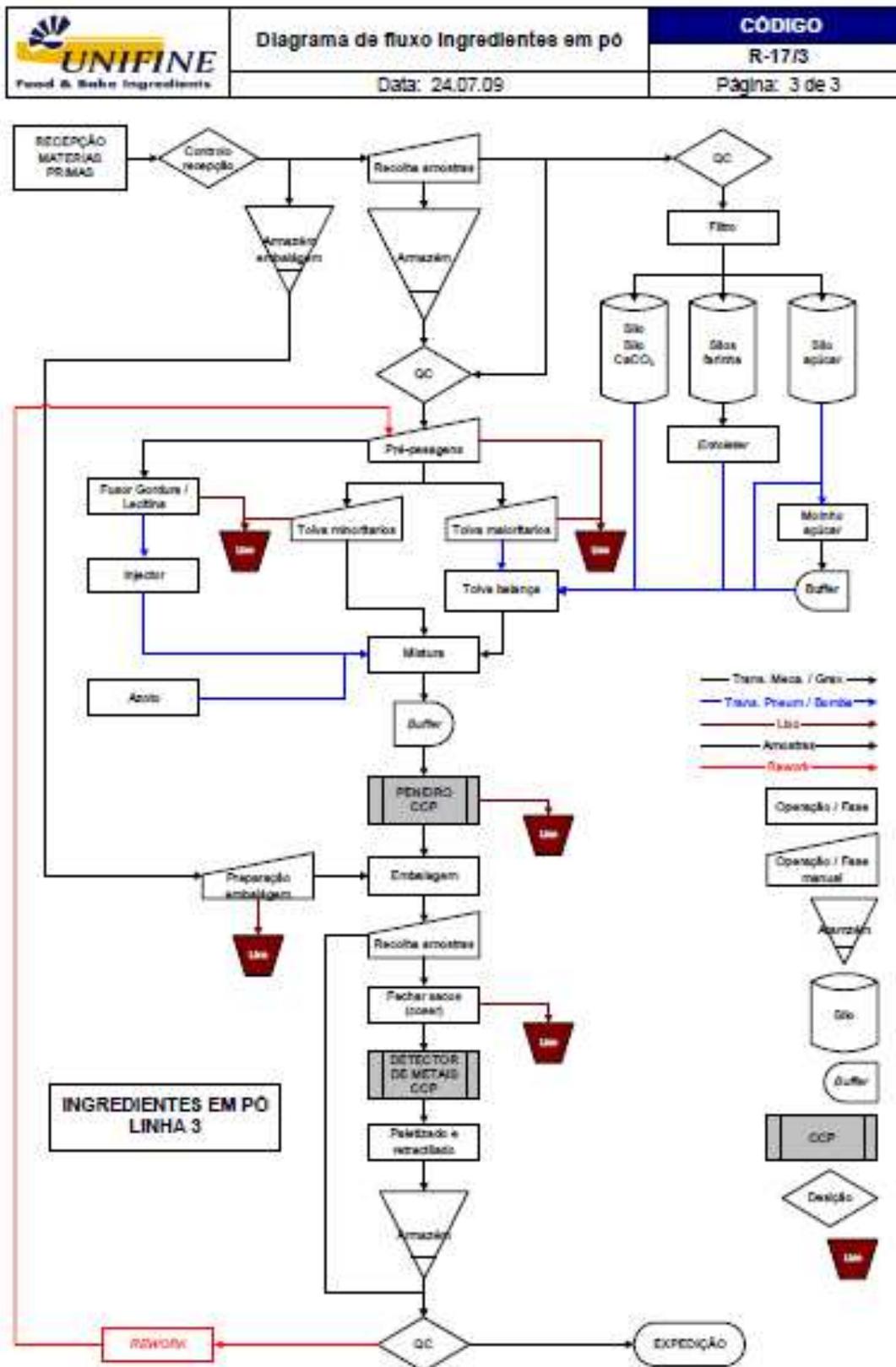
I.3.1. Diagrama de Processo na Linha 1



I.3.2. Diagrama de Processo na Linha 2

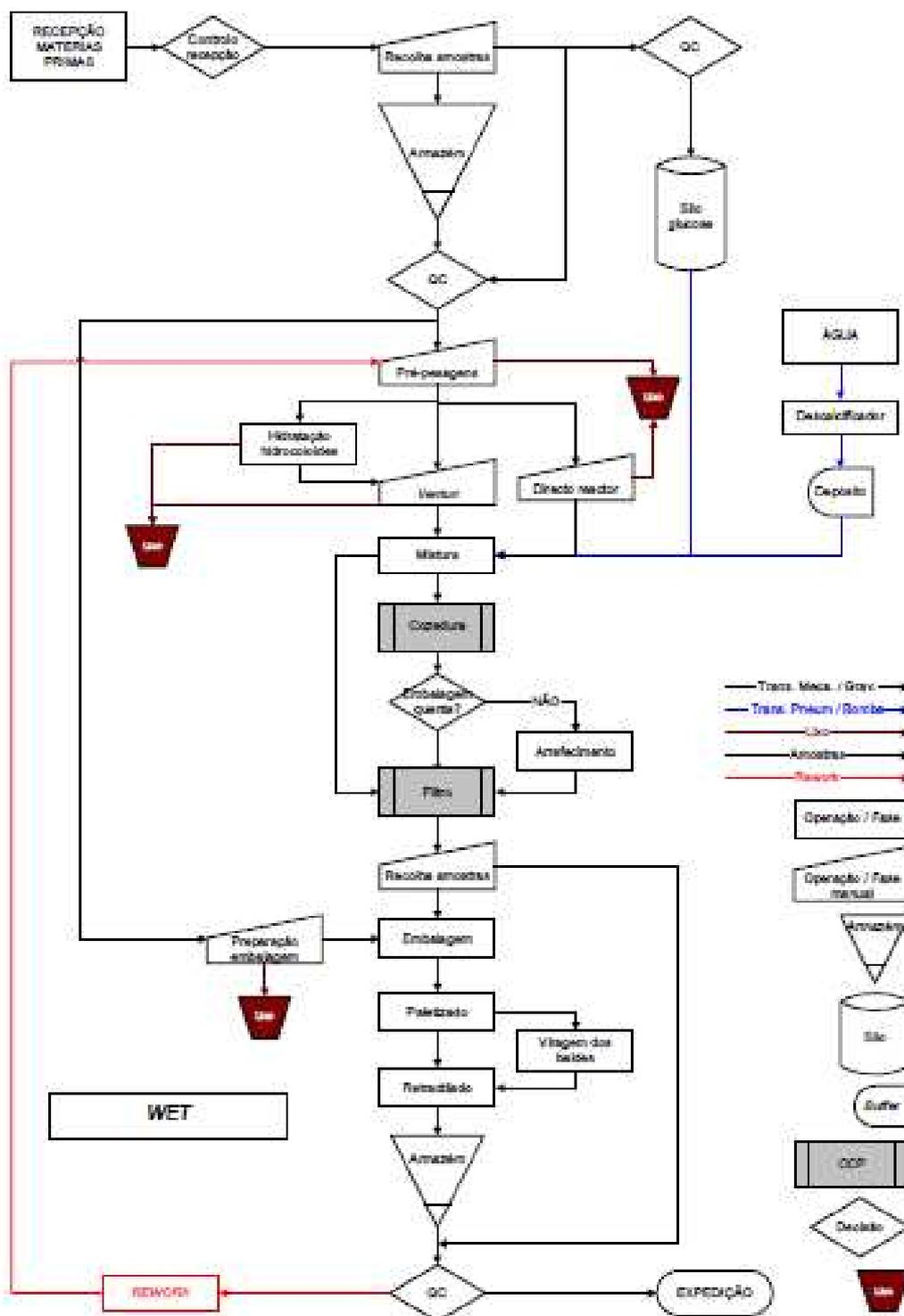


I.3.3. Diagrama de Processo na Linha 3



I.3.4. Diagrama de Processo nos Reactores A e B

	Diagrama de fluxo Ingredientes líquidos	CÓDIGO
	Data: 24.08.09	R-18/2
		Página: 1 de 1



I.4. HACCP

I.4.1. Gestão dos PCC's na produção de ingredientes em pó

	PROCEDIMENTO		CÓDIGO		
	Análise de perigos e pontos de controlo críticos			PO-12	
	Data: 28.07.09			Rev.: 5	Página: 19 de 26

ANEXO 5 QUADRO DE GESTÃO DOS PCC DA PRODUÇÃO DE INGREDIENTES EM PÓ

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PERIGOS	PREVENÇÃO		CONTROLE	CONTROLE		LIMITES CRÍTICOS	CORREÇÃO		REGISTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS
			MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSÁVEL PELA PREVENÇÃO		RESPONSÁVEL PELO CONTROLE	REGISTO DE QUALIDADE		MEDIDAS CORRECTIVAS	RESPONSÁVEL PELA CORREÇÃO	
PCC01	PENEIRO	Elementos impróprios	Passagem de todo o produto a embalar pelo peneiro	Operário Produção	Verificação da integridade do peneiro mediante controlo visual segundo a Instrução I-39 Controlo dos peneiros	Coordenador Produção	PO-07A Relatório de Produção	2 / 3 mm (linha 1), 4 / 15 mm (linha 2), 2 / 3 mm (linha 3) segundo instruções de fabricação	Substituição da malha do peneiro Reprocessamento do produto Rejeição do produto	Director de Produção Quality Manager	Notificação Q3 segundo a Instrução I-30 Gestão de produto não-conforme
PCC02	DETECTOR DE METAIS	Elementos impróprios metálicos	Passagem de todo o produto fabricado pelo detector de metais	Operário Produção	Manutenção e verificação do funcionamento do detector de metais segundo a Instrução I-17 Funcionamento do detector de metais	Coordenador Produção	PO-07A Relatório de Produção	3,0 mm (Fe), 3,5 mm (não Fe), 2,5 mm / 4 mm (Inox) Funcionamento do detector de metais	Reparação do equipamento de detecção de metais Reprocessamento do produto Rejeição do produto	Director de Produção Quality Manager	Notificação Q3 segundo a Instrução I-30 Gestão de produto não-conforme

I.4.2. Gestão dos PCC's na produção de ingredientes líquidos

	PROCEDIMENTO		CÓDIGO		
	Análise de perigos e pontos de controlo críticos			PO-12	
	Data: 28.07.09			Rev.: 5	Página: 26 de 26

ANEXO 9 QUADRO DE GESTÃO DOS PCC DA PRODUÇÃO DE LÍQUIDOS

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PERIGOS	PREVENÇÃO		CONTROLO	CORREÇÃO					
			MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSÁVEL PELA PREVENÇÃO		RESPONSÁVEL PELO CONTROLO	REGISTO DE QUALIDADE	LIMITES CRÍTICOS	MEDIDAS CORRECTIVAS	RESPONSÁVEL DA CORREÇÃO	REGISTO DE MEDIDAS CORRECTIVAS
PCC01	Cozedura	Crescimento de bolores e leveduras	Tratamento térmico segundo instruções de fabricação	Operário de Produção	Verificação do tempo de cozedura	Controlo de Qualidade	Registo automático de temperatura do processo	Cozedura: pH > 3.5 t > 25 minutos T > 80°C (P ₇ sp= 5) pH < 3.5: t > 5 minutos T > 80°C (P ₇ 70 ^o = 50)	Reprocessamento do produto Rejeição do produto	Director de Produção Quality Manager	Notificação Q3 segundo a Instrução I-30 Gestão de produto não-conforme
PCC02	Filtro	Elementos impróprios	Passagem de todo o produto a embalar pelo filtro	Operário de Produção	Verificação da presença e integridade do filtro mediante controlo visual ao início do turno e nas limpezas	Coordenador de Produção	PO-07/A Relatório de Produção	1 mm AZUCAR INVERTIDO e GELATINAS / 4 mm CREMAS segundo instruções de fabrico	Substituição da malha do filtro Reprocessamento do produto Rejeição do produto	Director de Produção Quality Manager	Notificação Q3 segundo a Instrução I-30 Gestão de produto não-conforme

ANEXO II

CONTROLO ESTATÍSTICO MULTIVARIADO DO PROCESSO

- **Outro método para a interpretação das cartas multivariadas**

Anexo II. Controlo Estatístico Multivariado do Processo

II.1. Outros Métodos para a Interpretação das Cartas Multivariadas

II.1.1. Método de decomposição de T^2 em componentes ortogonais

No controlo estatístico de processos multivariados, um sinal de fora de controlo pode ser causado por várias situações, não sendo unicamente devido a alterações nos parâmetros das p características, podendo também ser devido à relação entre duas ou mais variáveis ou ainda a uma combinação destas duas situações.

Neste contexto, Mason *et al.* (1995, 1997) propõem o método de decomposição de T^2 em componentes ortogonais. É um método mais abrangente, permitindo estudar não só o efeito, sobre os parâmetros do processo, de cada uma das variáveis consideradas isoladamente, mas também o efeito conjunto de duas ou mais variáveis.

Este método permite visualizar de uma forma clara quais as razões que conduzem a uma situação de fora de controlo. Assim, um termo incondicional (T_j^2) da decomposição que apresente um valor superior ao valor crítico, indica que está a ocorrer uma alteração no parâmetro da variável j . Por outro lado, um termo condicional da decomposição que apresente um valor superior ao valor crítico, indica que está a ocorrer uma alteração na correlação entre as variáveis representadas nesse termo condicional.

Para melhor compreensão do método, vai-se referir o caso particular de $p = 2$, procedendo-se seguidamente à sua generalização. Assim, para $p = 2$, T^2 é decomposto em dois componentes independentes ortogonais dados por:

$$T^2 = \frac{(X_1 - \bar{X}_1)^2}{s_1^2} + \frac{(X_2 - \bar{X}_{2.1})^2}{s_{2.1}^2} \quad \text{Equação II.1}$$

ou

$$T^2 = \frac{(X_2 - \bar{X}_2)^2}{s_2^2} + \frac{(X_1 - \bar{X}_{1.2})^2}{s_{1.2}^2} \quad \text{Equação II.2}$$

onde

$s_{i,j}^2$ – Variância condicional estimada de X_i , dado X_j

$\bar{X}_{i,j}$ – Média condicional estimada de X_i , dado X_j

Os dois componentes referidos na Equação II.1 dão uma informação independente dos efeitos de X_1 e de X_2 dado X_1 , acerca do valor de T^2 . Igualmente, os componentes da Equação II.2 dão uma informação independente dos efeitos de X_2 e de X_1 dado X_2 , acerca do valor de T^2 . Considerados conjuntamente, estes componentes podem ser utilizados para verificar se uma situação de fora de controlo é devida a uma alteração de uma ou mais variáveis consideradas isoladamente ou se é devido à alteração da relação entre as variáveis. Esta abordagem vem resolver as limitações apresentadas pela maior parte dos métodos, sendo, segundo Requeijo (2003), aquela que deve ser implementada na interpretação das cartas de controlo multivariadas.

O método de decomposição em componentes ortogonais, proposto por Mason *et al.* (1995, 1997), permite visualizar de uma forma clara quais as razões que conduzem a uma situação de fora de controlo. Assim, um termo incondicional (T^2_j) da decomposição que apresente um valor superior ao valor crítico, indica que está a ocorrer uma alteração no parâmetro da variável j . Por outro lado, um termo condicional da decomposição que apresente um valor superior ao valor crítico, indica que está a ocorrer uma alteração na correlação entre as variáveis representadas nesse termo condicional.

ANEXO III

CONTROLO ESTATÍSTICO UNIVARIADO DO PROCESSO – FASE 1

- **Produto A**
- **Produto B**
- **Produto C**
- **Produto D**
- **Produto E**
- **Dados**

Anexo III. Controlo Estatístico Univariado do Processo – Fase 1

III.1. Produto A

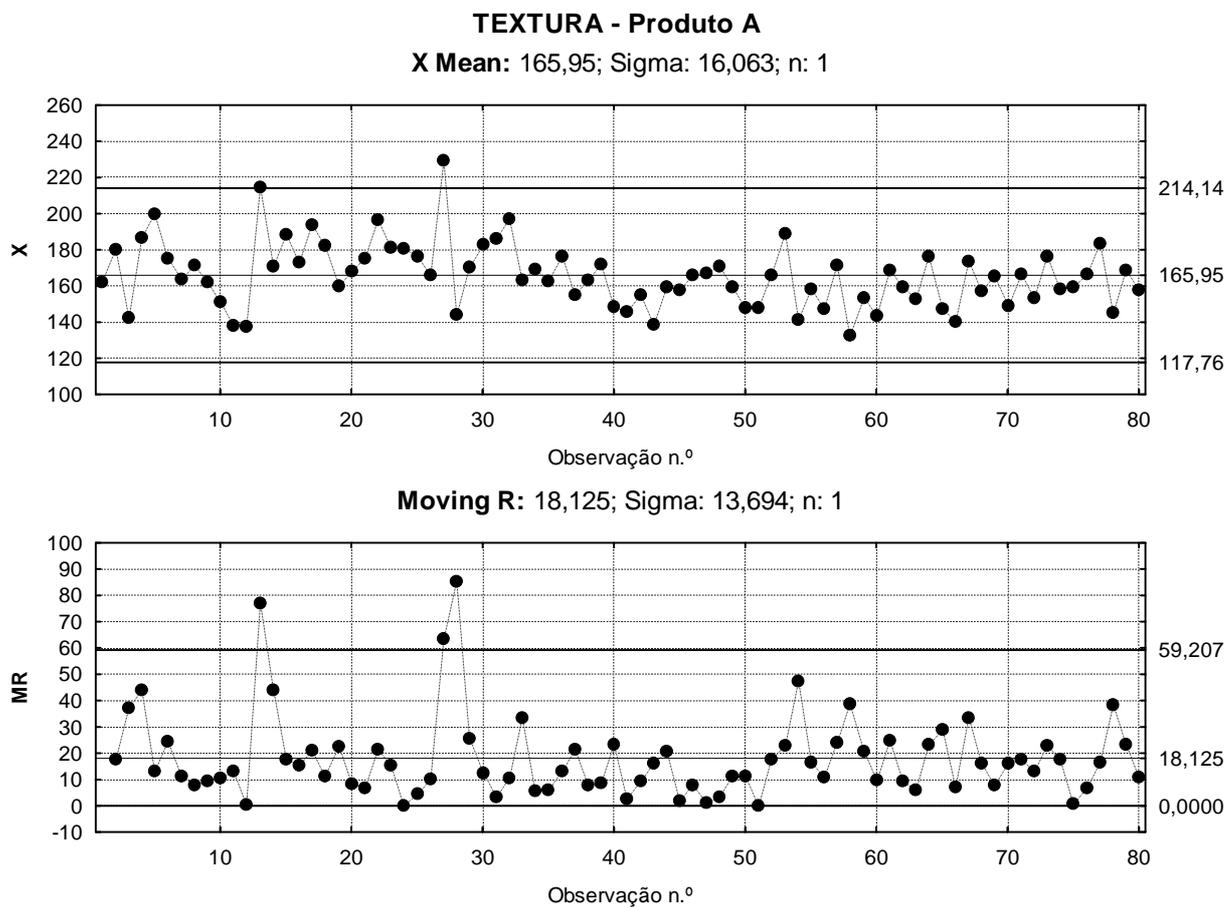


Figura III.1 – Carta de Controlo \bar{X} -MR (reformulada) para a Textura do produto A.

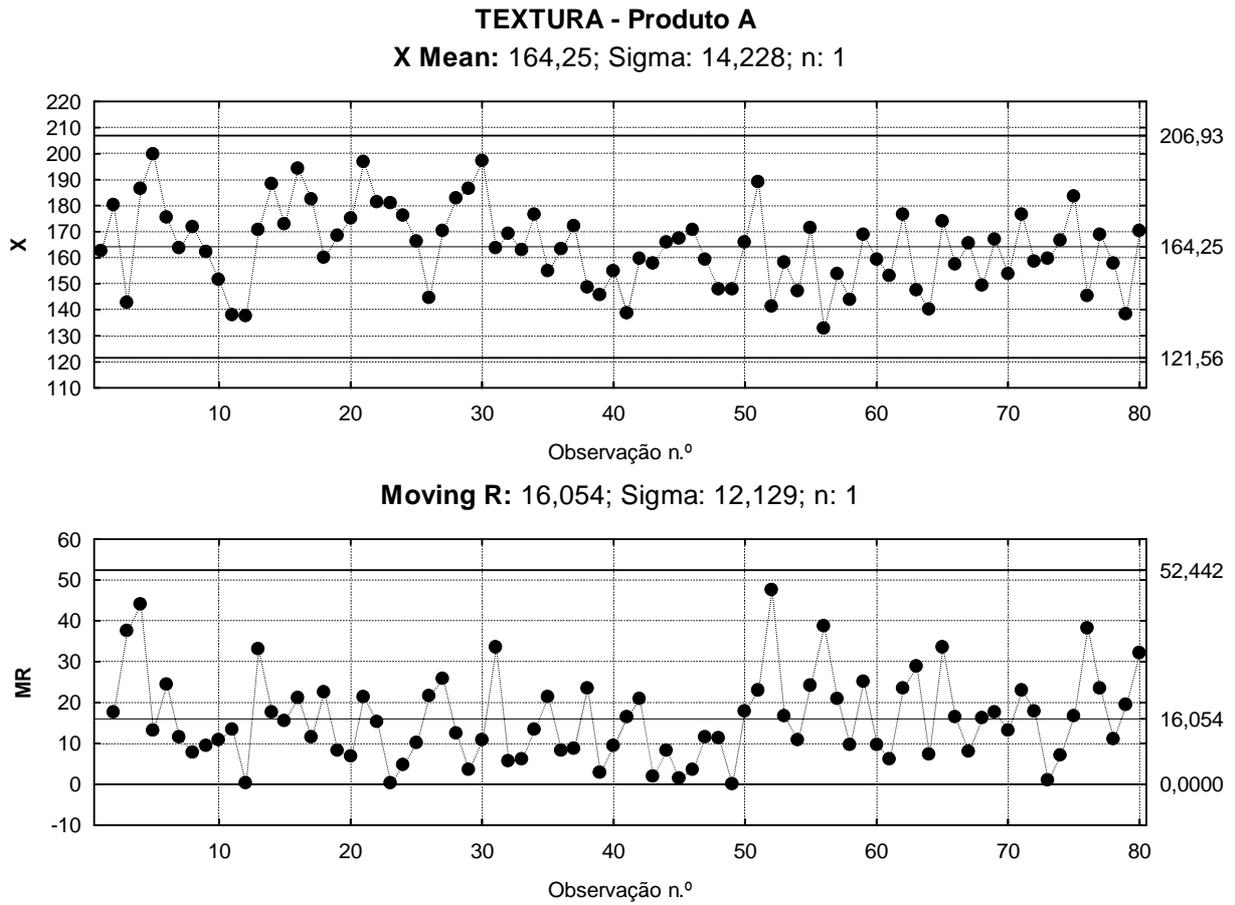


Figura III.2 – Carta de Controlo *X-MR* (reformulada) para a Textura do produto A.

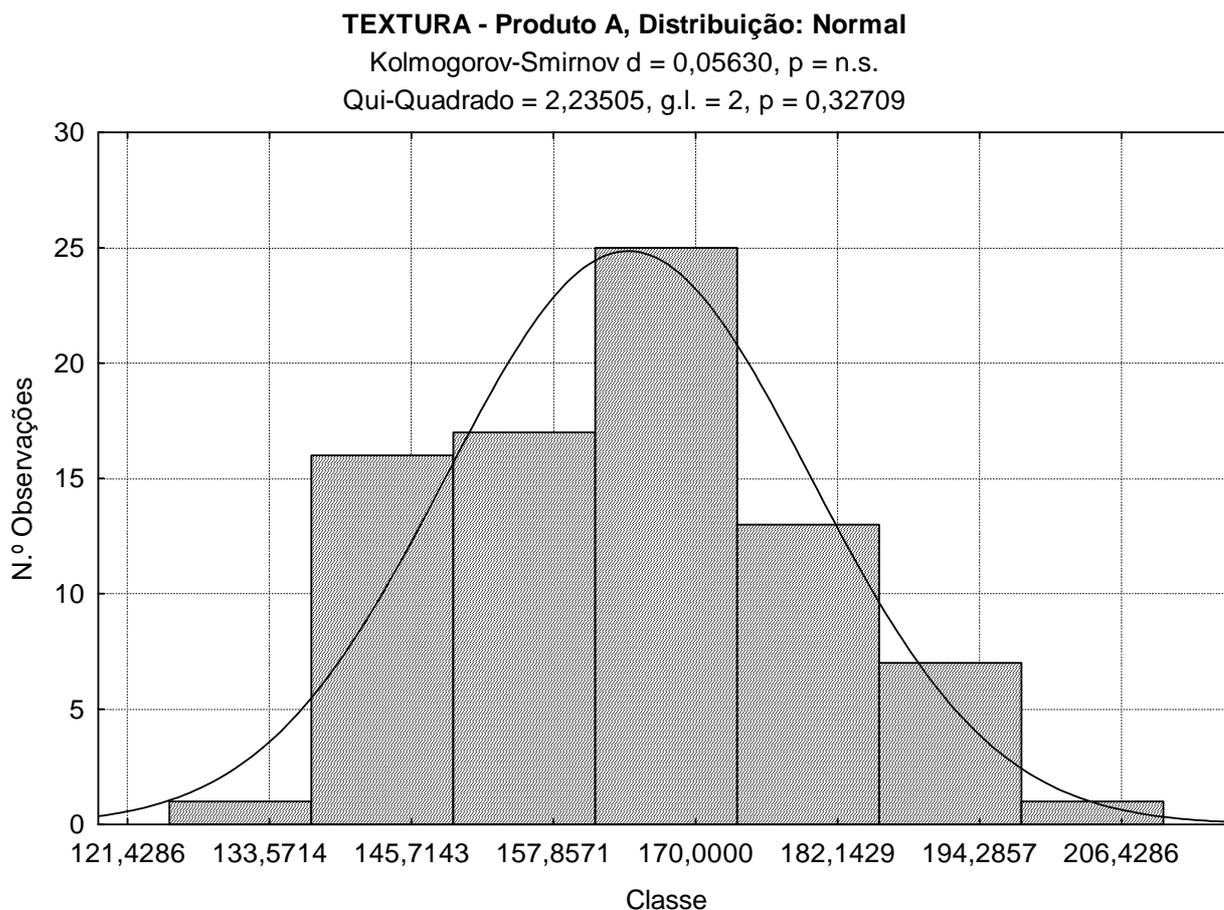


Figura III.3 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto A.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 13 e 27 por se situarem acima do LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.3 conclui-se que os dados referentes à textura do produto A seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.1 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente à textura do produto A, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.1 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto A.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	105	225	164,250	14,228	1,406	1,388	1,388	1,423

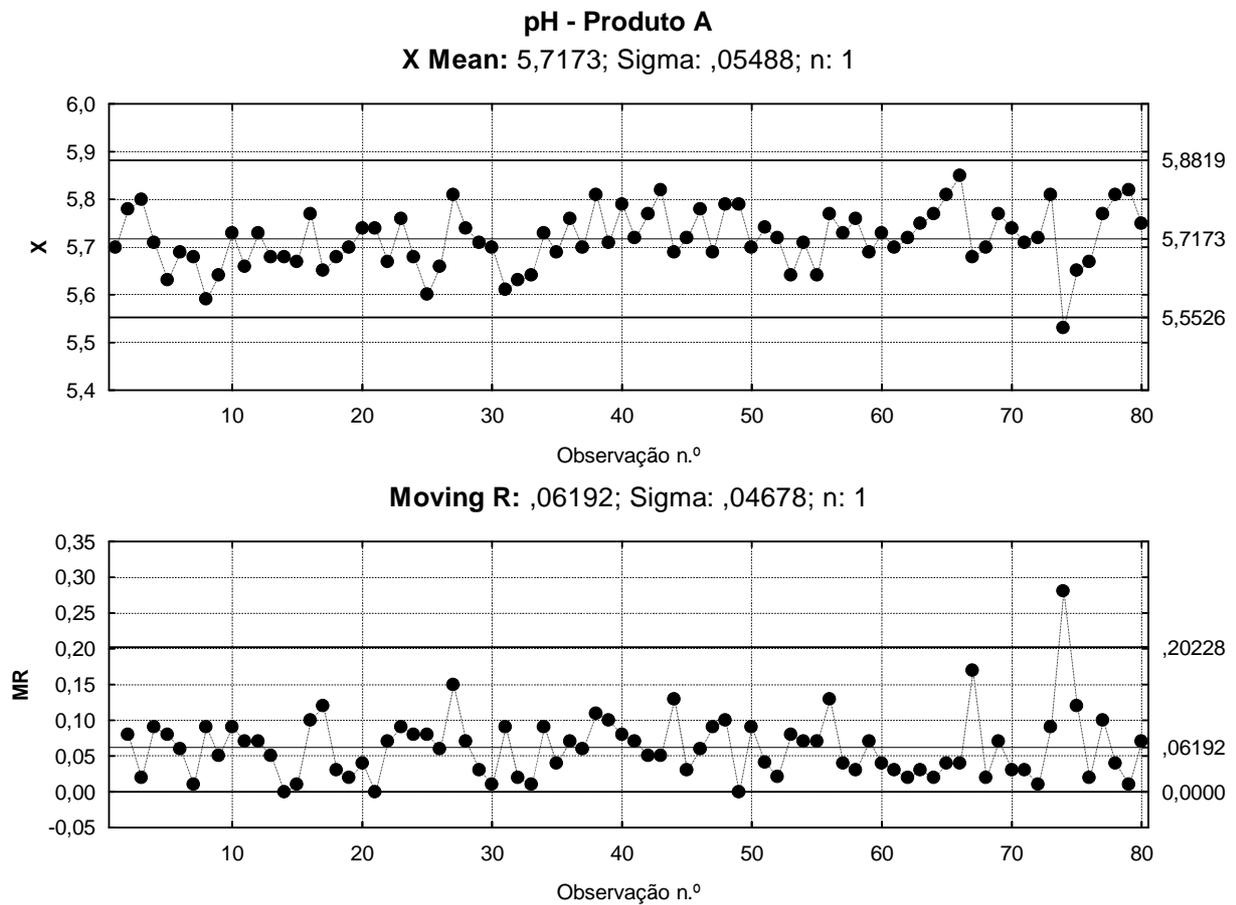


Figura III.4 – Carta de Controle \bar{X} -MR para o pH do produto A.

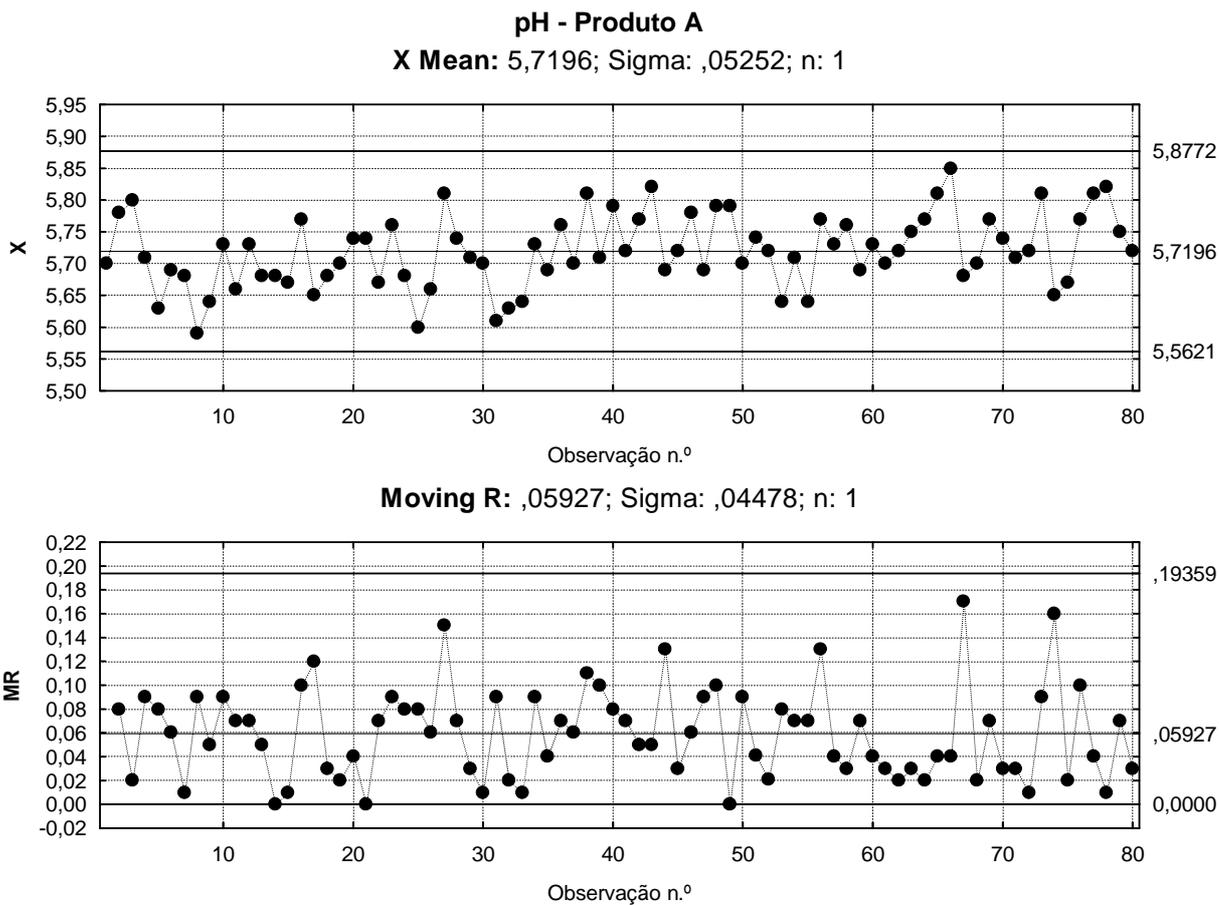


Figura III.5 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o pH do produto A.

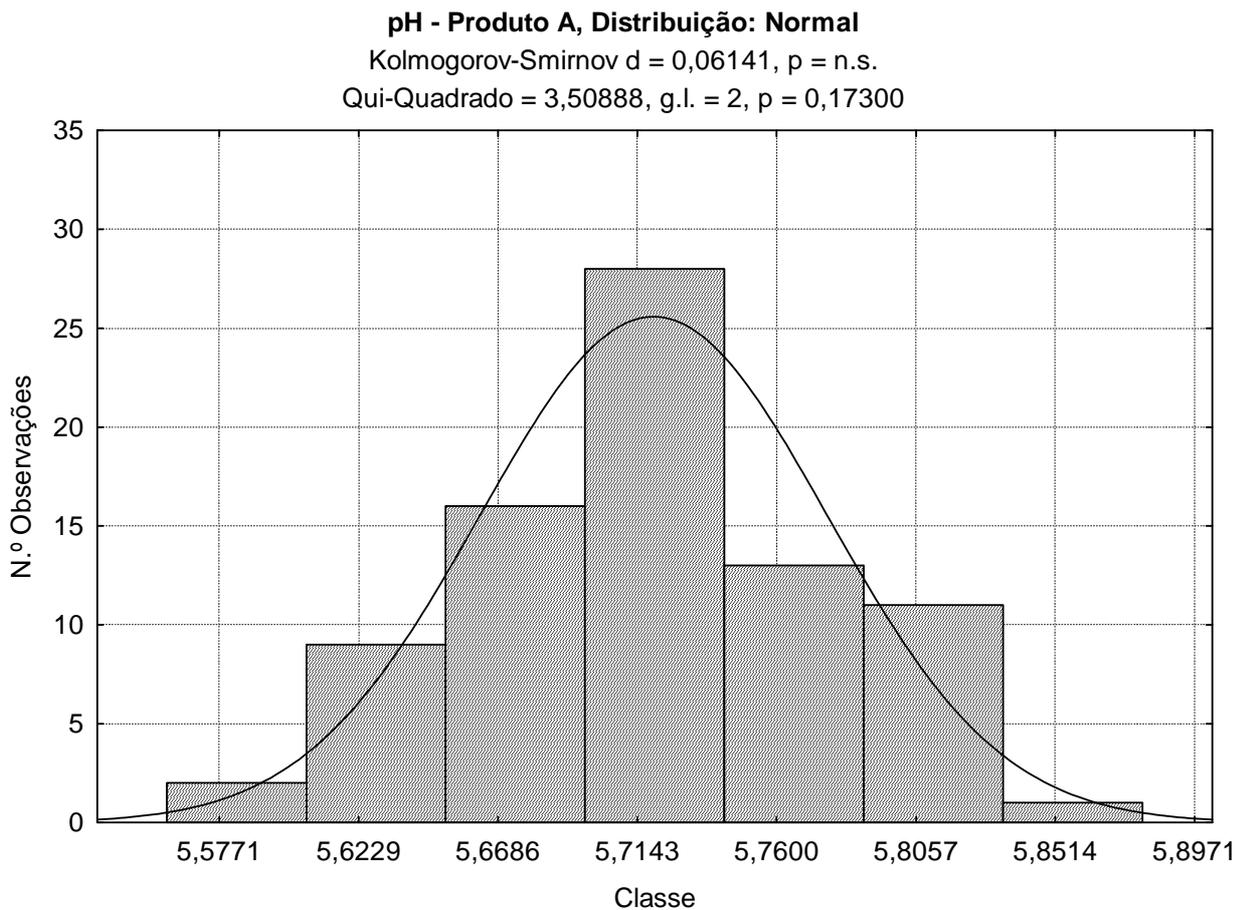


Figura III.6 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto A.

Cartas de controlo – Foi retirado das cartas $X-MR$ o ponto n.º 74 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.6 conclui-se que os dados referentes ao pH do produto A seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0.05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.2 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao pH do produto A, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.2 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto A.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	5,45	5,95	5,720	0,053	1,587	1,462	1,711	1,462

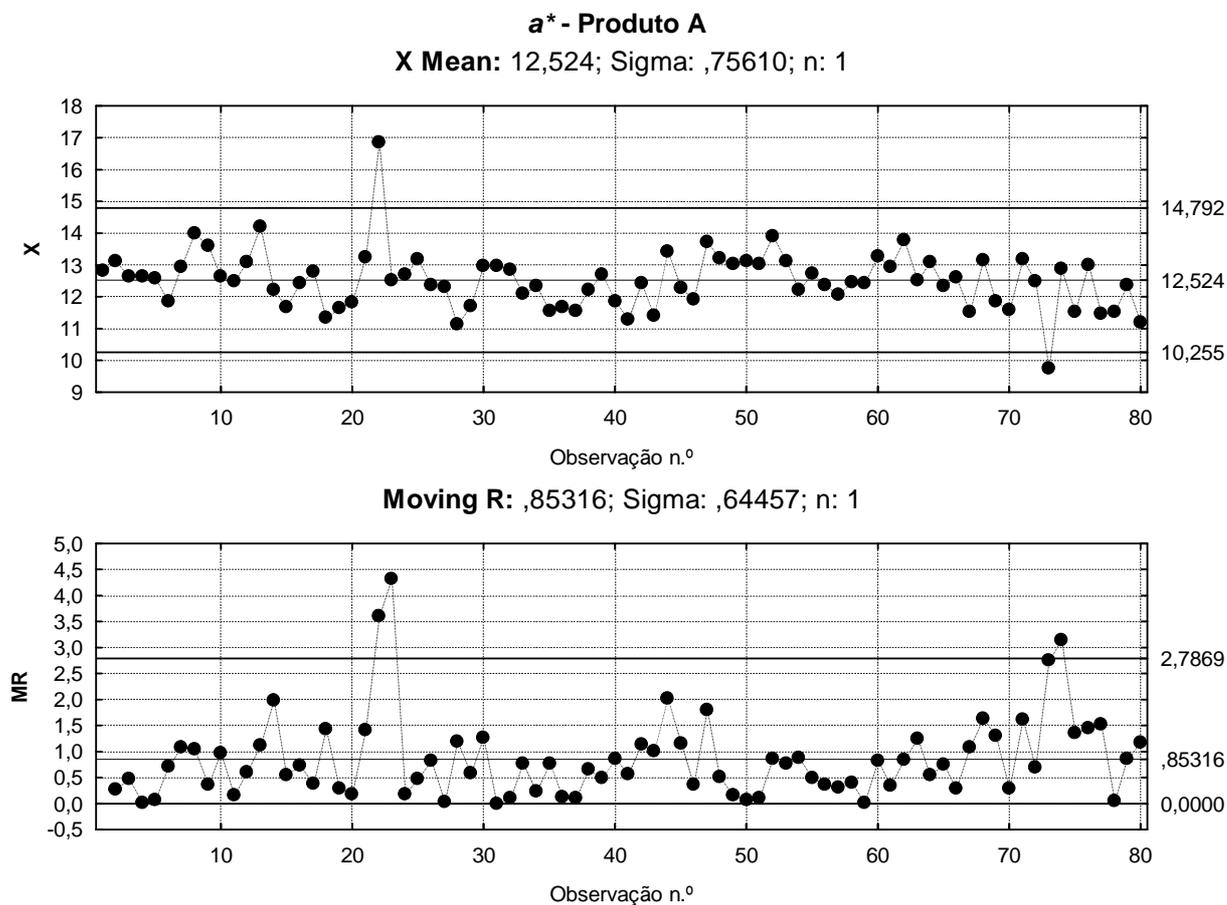


Figura III.7 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto A.

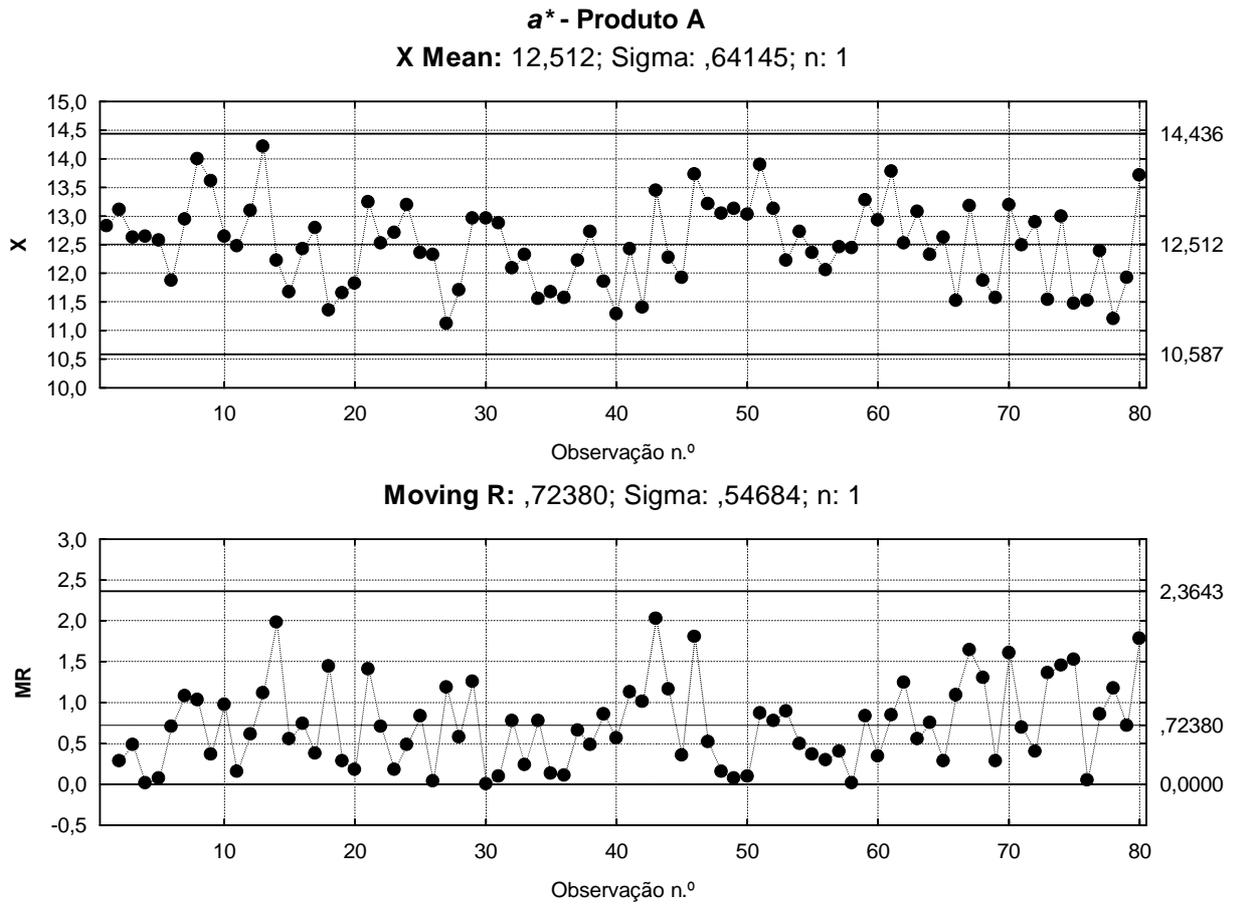


Figura III.8 – Carta de Controle \bar{X} -MR (reformulada) para o parâmetro da cor a^* do produto A.

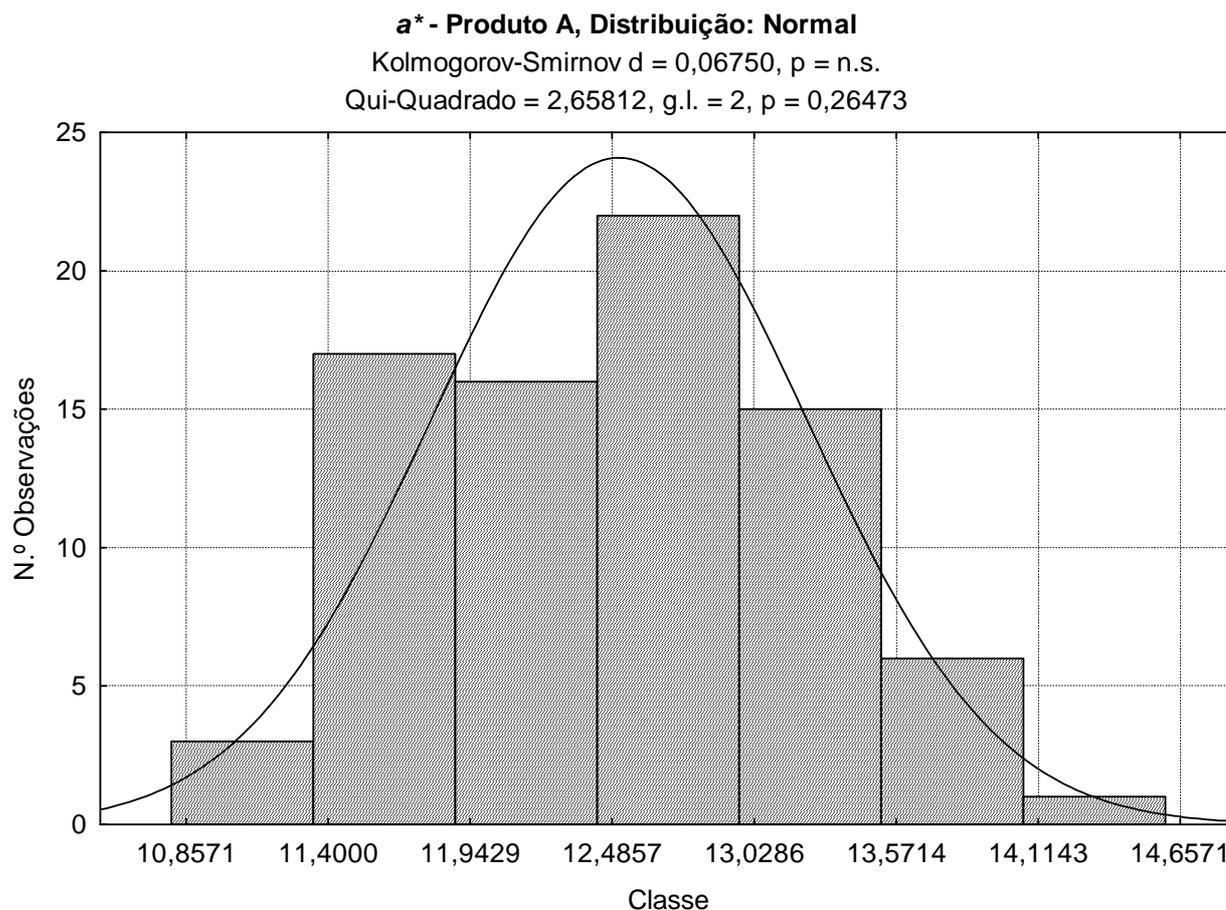


Figura III.9 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto A.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ o ponto n.º 22 por se situar acima do LSC na carta X e o ponto n.º 73 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.9 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor a^* do produto A seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0.05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.1 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto A, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.3 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto A.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	9,90	15,10	12,512	0,641	1,351	1,345	1,357	1,345

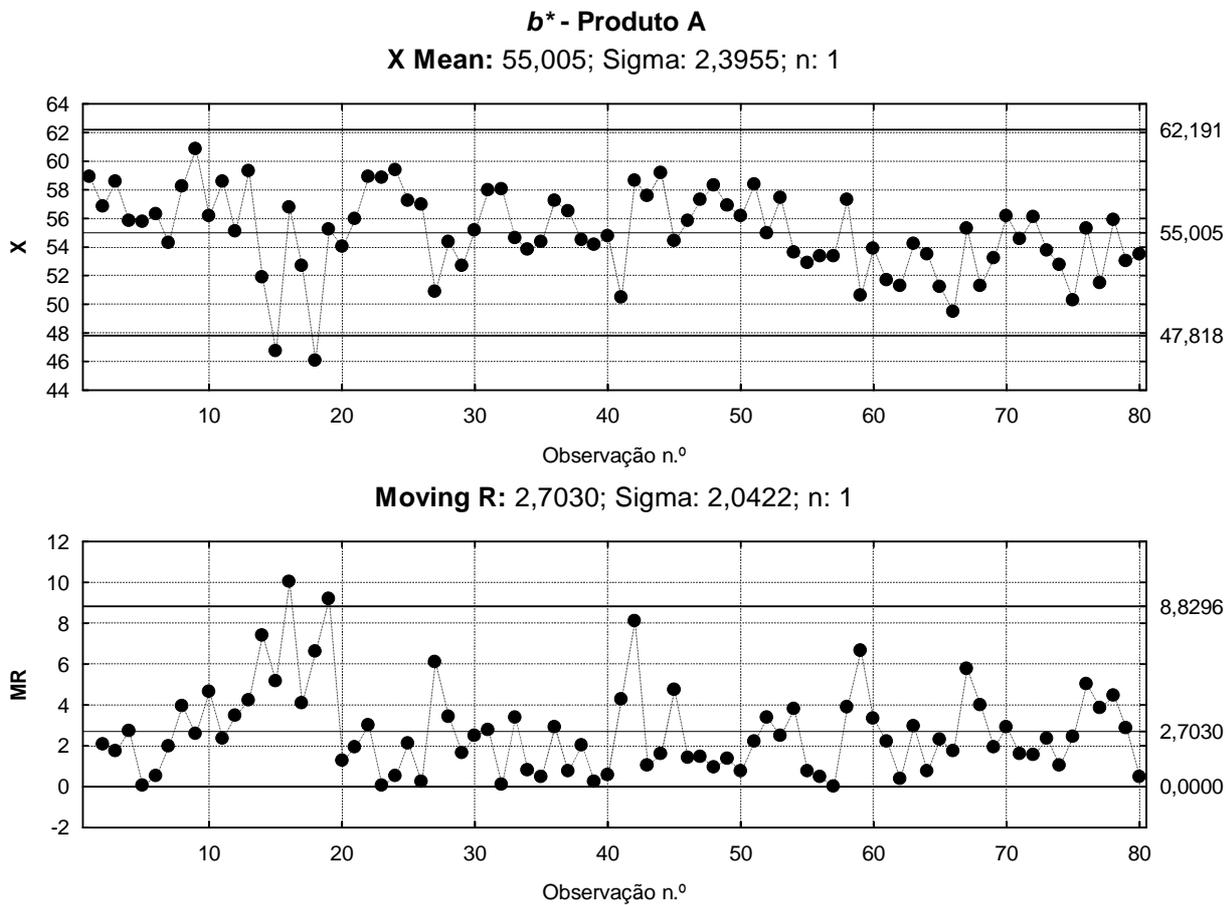


Figura III.10 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto A.

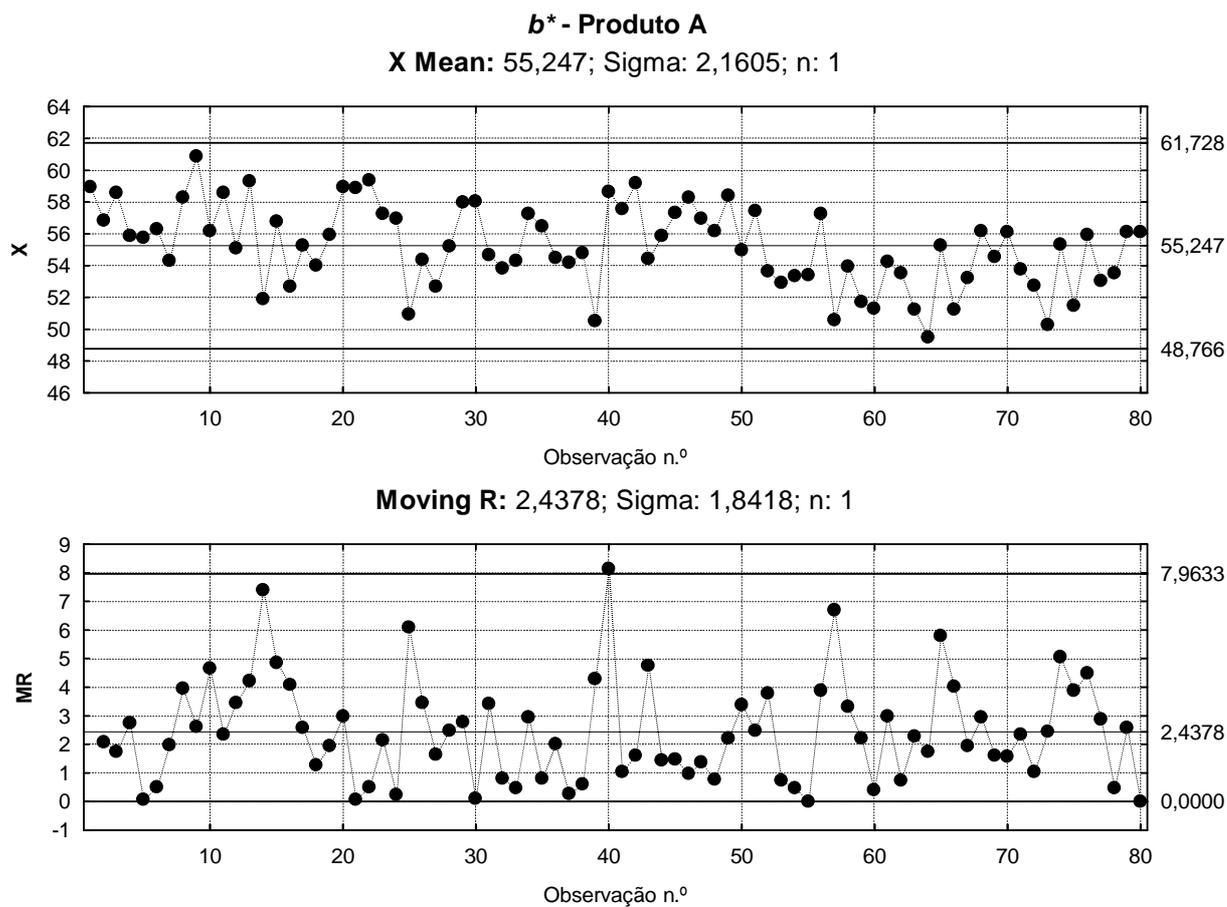


Figura III.11 – Carta de Controlo $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto A.

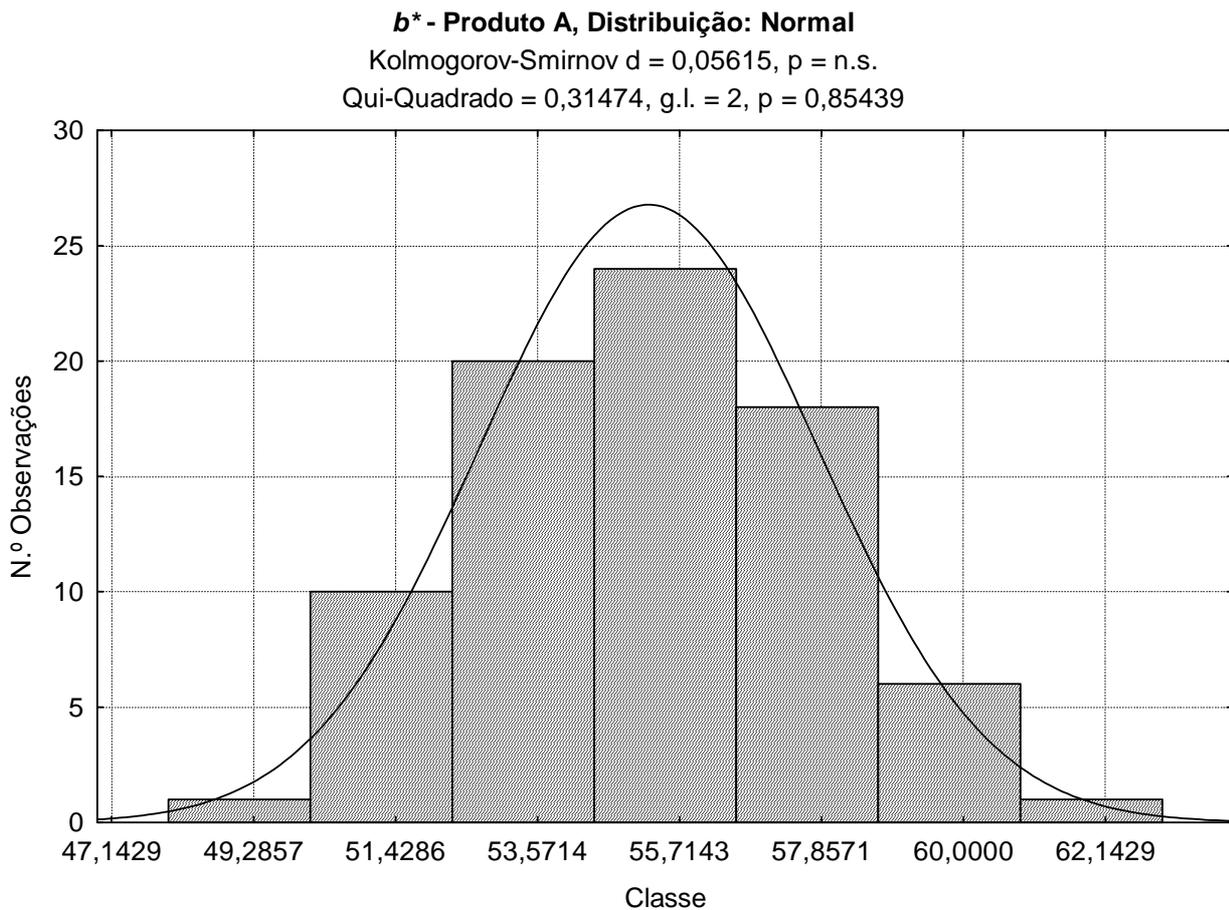


Figura III.12 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto A.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 15 e 18 por se situarem abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.12 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor b^* do produto A seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0.05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.4 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto A, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.4 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto A.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	45,00	65,00	55,247	2,161	1,543	1,505	1,581	1,505

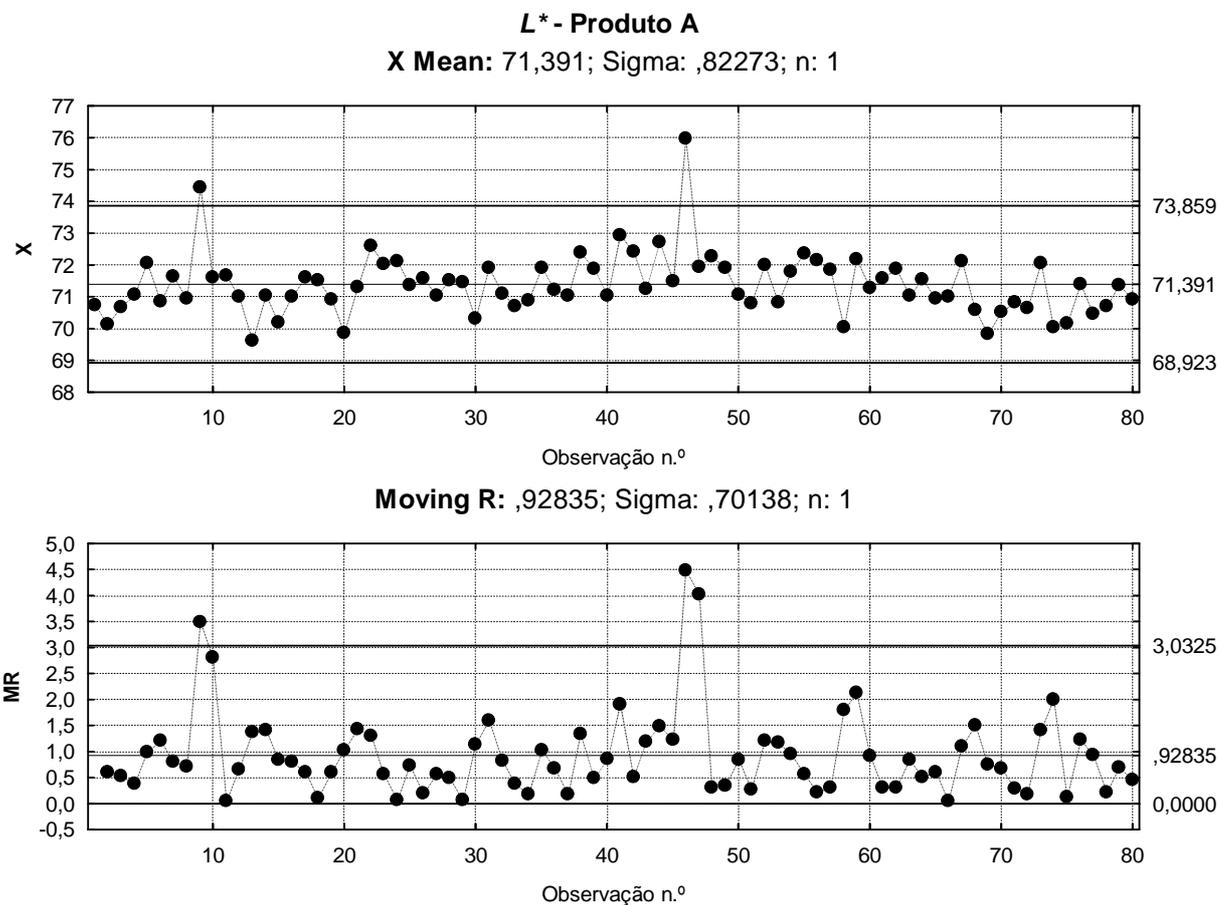


Figura III.13 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto A.

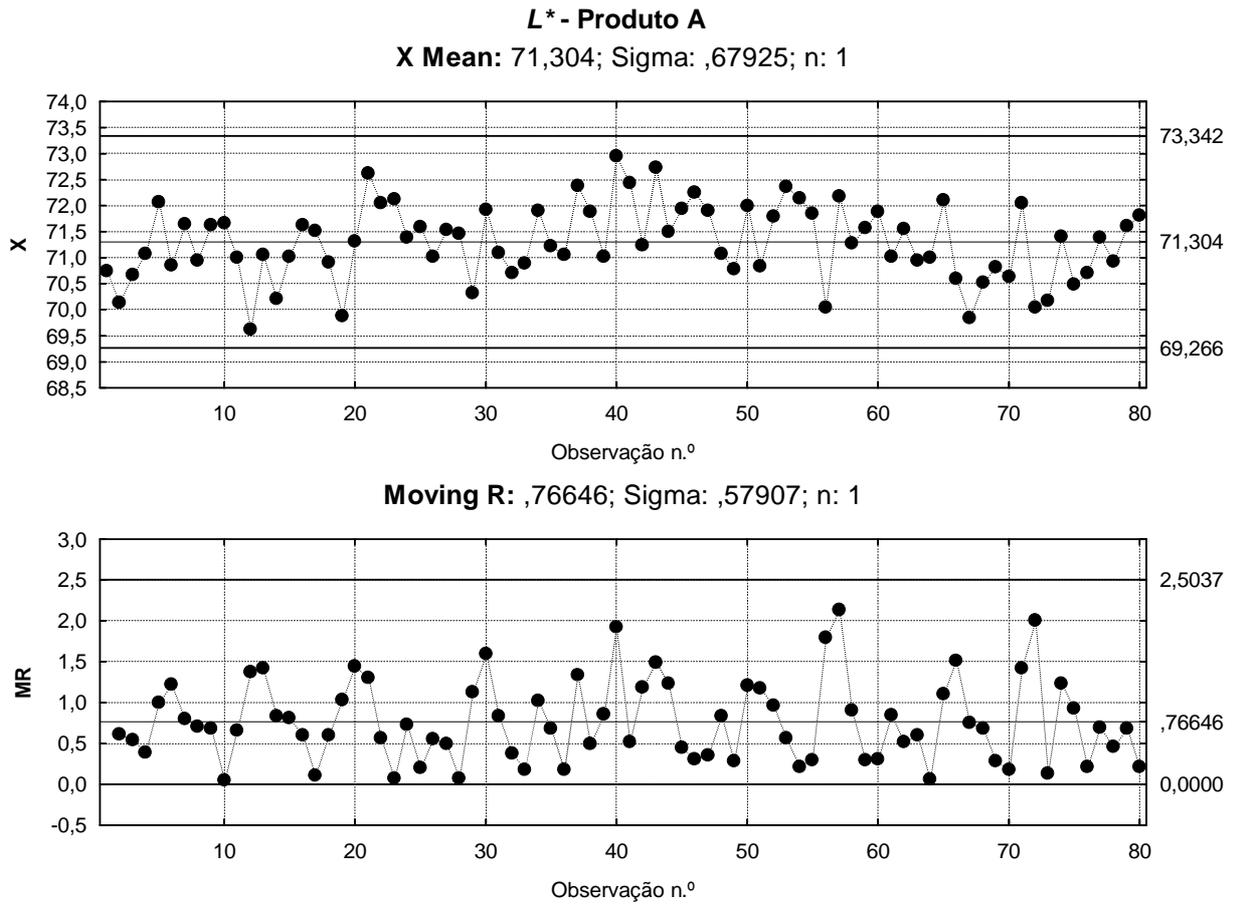


Figura III.14 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto A.

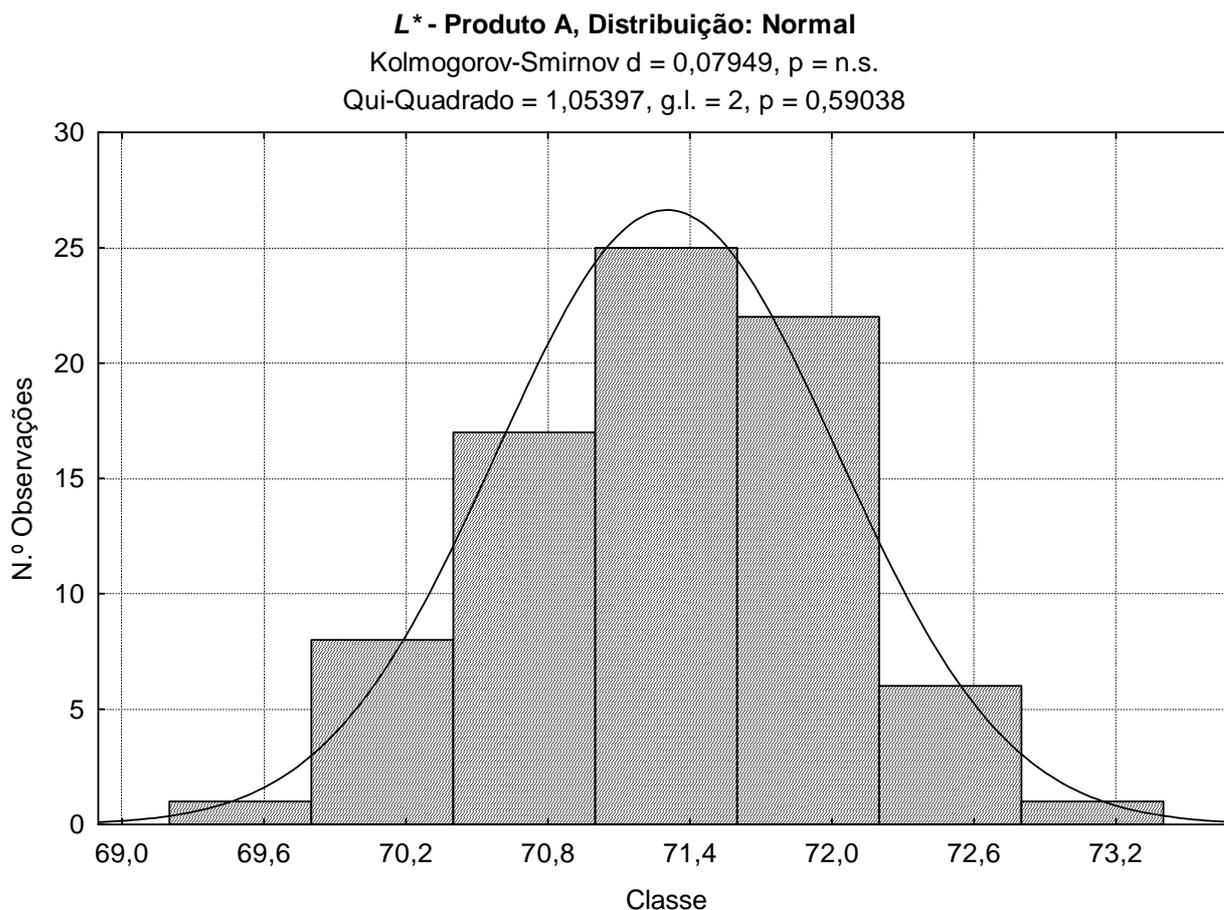


Figura III.15 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto A.

Cartas de controle – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 9 e 46 por se situarem acima do LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.15 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor L^* do produto A seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0.05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.5 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto A, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.5 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto A.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	67,00	75,00	71,304	0,679	1,963	1,814	2,112	1,814

III.2. Produto B

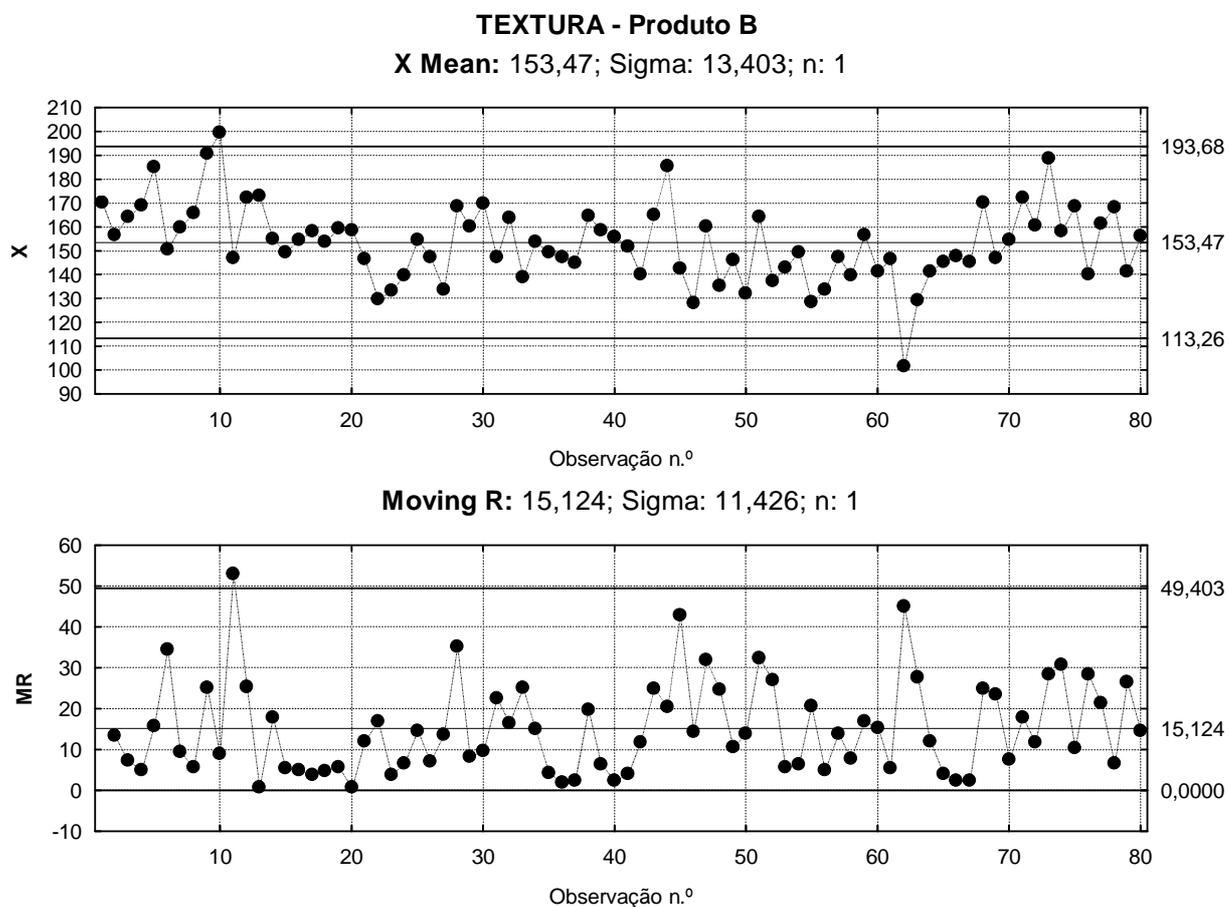


Figura III.16 – Carta de Controlo $X-MR$ para a Textura do produto B.

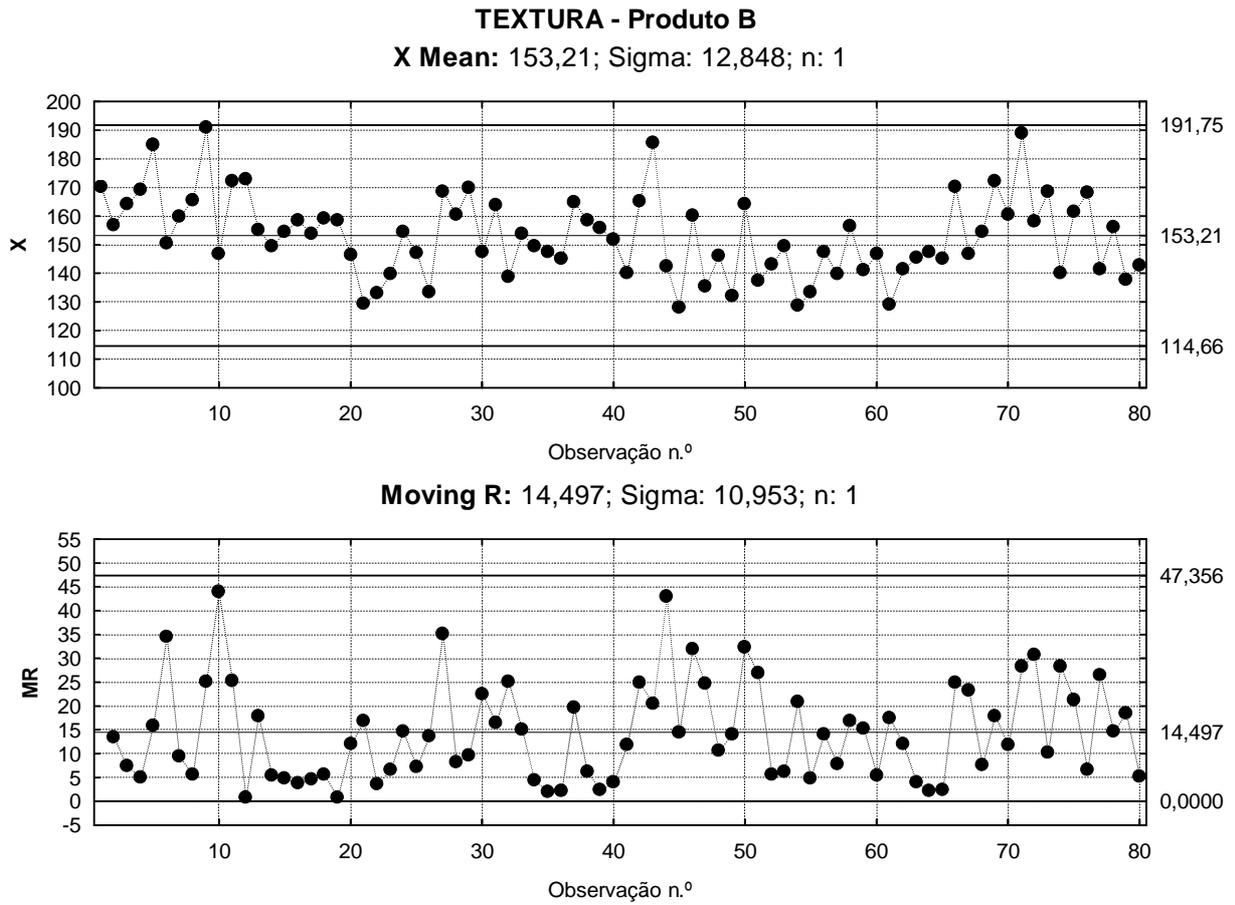


Figura III.17 – Carta de Controllo \bar{X} -MR (reformulada) para a Textura do produto B.

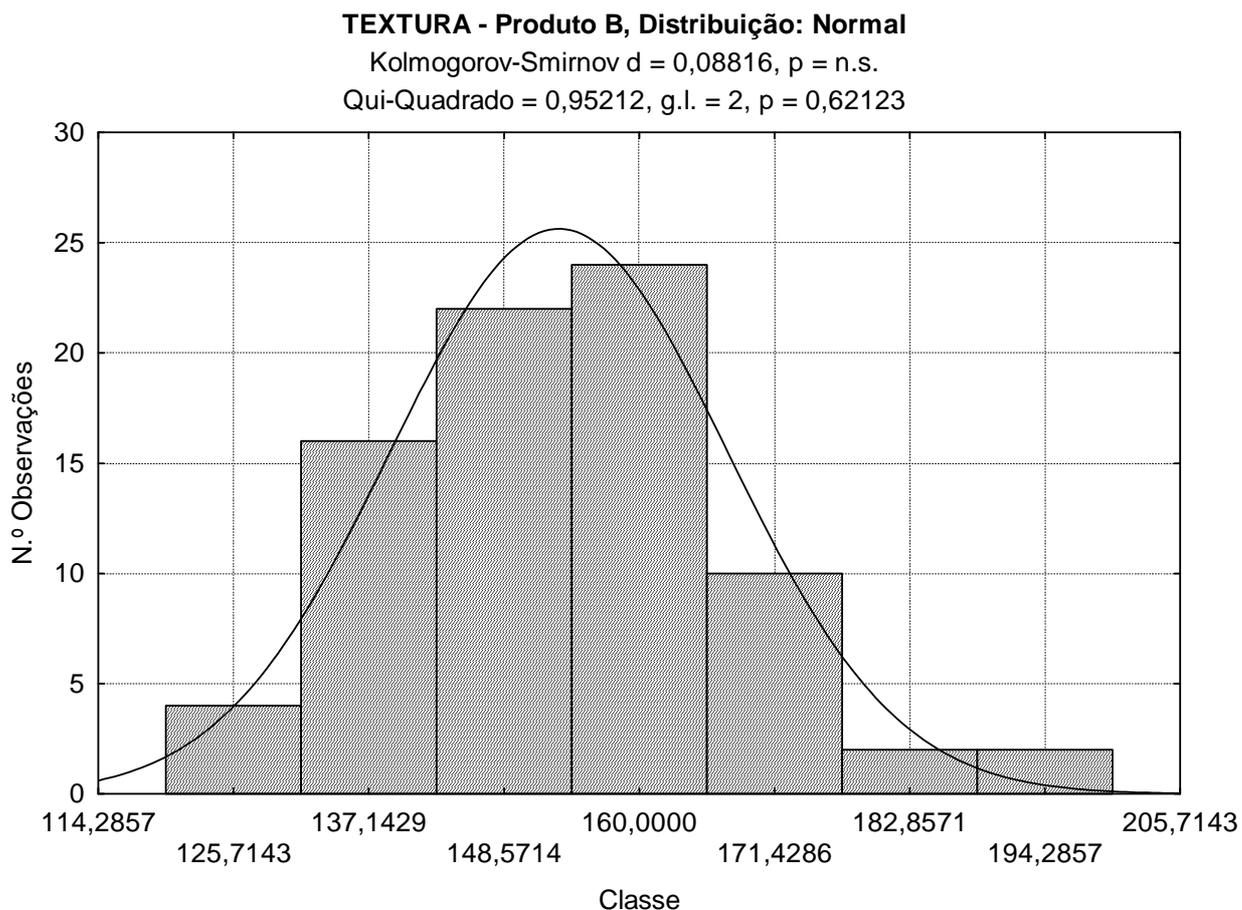


Figura III.18 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto B.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ o ponto n.º 10 por se situar acima do LSC na carta X e o ponto n.º 62 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.18 conclui-se que os dados referentes à textura do produto B seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0.05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.6 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente à textura do produto B, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.6 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto B.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	90	210	153,210	12,848	1,557	1,473	1,640	1,473

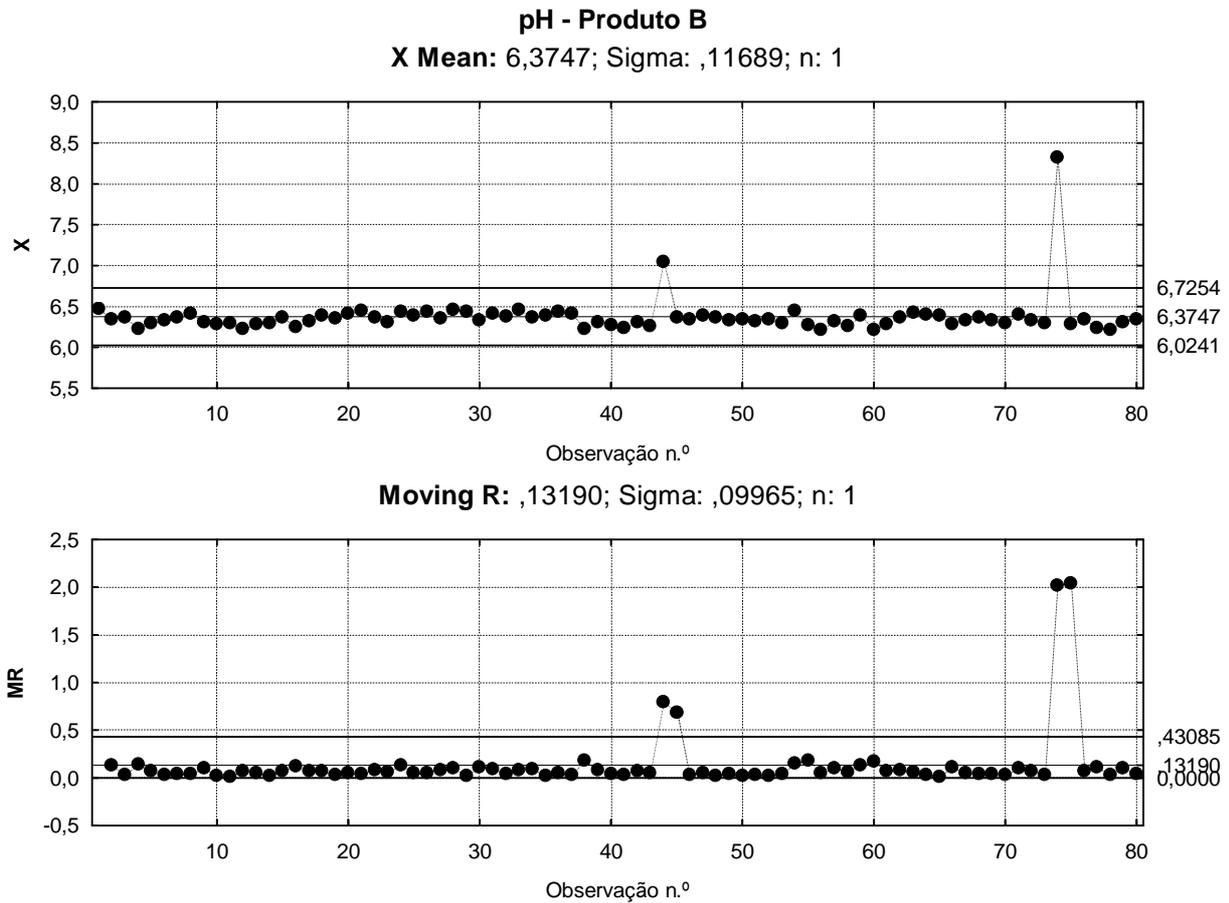


Figura III.19 – Carta de Controle $X-MR$ para o pH do produto B.

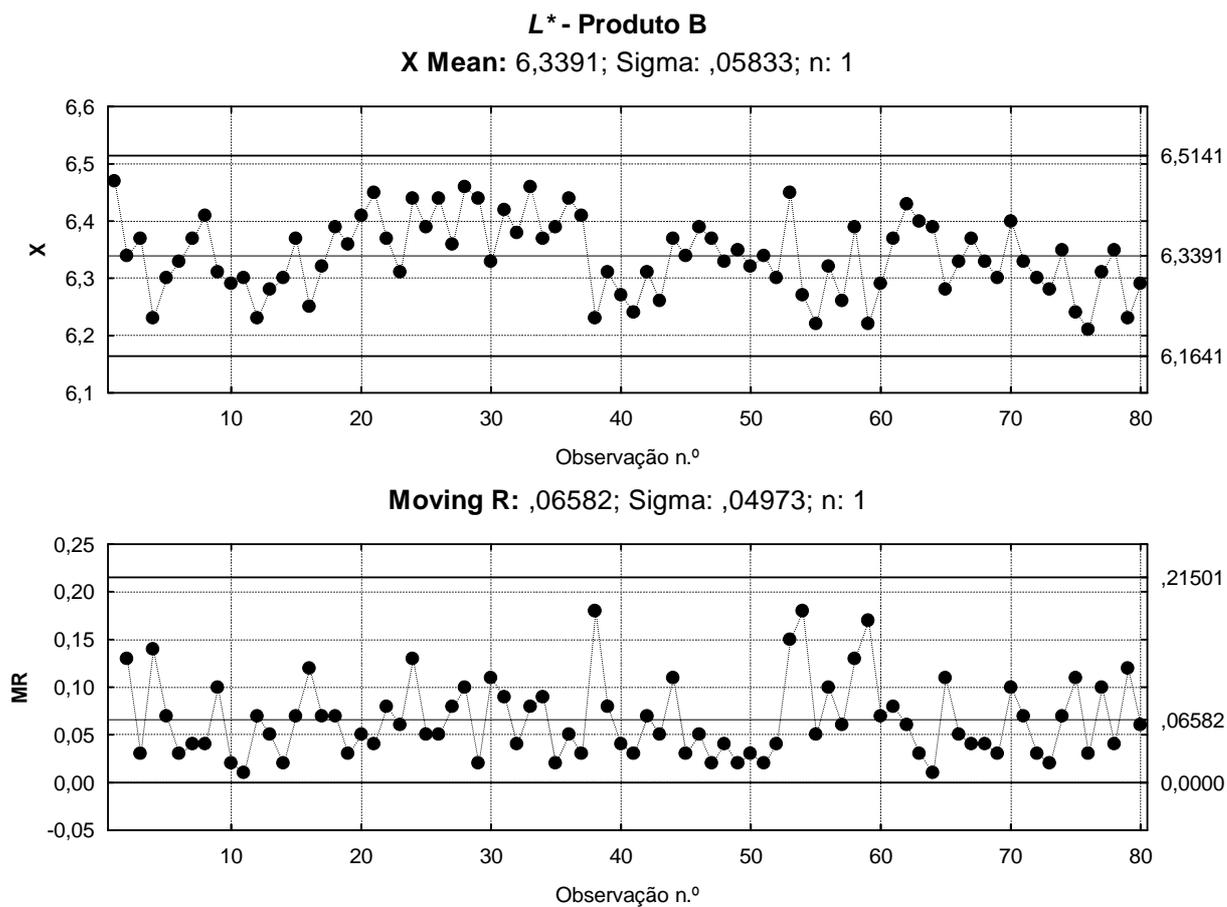


Figura III.20 – Carta de Controle \bar{X} -MR (reformulada) para o pH do produto B.

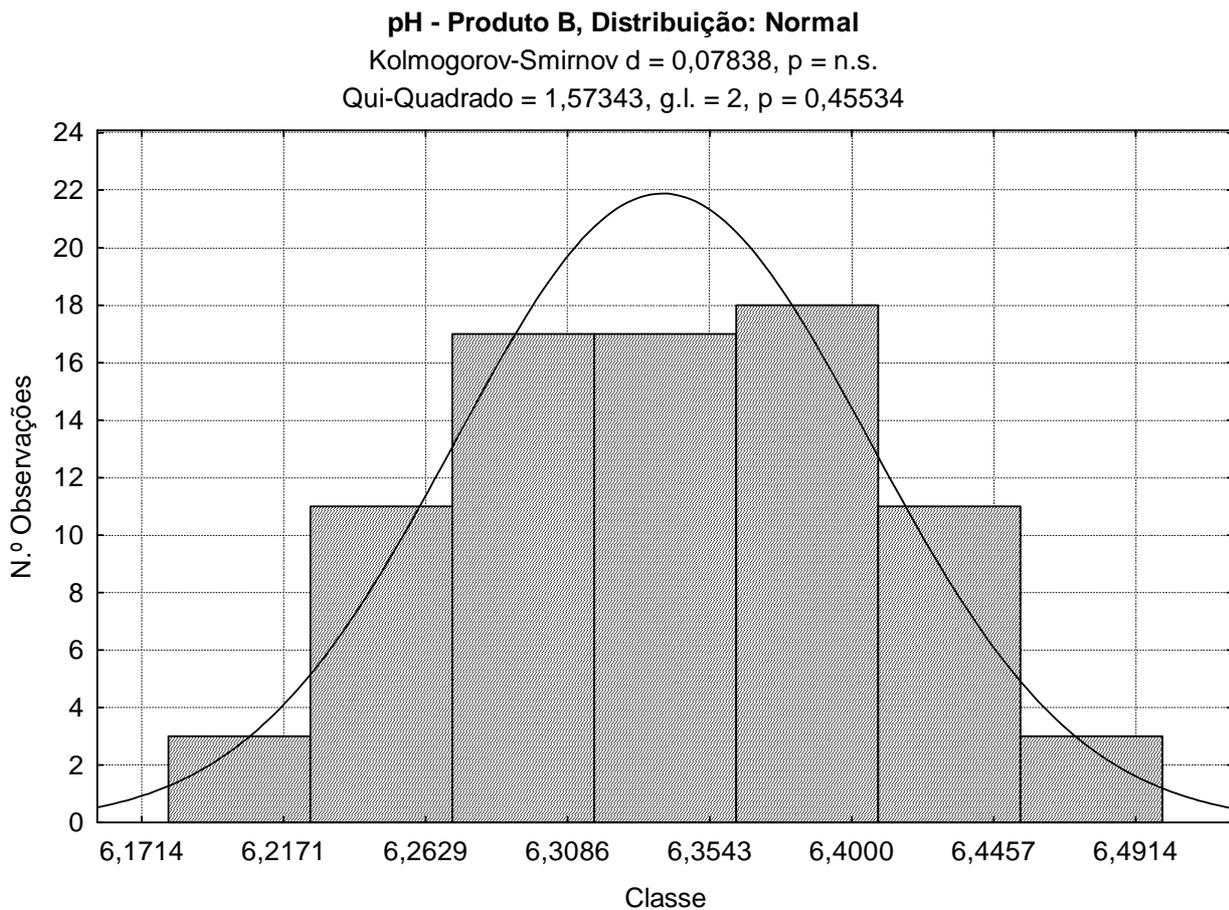


Figura III.21 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto B.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 44 e 74 por se situarem acima da LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.21 conclui-se que os dados referentes ao pH do produto B seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.7 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao pH do produto B, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.7 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto B.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	6,10	6,60	6,339	0,058	1,429	1,366	1,366	1,491

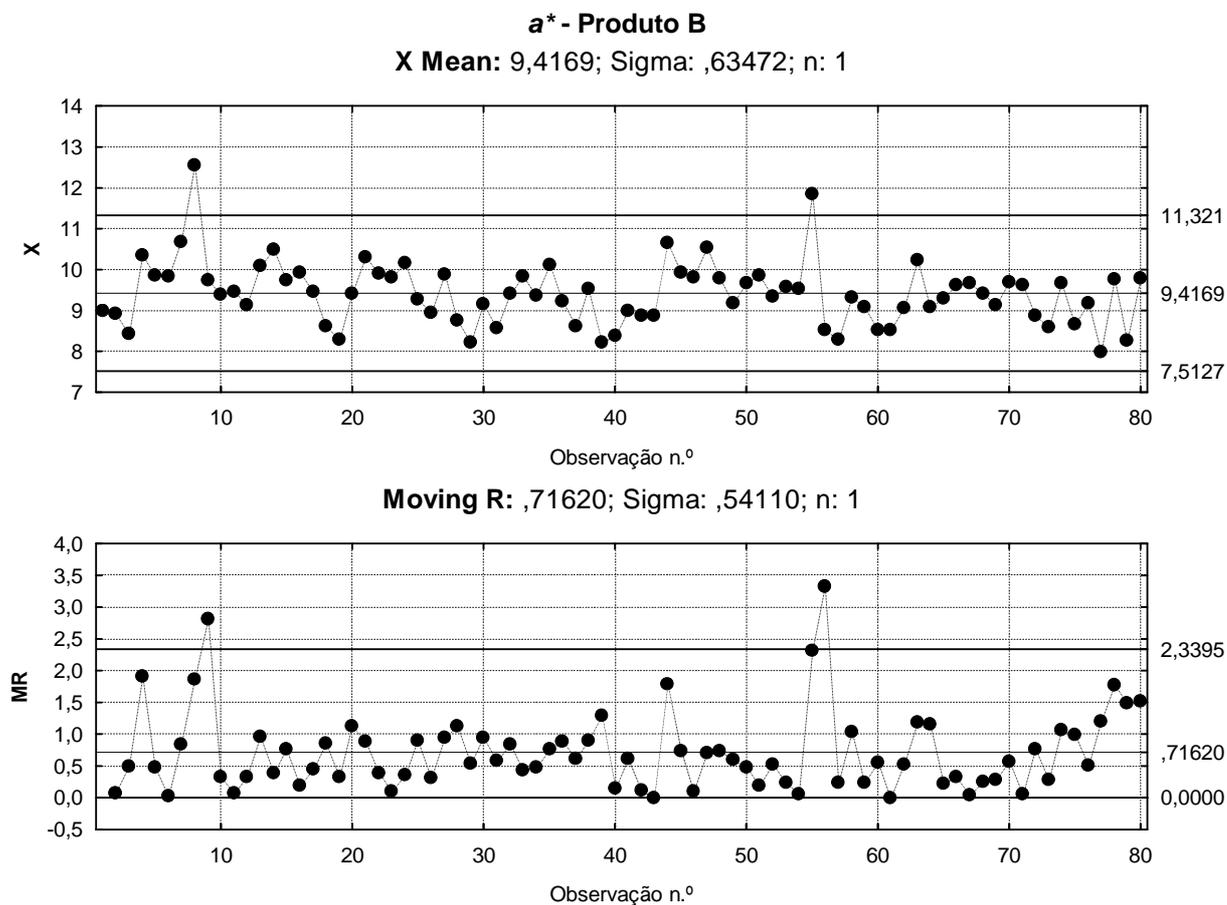


Figura III.22 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto B.

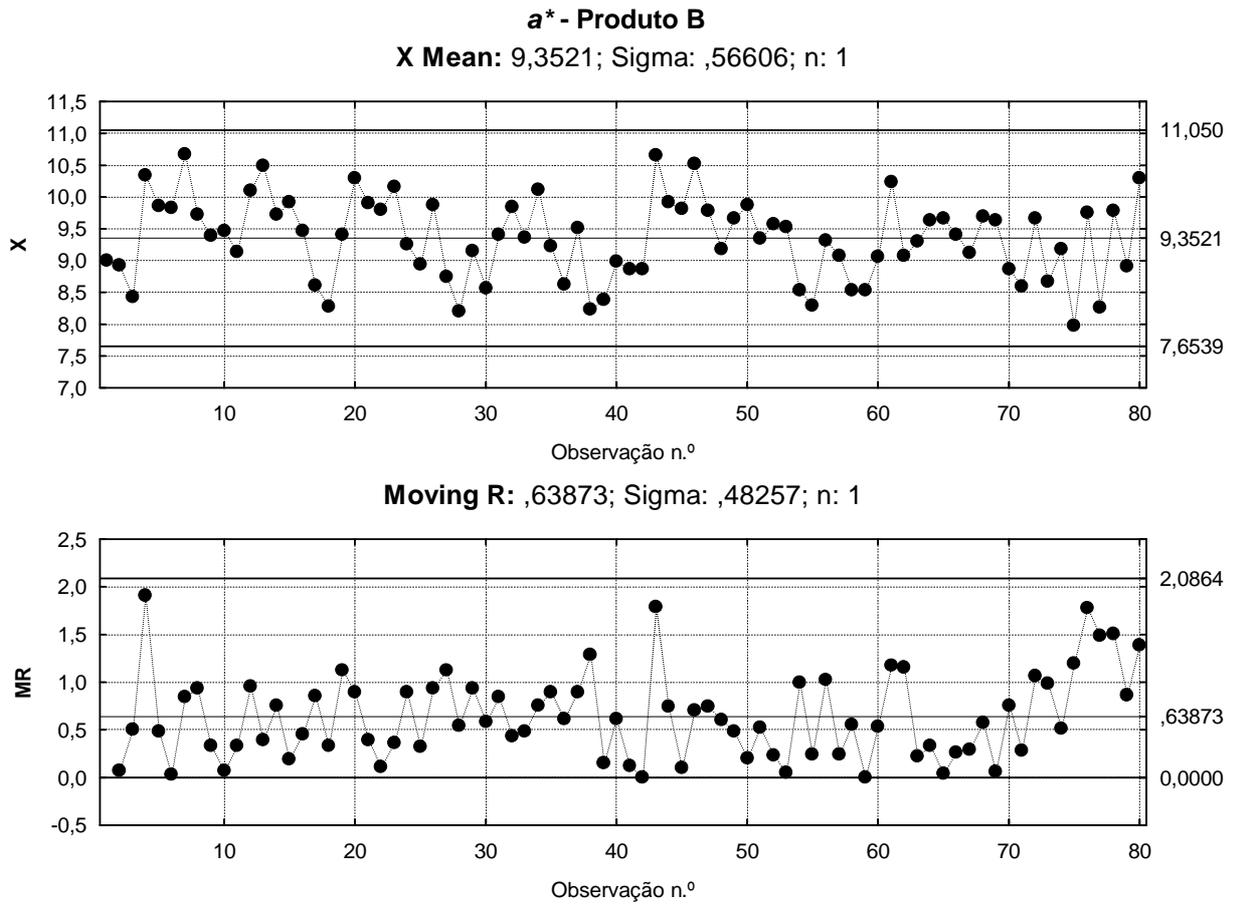


Figura III.23 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor a^* do produto B.

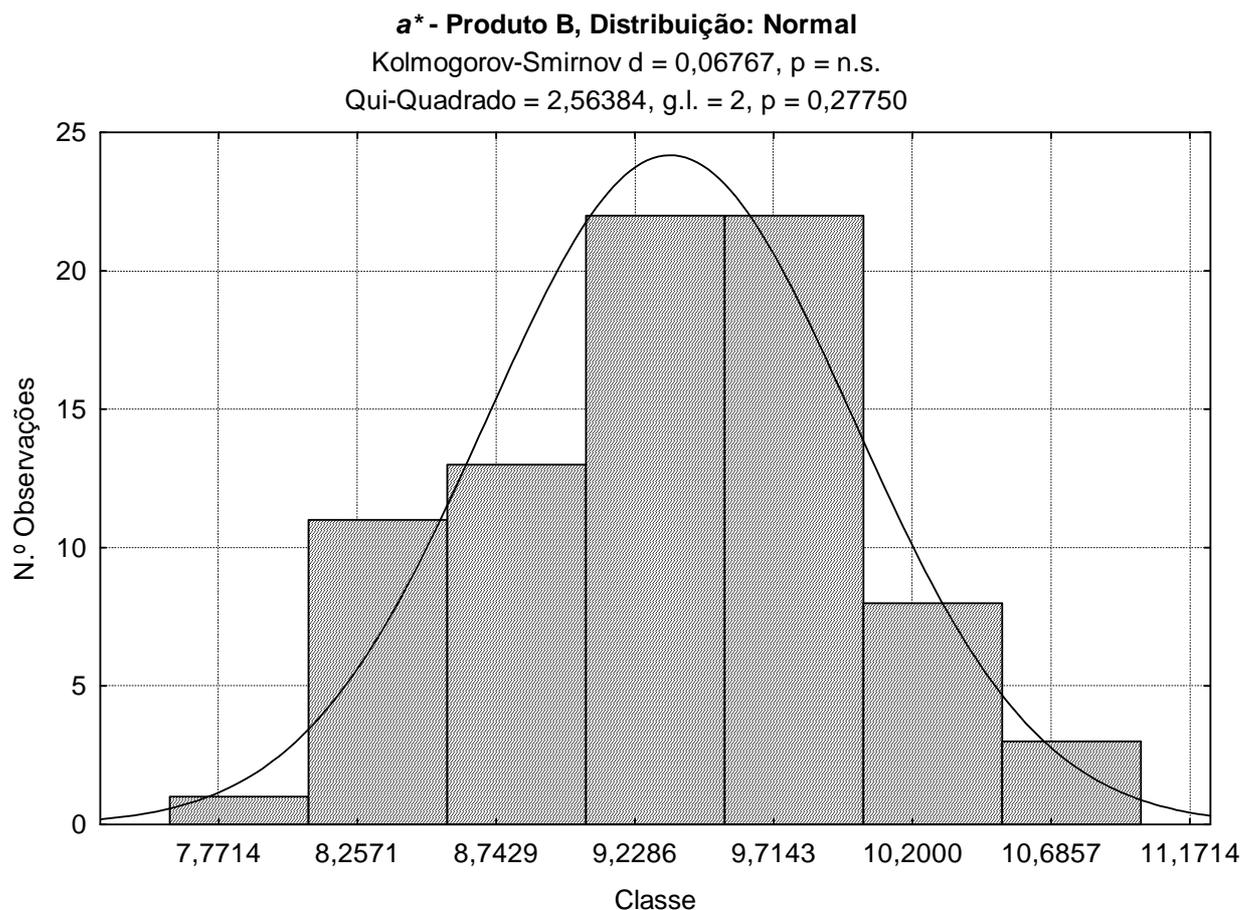


Figura III.24 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto B.

Cartas de controle – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 8 e 55 por se situarem acima do LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.24 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor a^* do produto B seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.8 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto B, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.8 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto B.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	7,00	11,80	9,352	0,566	1,413	1,385	1,385	1,441

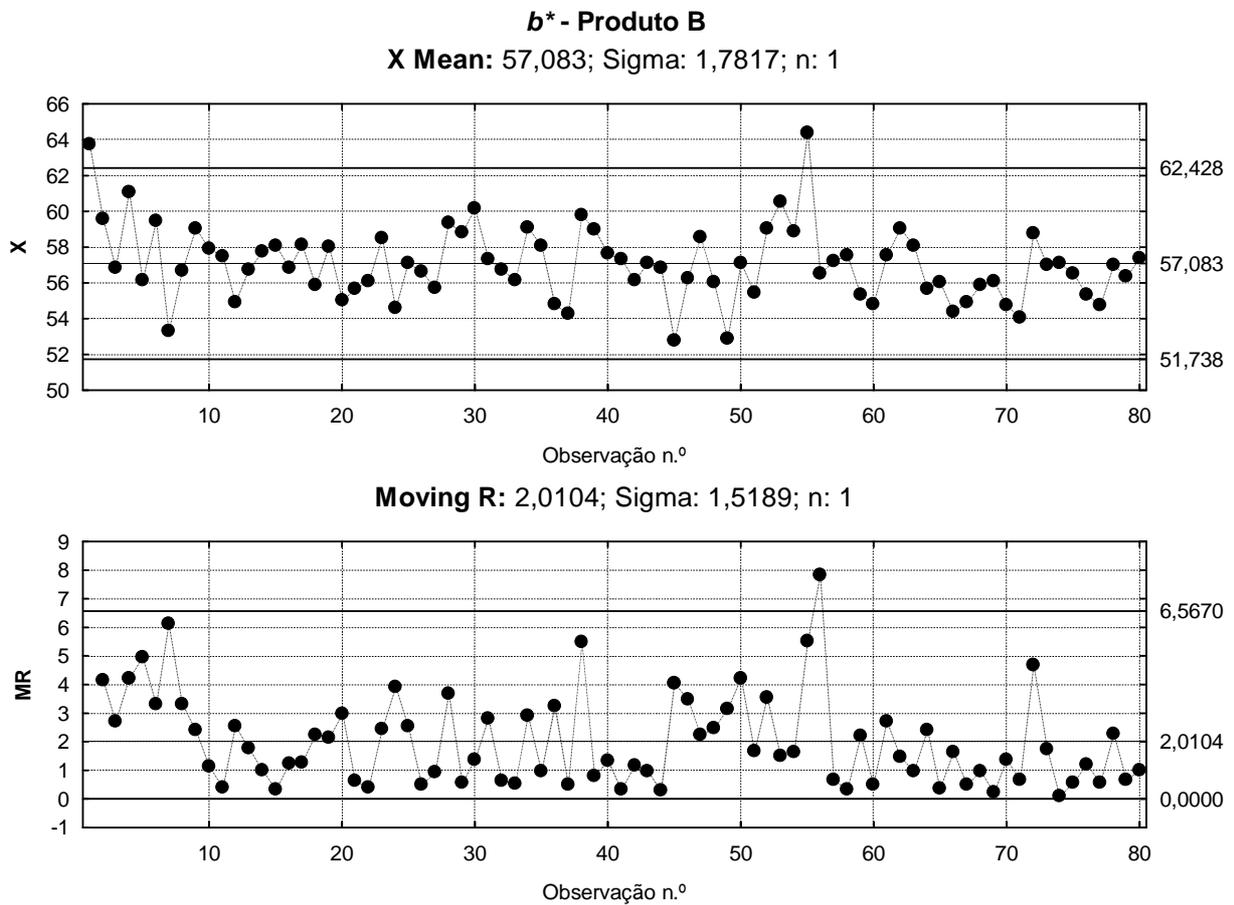


Figura III.25 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto B.

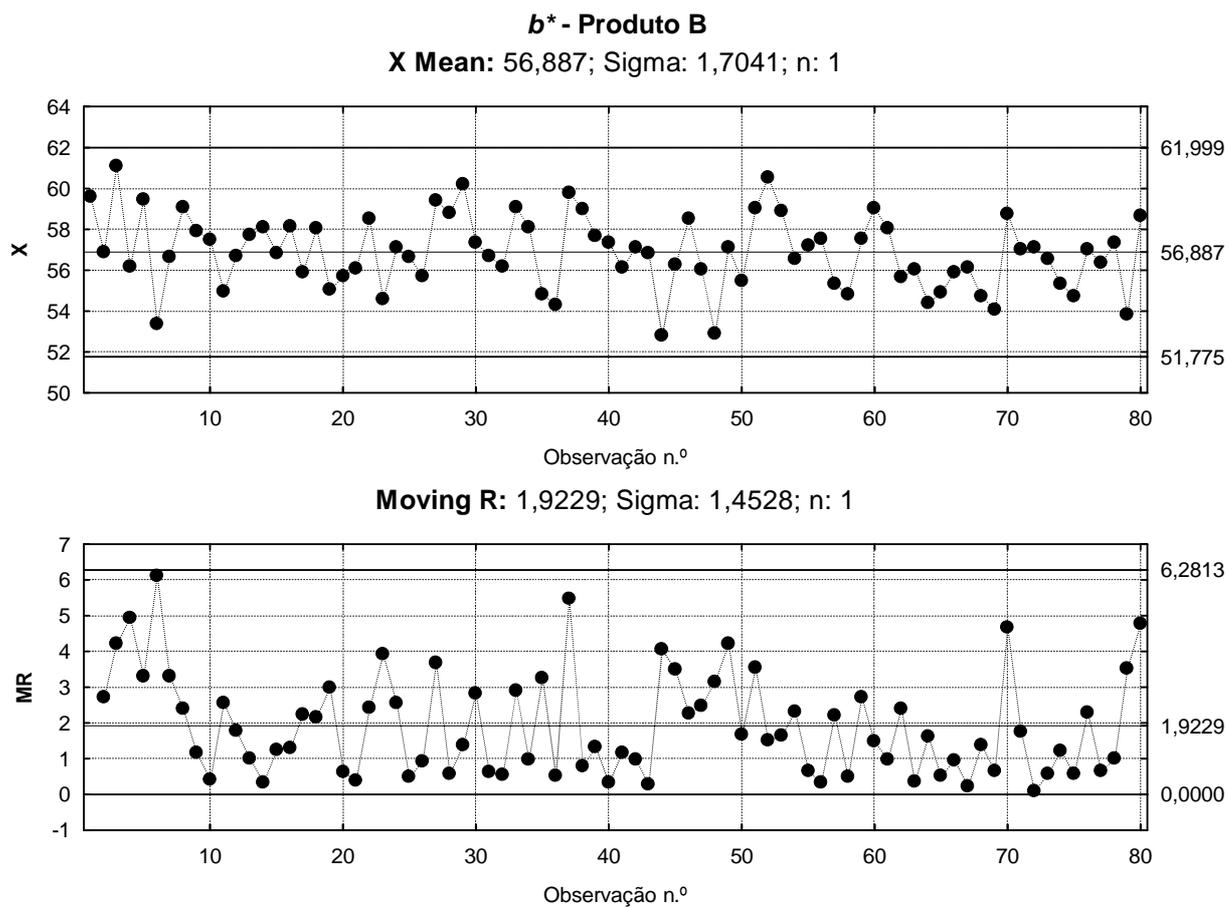


Figura III.26 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto B.

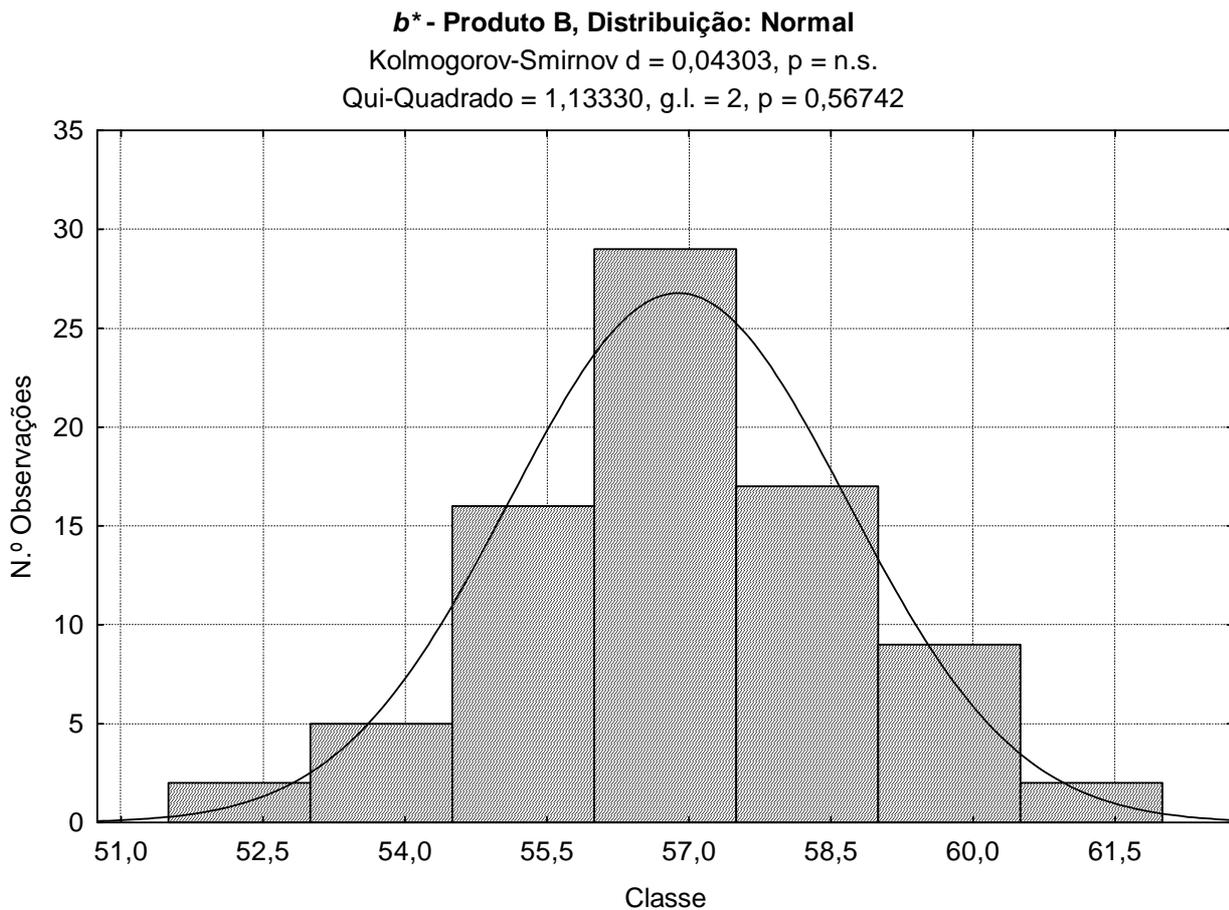


Figura III.27 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto B.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 1 e 55 por se situarem acima da LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.27 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor b^* do produto B seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.9 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto B, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.9 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto B.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	50,00	64,00	56,887	1,704	1,369	1,347	1,347	1,391

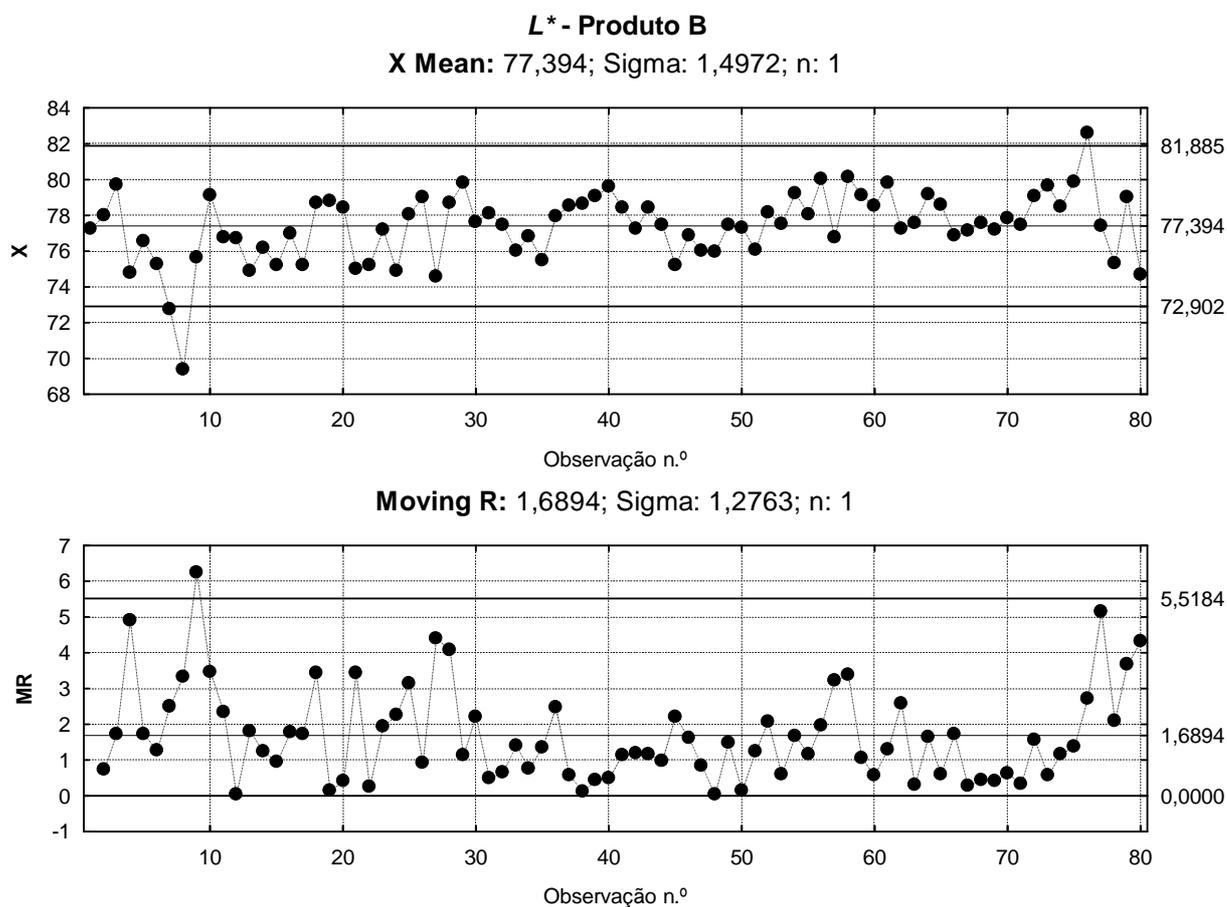


Figura III.28 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto B.

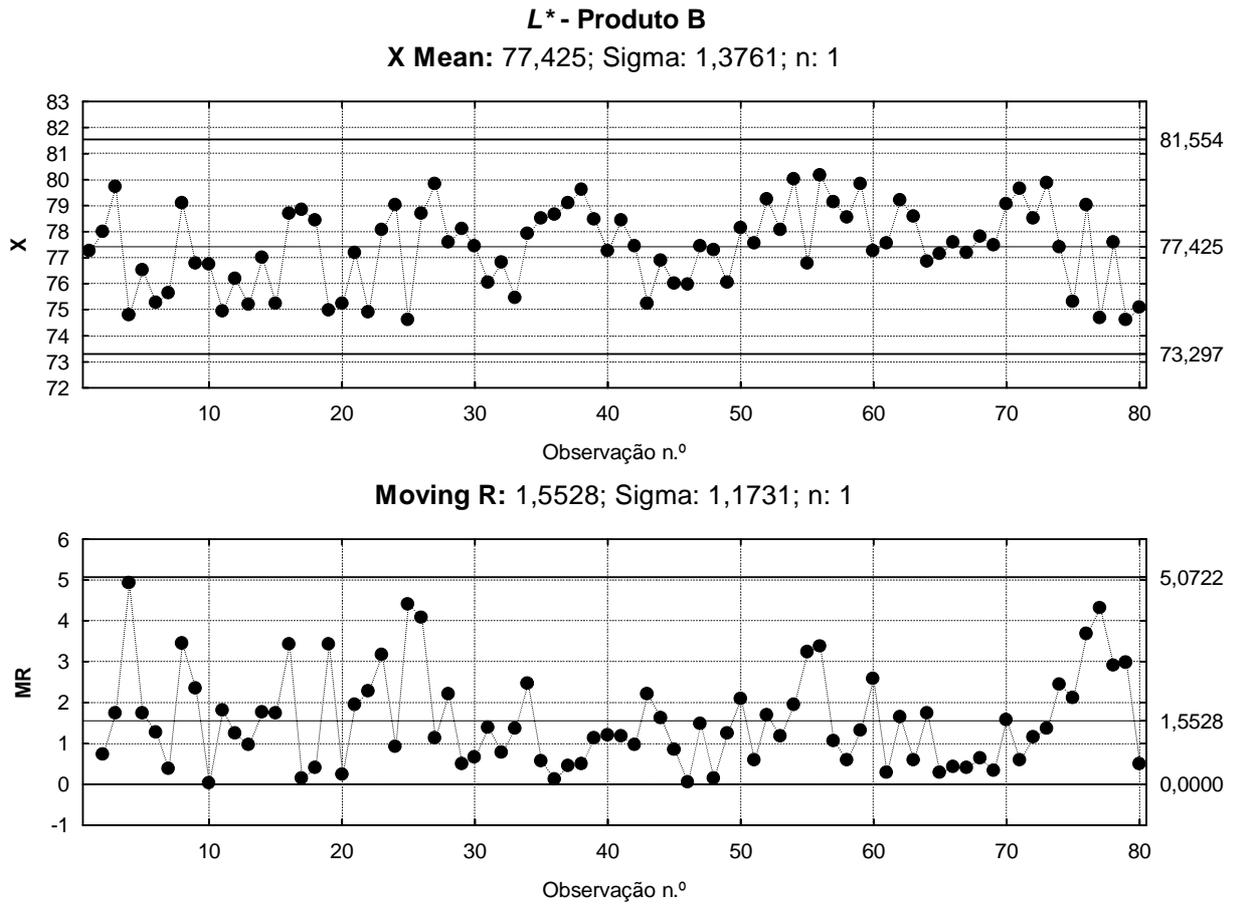


Figura III.29 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto B.

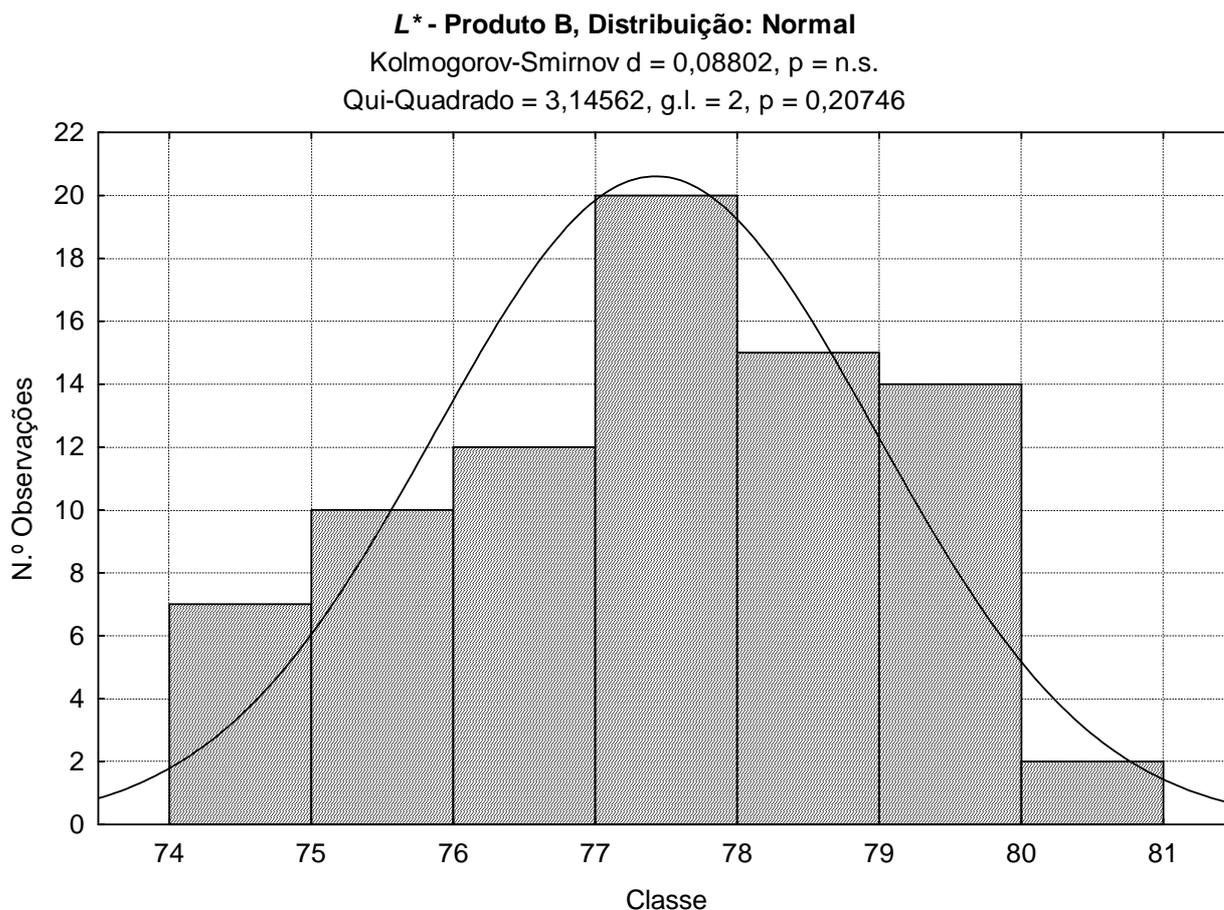


Figura III.30 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto B.

Cartas de controle – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 7 e 8 por se situarem abaixo do LIC na carta X e o ponto n.º 76 por se situar acima do LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.30 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor L^* do produto B seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.10 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto B, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.10 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto B.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	71,000	83,000	77,425	1,376	1,453	1,350	1,556	1,350

III.3. Produto C

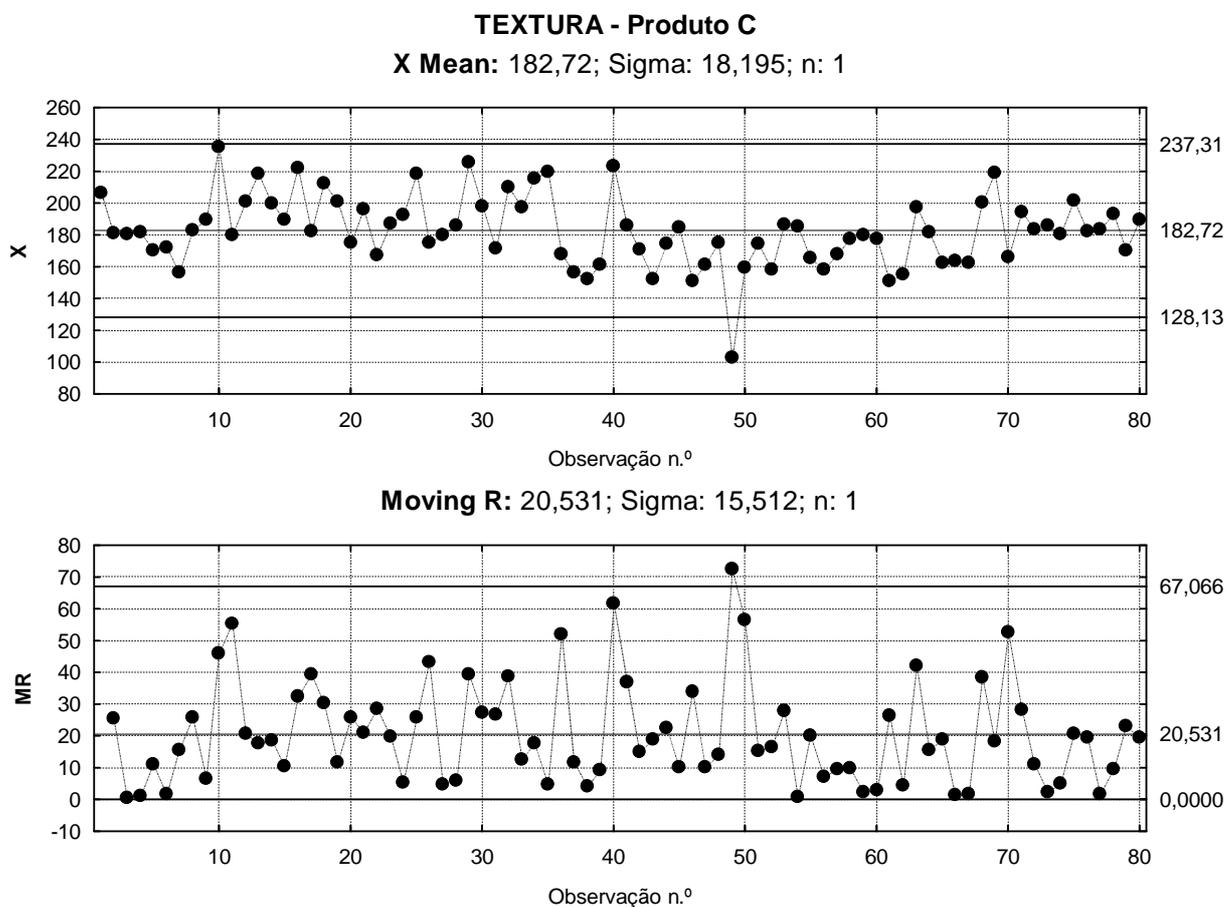


Figura III.31 – Carta de Controlo $X-MR$ para a Textura do produto C.

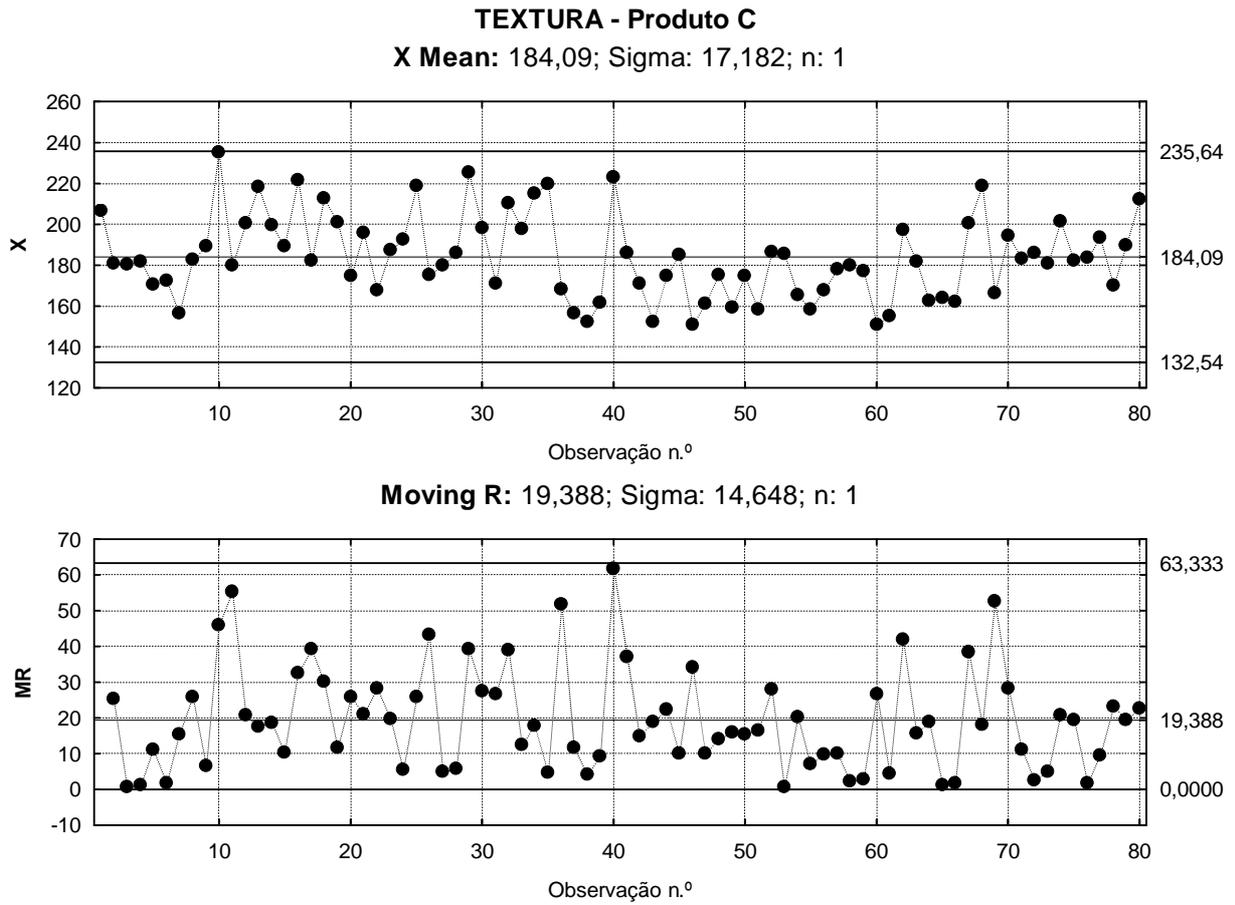


Figura III.32 – Carta de Controllo \bar{X} -MR (reformulada) para a Textura do produto C.

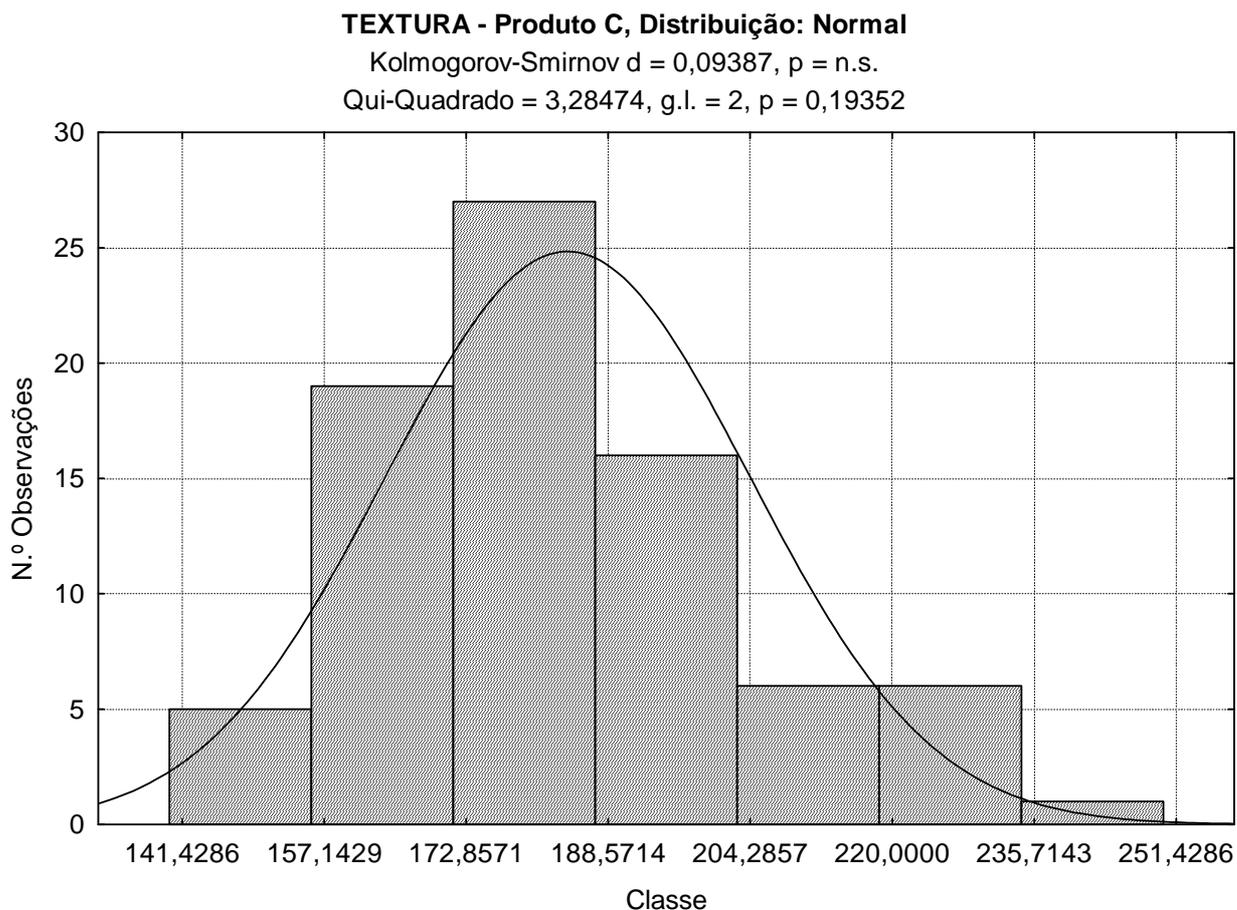


Figura III.33 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto C.

Cartas de controlo – Foi retirado das cartas $X-MR$ o ponto n.º 49 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.33 conclui-se que os dados referentes à textura do produto C seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.11 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente à textura do produto C, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.11 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto C.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	110,000	260,000	184,090	17,182	1,455	1,437	1,437	1,473

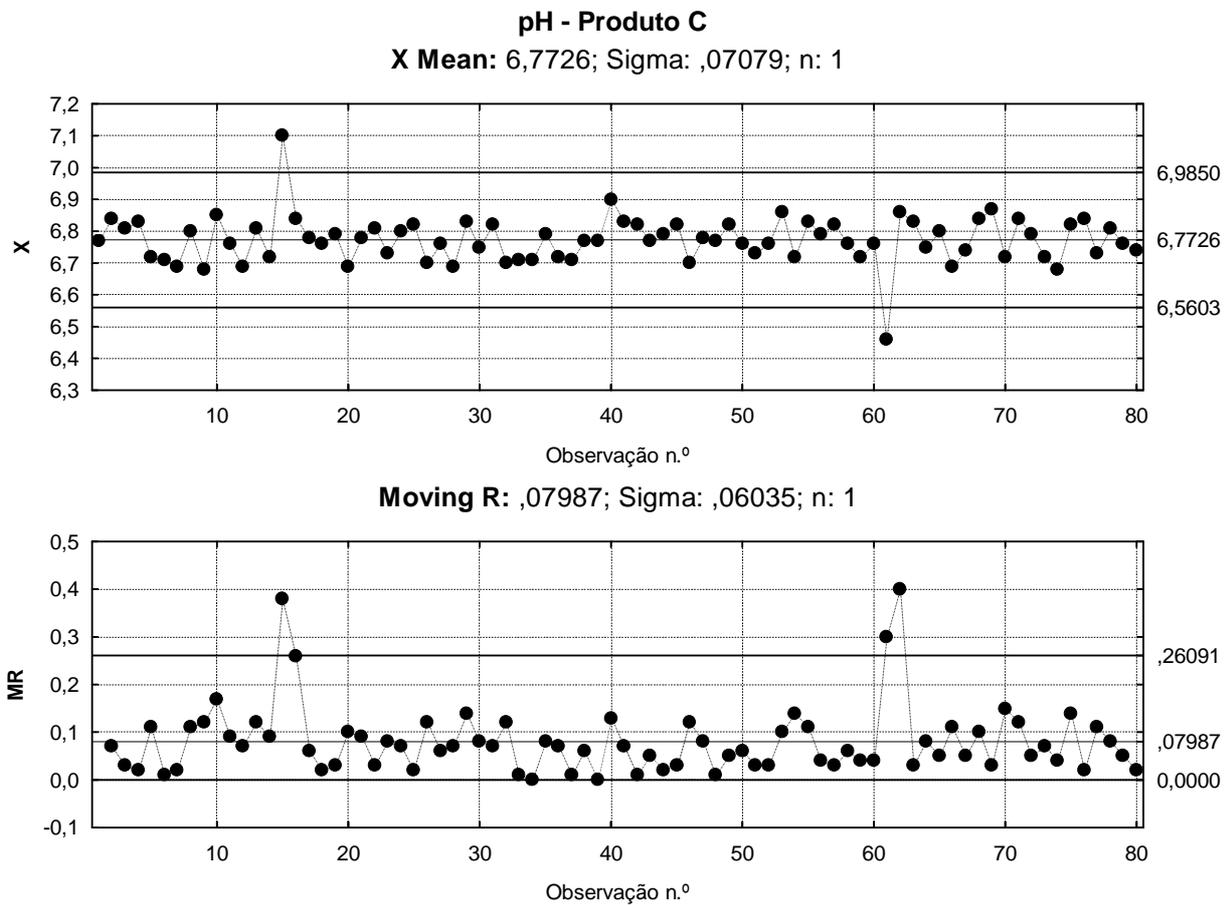


Figura III.34 – Carta de Controle $X-MR$ para o pH do produto C.

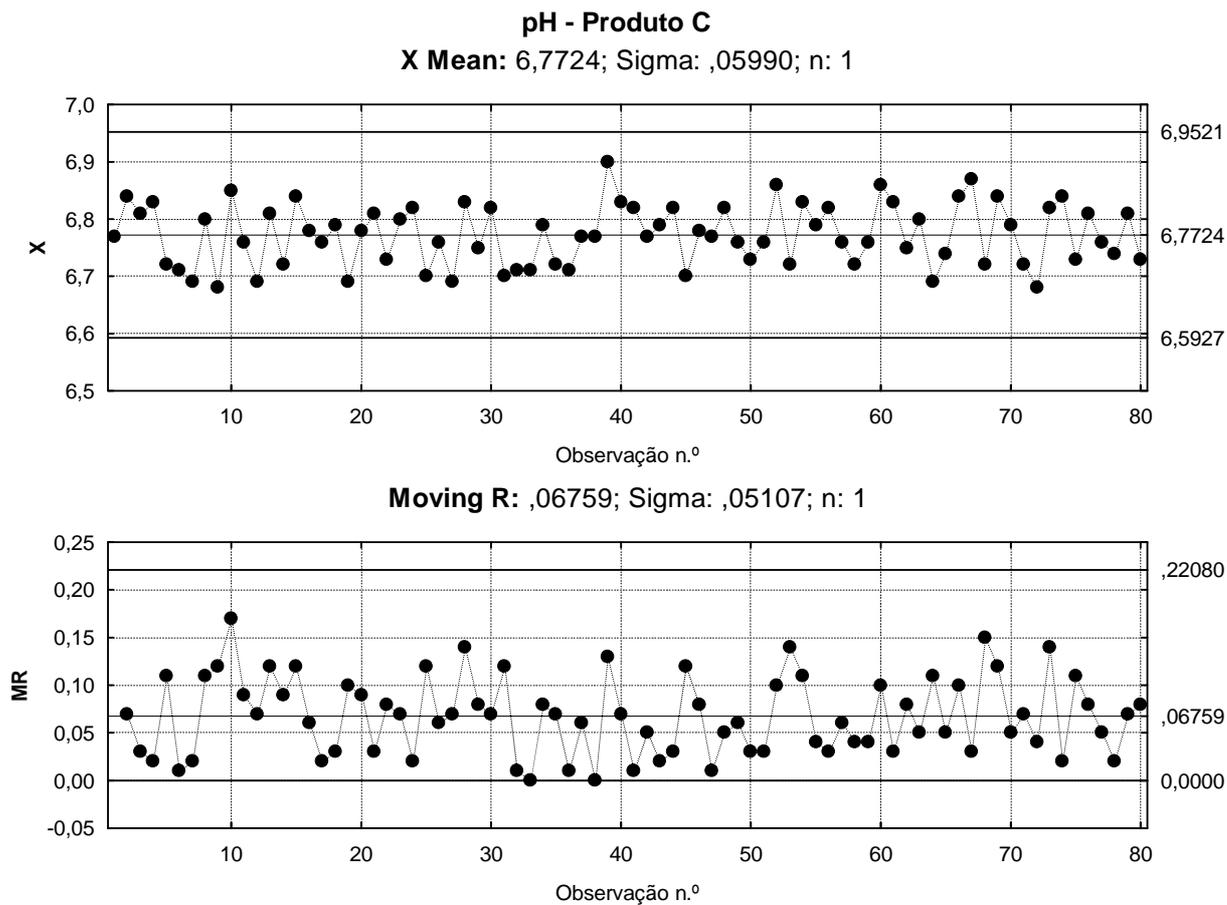


Figura III.35 – Carta de Controle \bar{X} -MR (reformulada) para o pH do produto C.

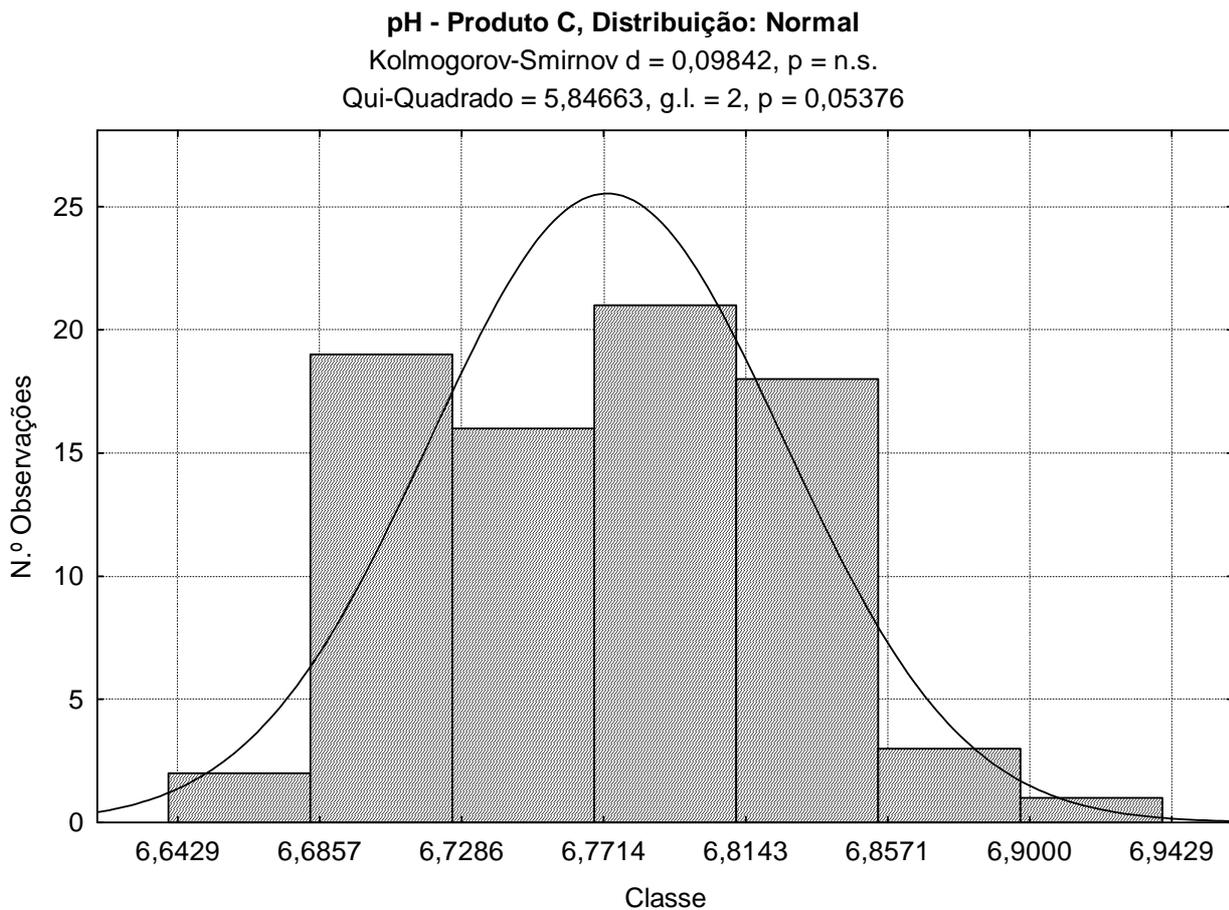


Figura III.36 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto C.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ o ponto n.º 15 por se situar acima do LSC na carta X e o ponto n.º 61 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.36 conclui-se que os dados referentes ao pH do produto C seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.12 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao pH do produto C, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.12 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto C.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	6,500	7,100	6,772	0,060	1,669	1,516	1,516	1,823

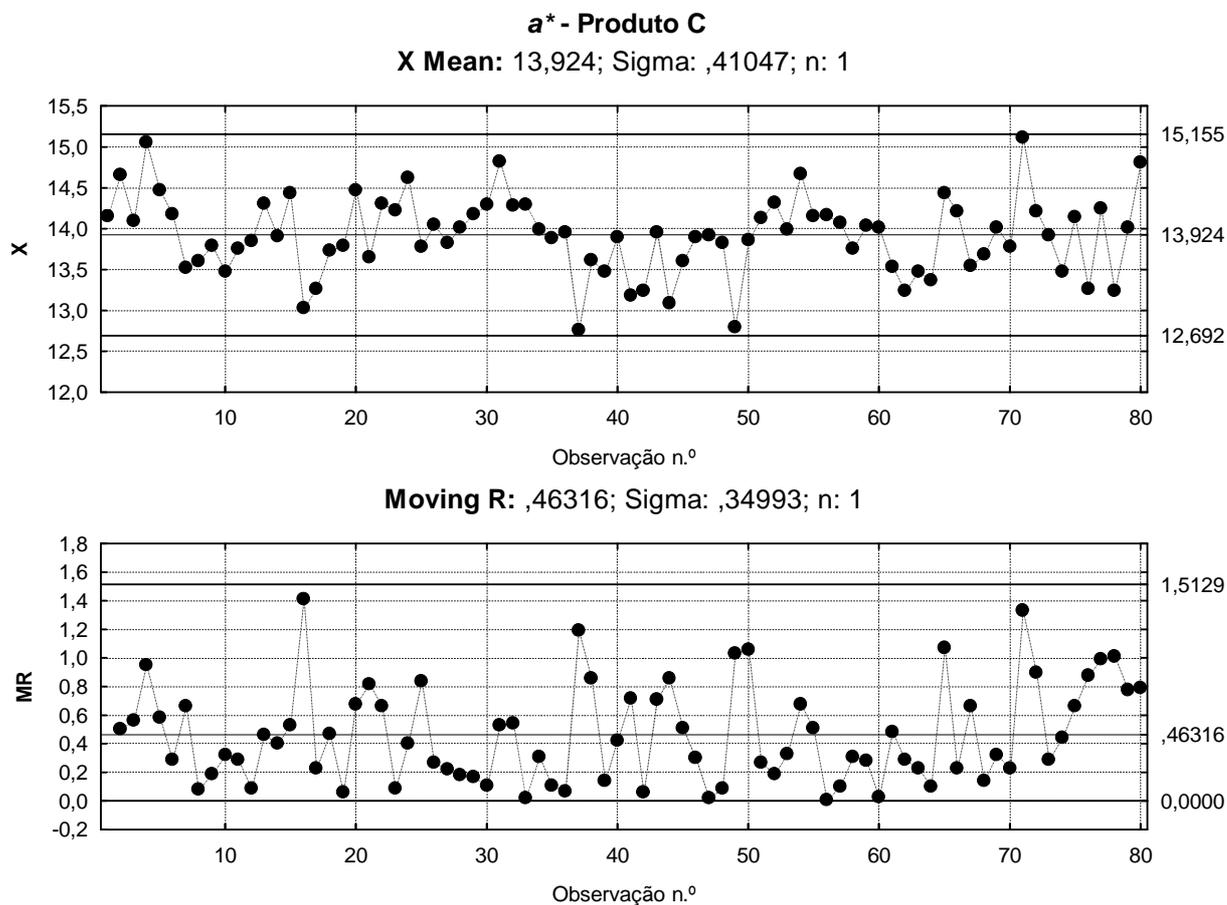


Figura III.37 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor a^* do produto C.

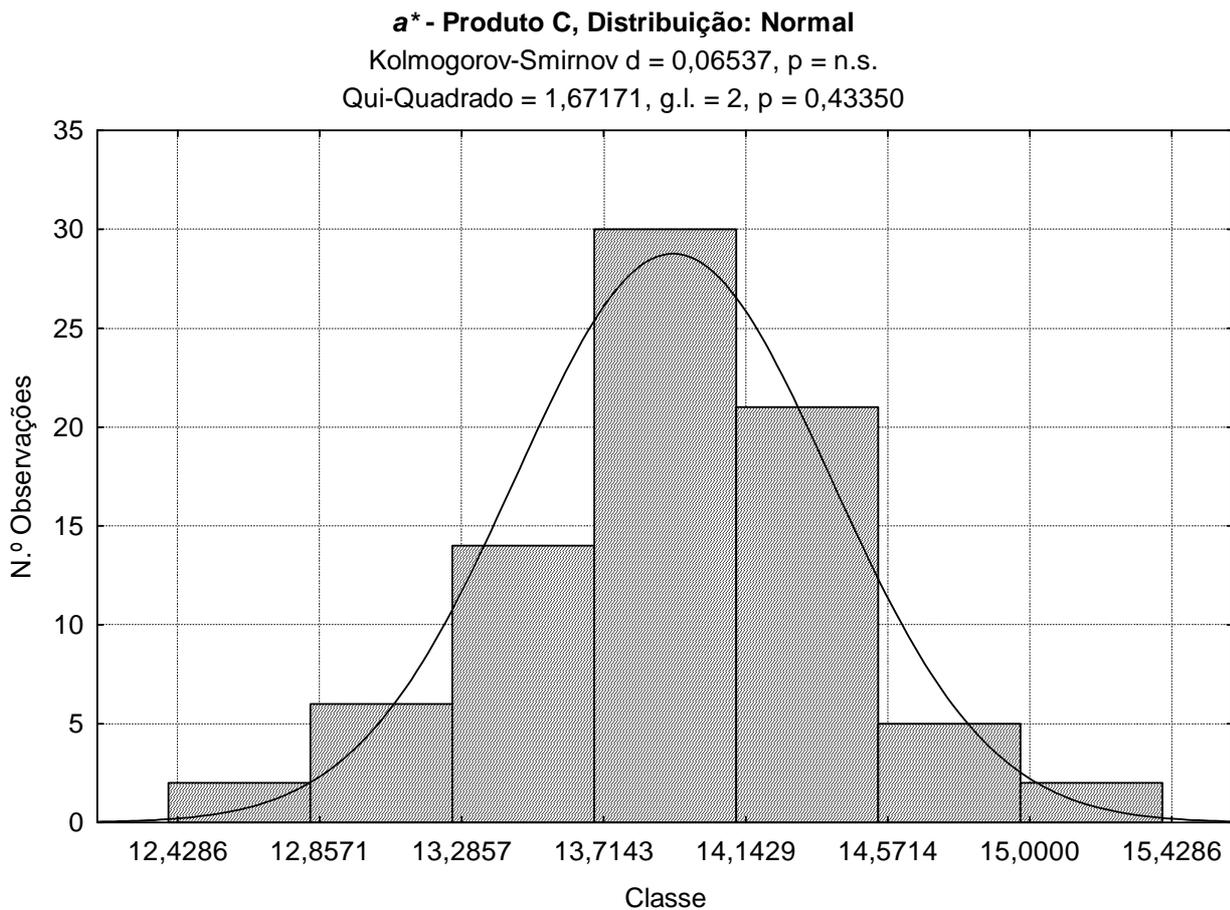


Figura III.38 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto C.

Cartas de controlo – Não se verificaram pontos fora dos LC nas cartas $X-MR$.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.39 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor a^* do produto C seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.13 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto C, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.13 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto C.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	12,000	16,000	13,294	0,410	1,624	1,562	1,562	1,686

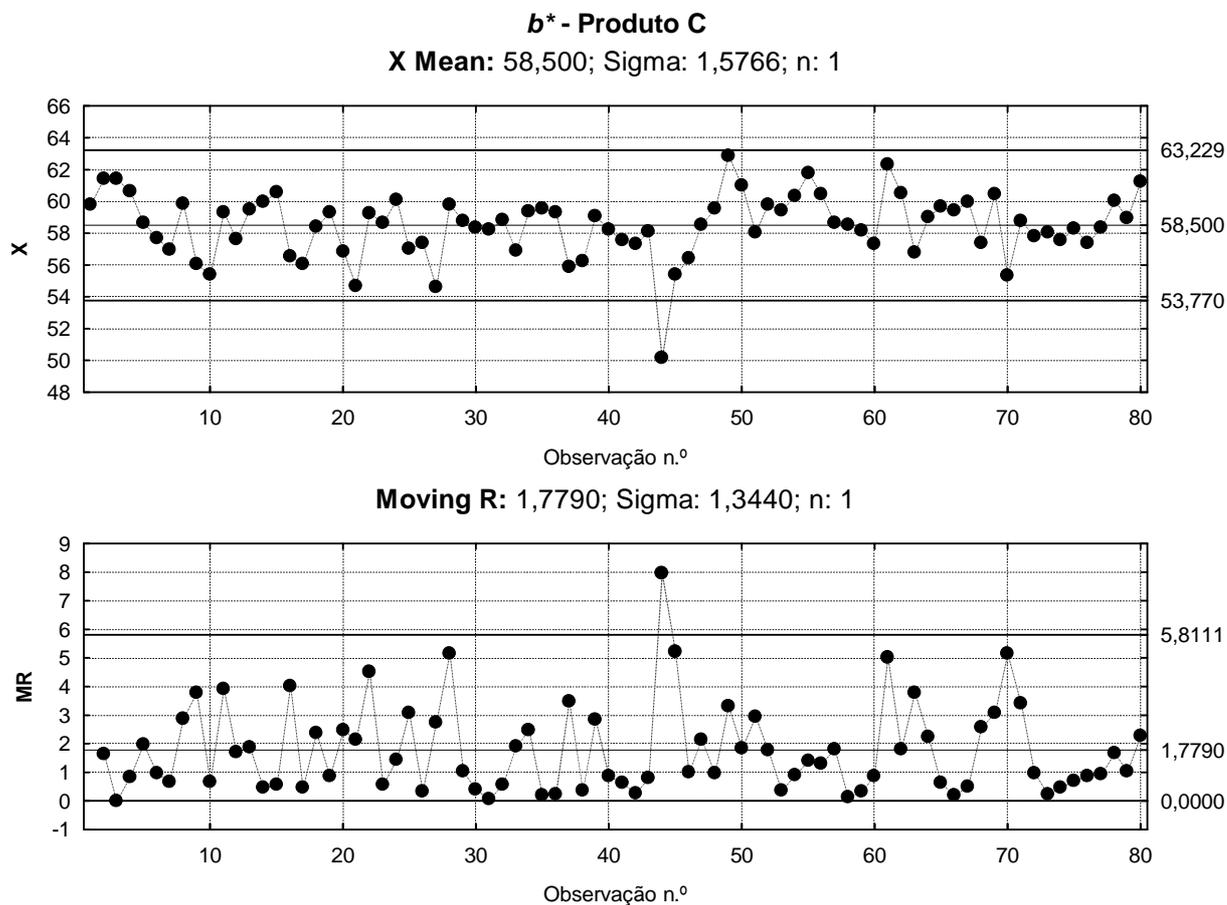


Figura III.39 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto C.

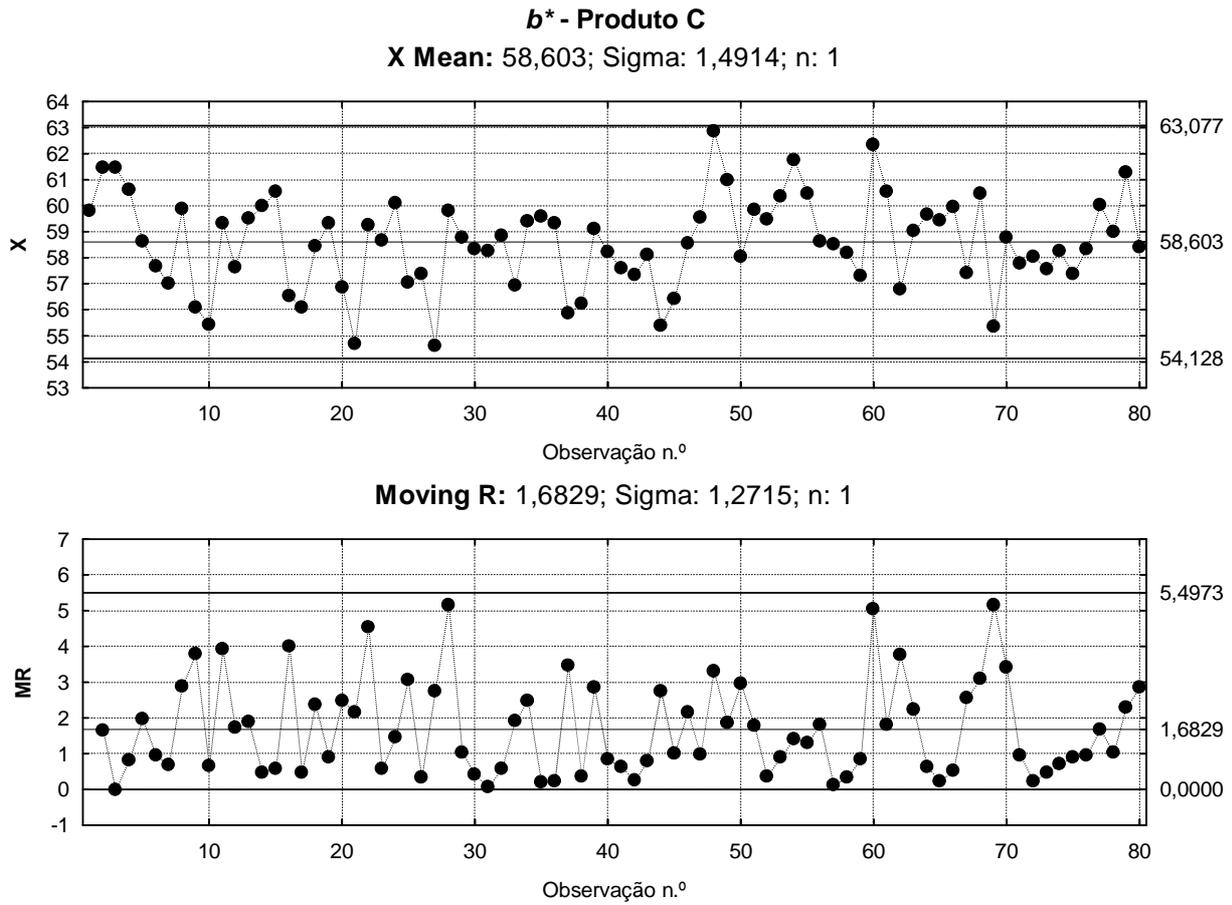


Figura III.40 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor b^* do produto C.

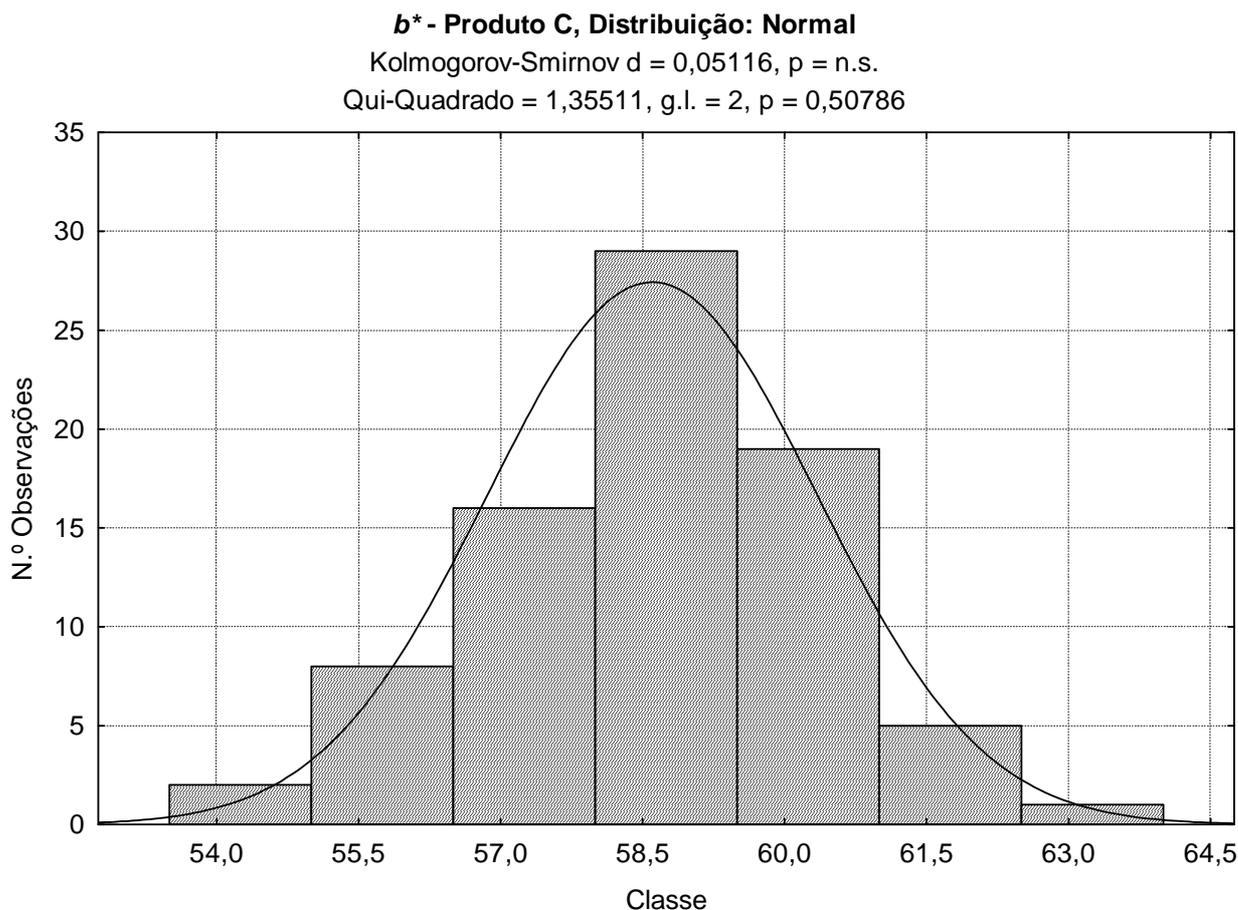


Figura III.41 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto C.

Cartas de controlo – Foi retirado das cartas $X-MR$ o ponto n.º 44 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.12 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor b^* do produto C seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.14 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto C, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas que não se encontra centrado.

Quadro III.14 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto C.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	51,000	65,000	58,603	1,491	1,565	1,430	1,699	1,430

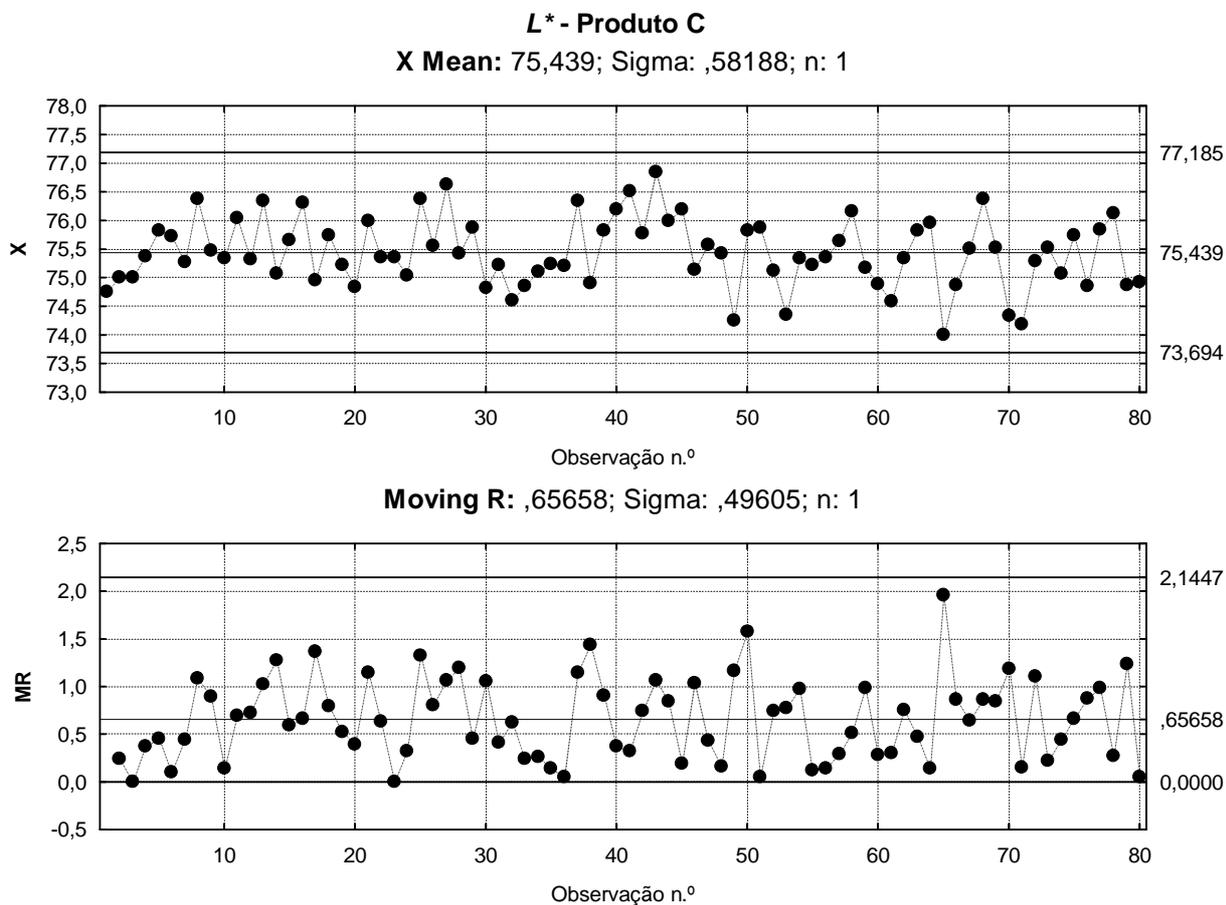


Figura III.42 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto C.

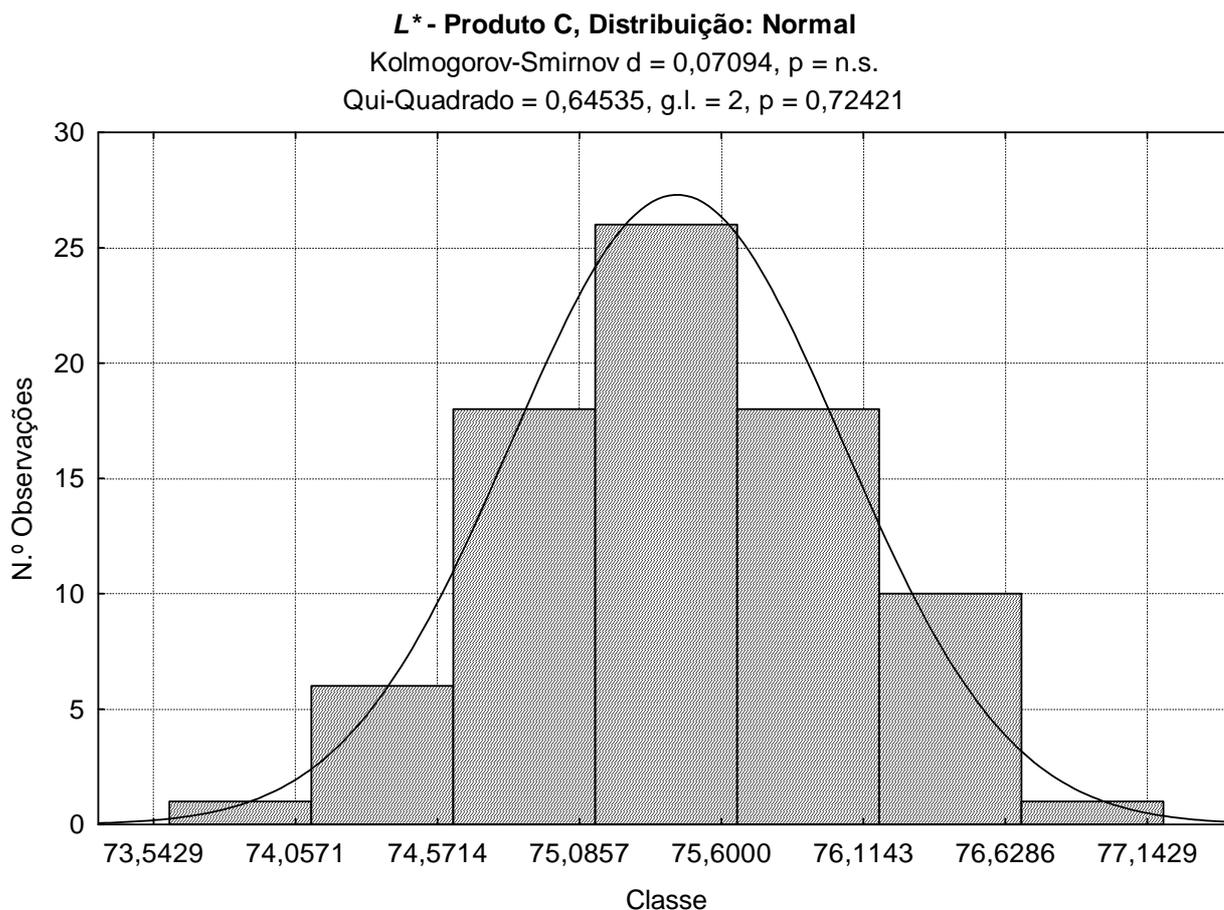


Figura III.43 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto C.

Cartas de controlo – Não se verificaram pontos fora dos LC nas cartas $X-MR$.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.45 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor L^* do produto C seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.15 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto C, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.15 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto C.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	72,000	78,000	75,439	0,582	1,719	1,467	1,970	1,467

III.4. Produto D

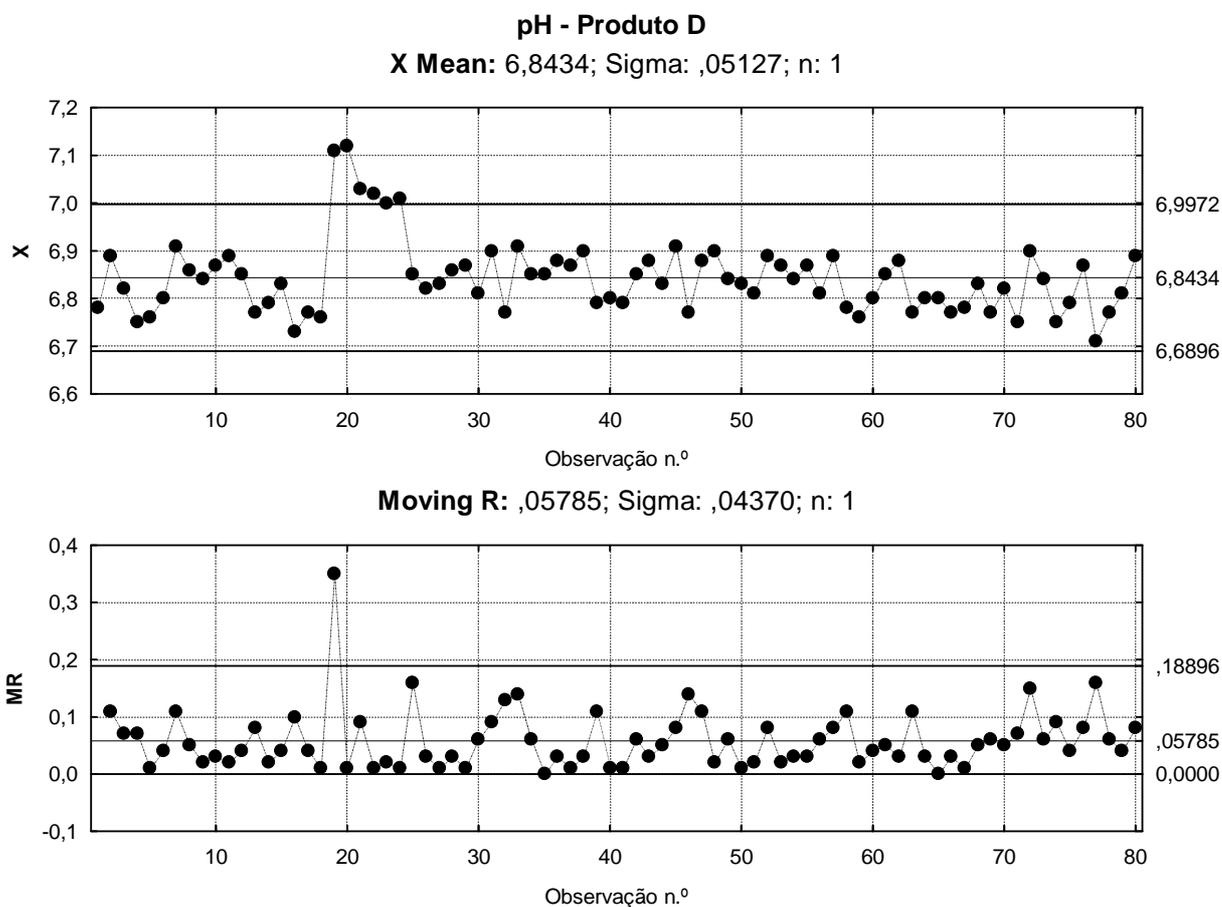


Figura III.44 – Carta de Controlo $X-MR$ para o pH do produto D.

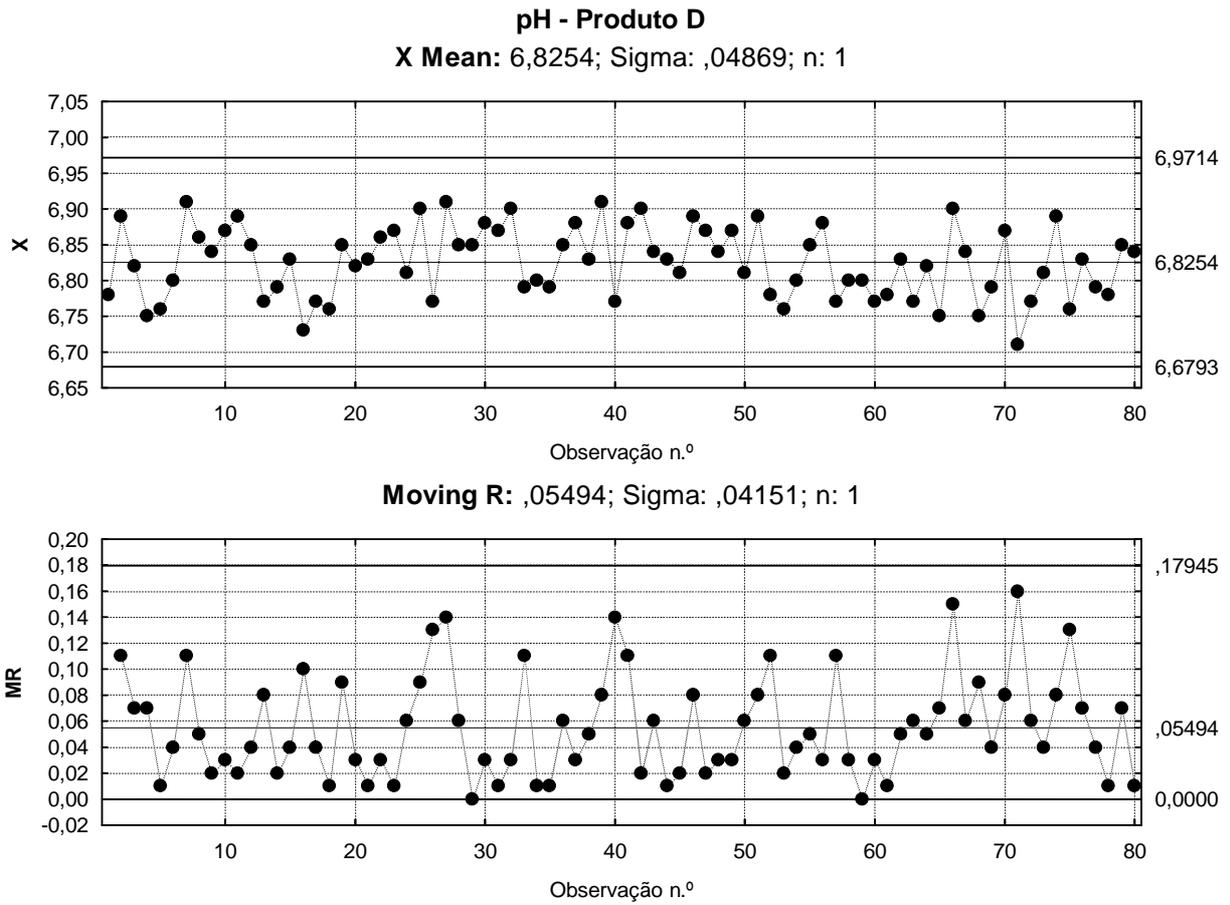


Figura III.45 – Carta de Controle \bar{X} -MR (reformulada) para o pH do produto D.

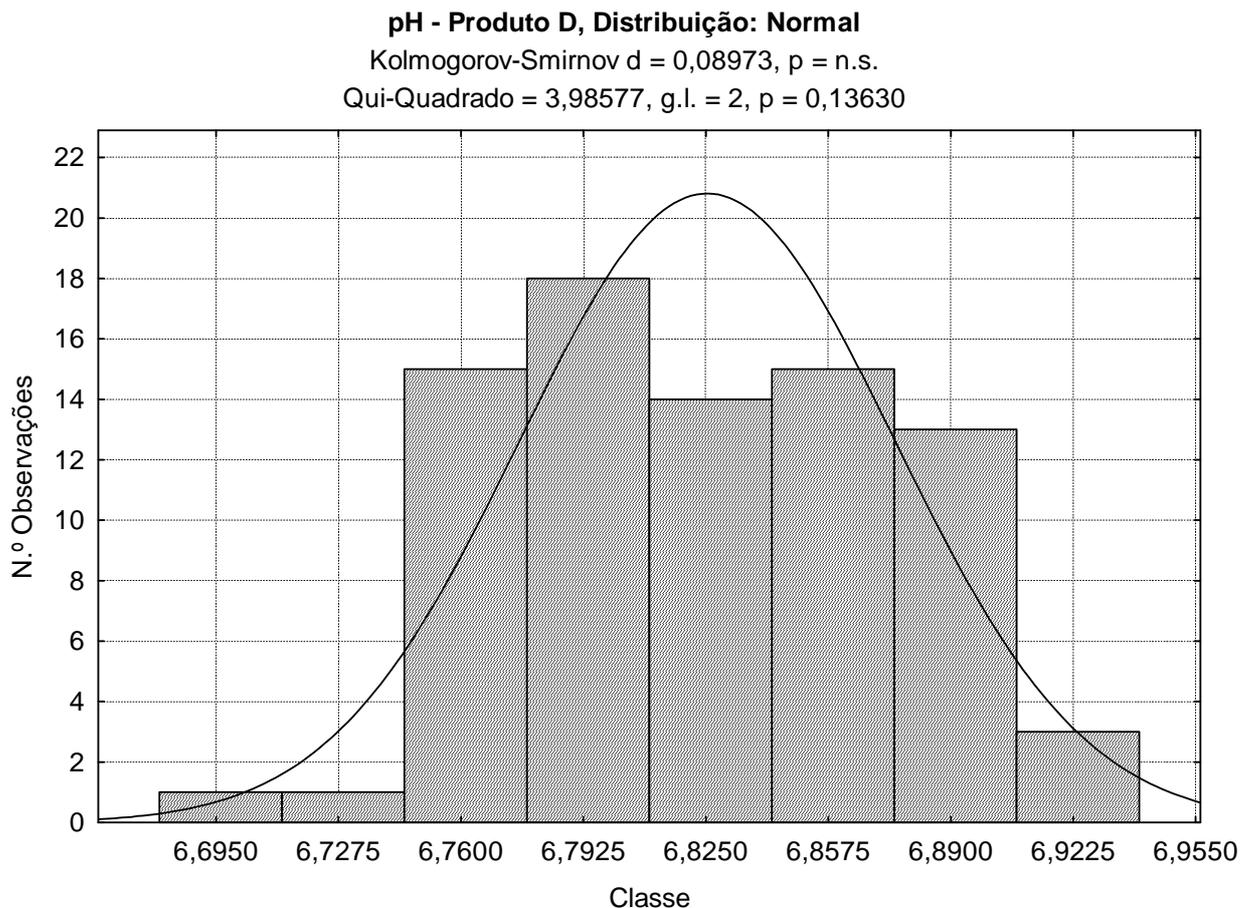


Figura III.46 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto D.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas *X-MR* os pontos n.º 19, 20, 21, 22, 23 e 24 por se situarem acima do *LSC* na carta *X*.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.48 conclui-se que os dados referentes ao pH do produto D seguem uma distribuição aproximadamente Normal, mas com 8 classes

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.16 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao pH do produto D, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.16 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto D.

	<i>LIE</i>	<i>LSE</i>	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	6,550	7,050	6,825	0,049	1,712	1,538	1,885	1,538

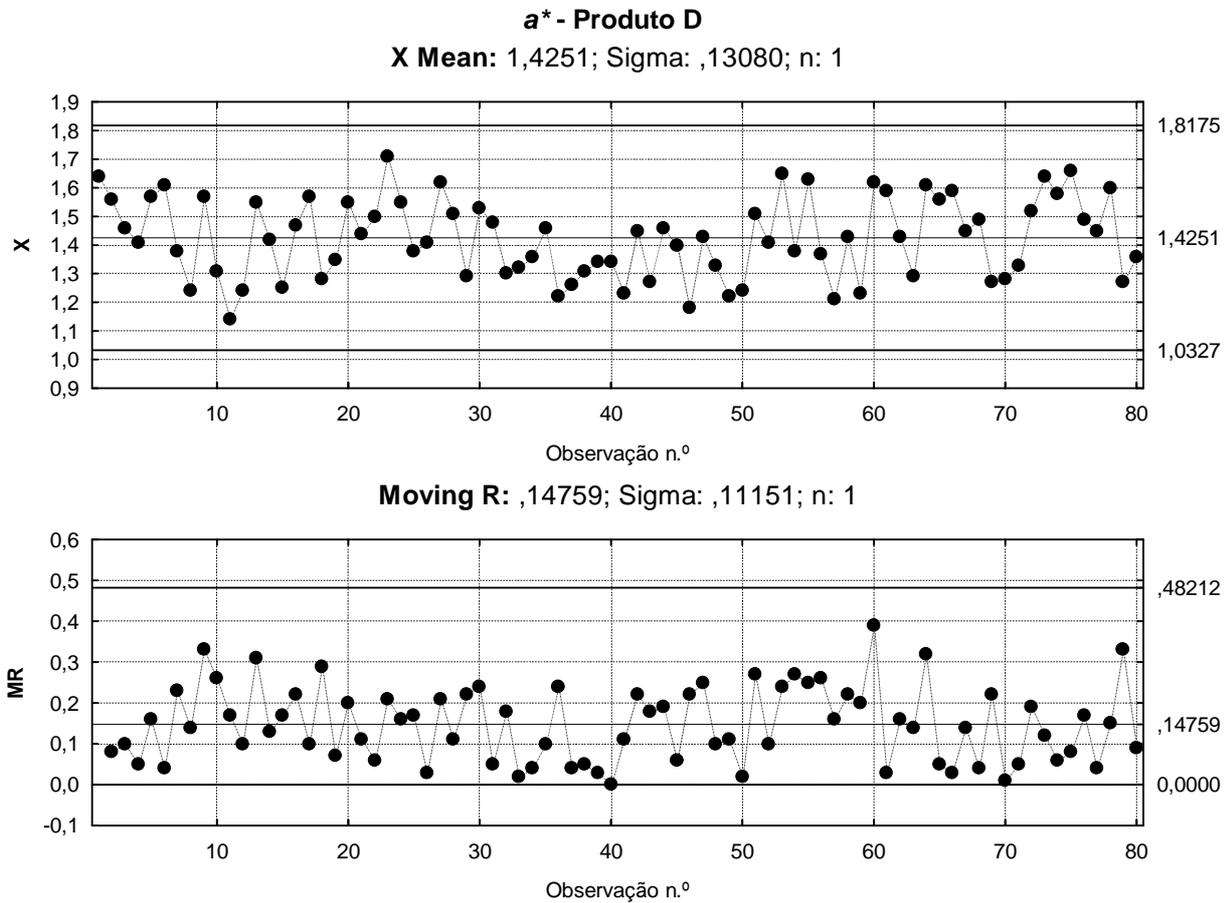


Figura III.47 – Carta de Controlo *X-MR* para o parâmetro da cor *a** do produto D.

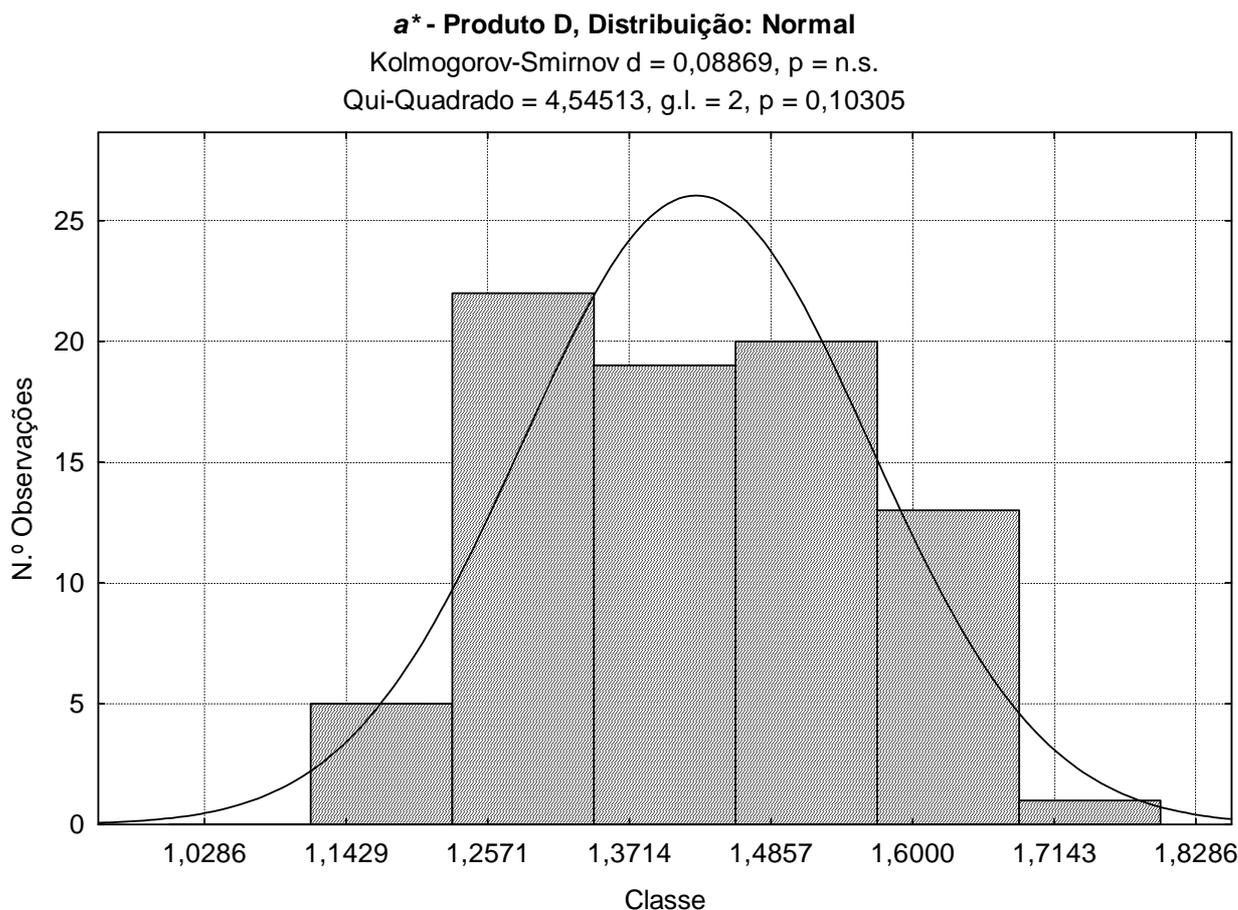


Figura III.48 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto D.

Cartas de controlo – Não se verificaram pontos fora dos LC nas cartas $X-MR$.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.51 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor a^* do produto D seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.17 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto D, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.17 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto D.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	0,800	2,000	1,425	0,131	1,529	1,465	1,593	1,465

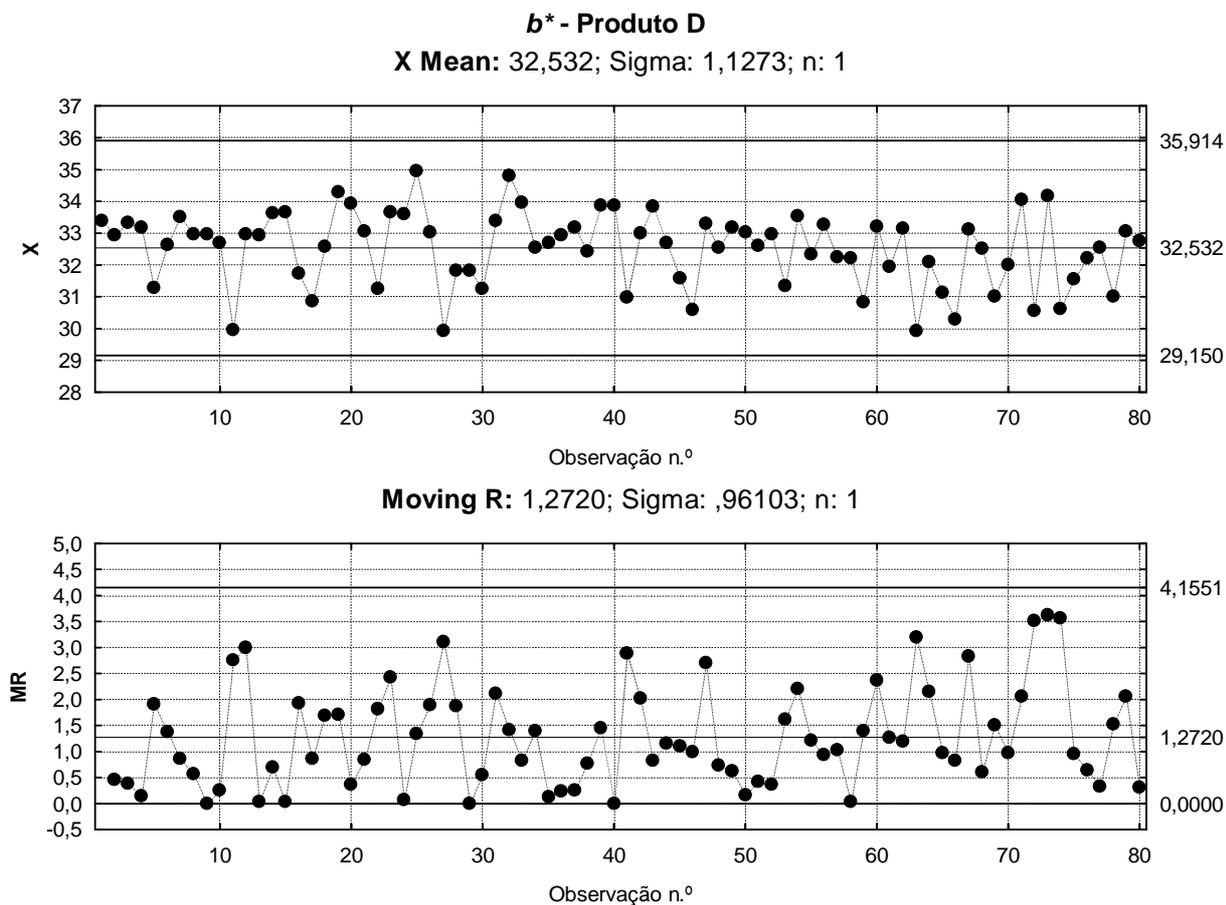


Figura III.49 – Carta de Controlo $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto D.

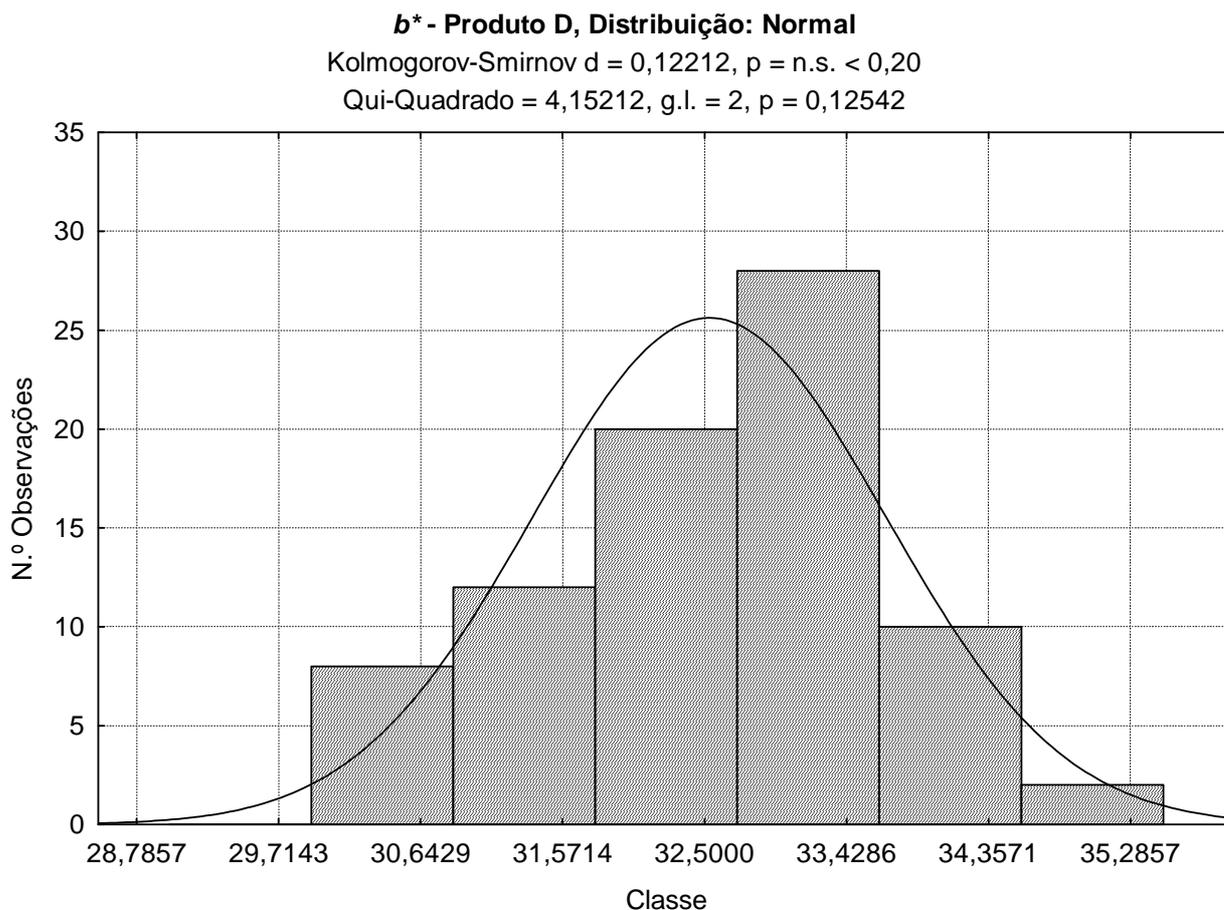


Figura III.50 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto D.

Cartas de controlo – Não se verificaram pontos fora dos LC nas cartas $X-MR$.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.54 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor b^* do produto D seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.18 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto D, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas que não se encontra centrado.

Quadro III.18 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto D.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	26,00	38,00	32,532	1,127	1,774	1,617	1,931	1,617

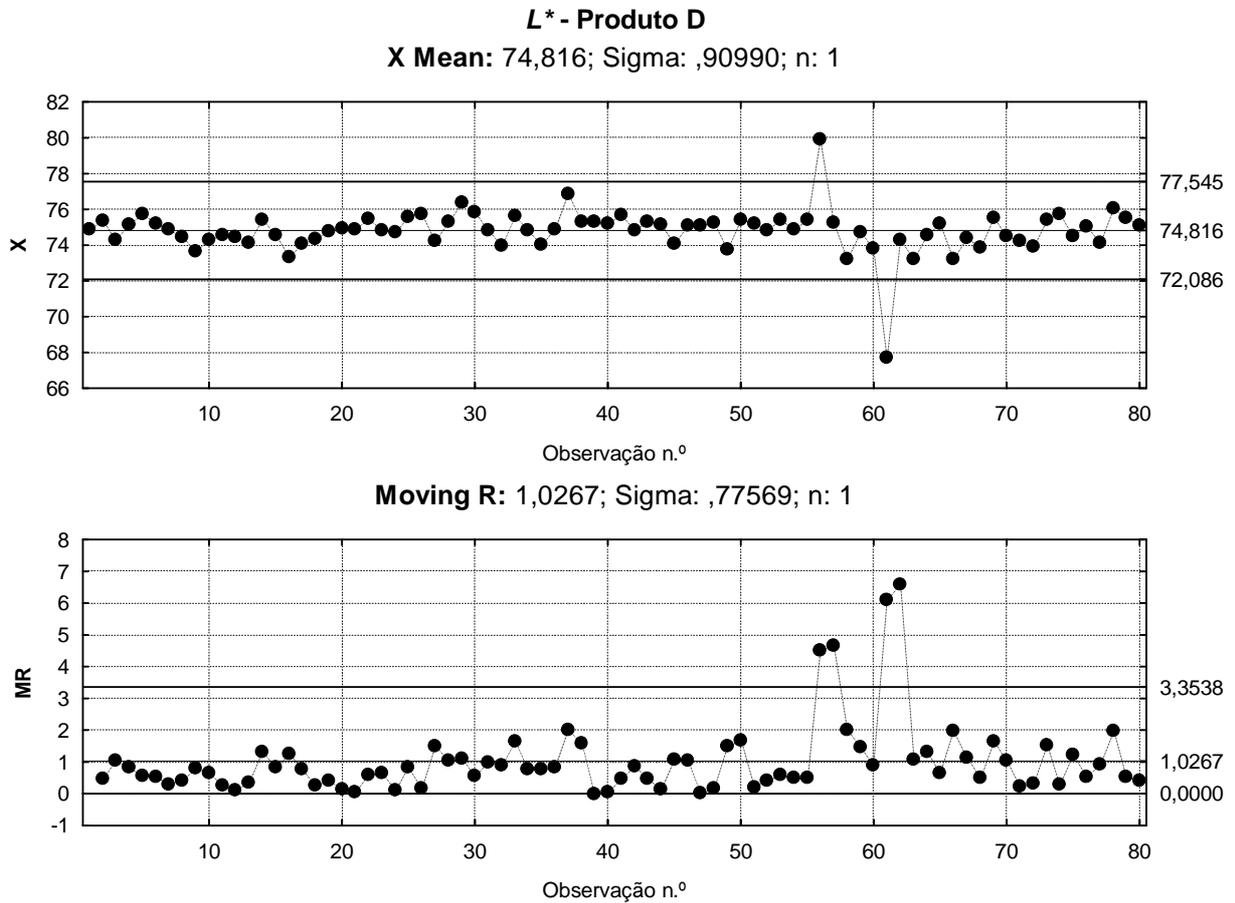


Figura III.51 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto D.

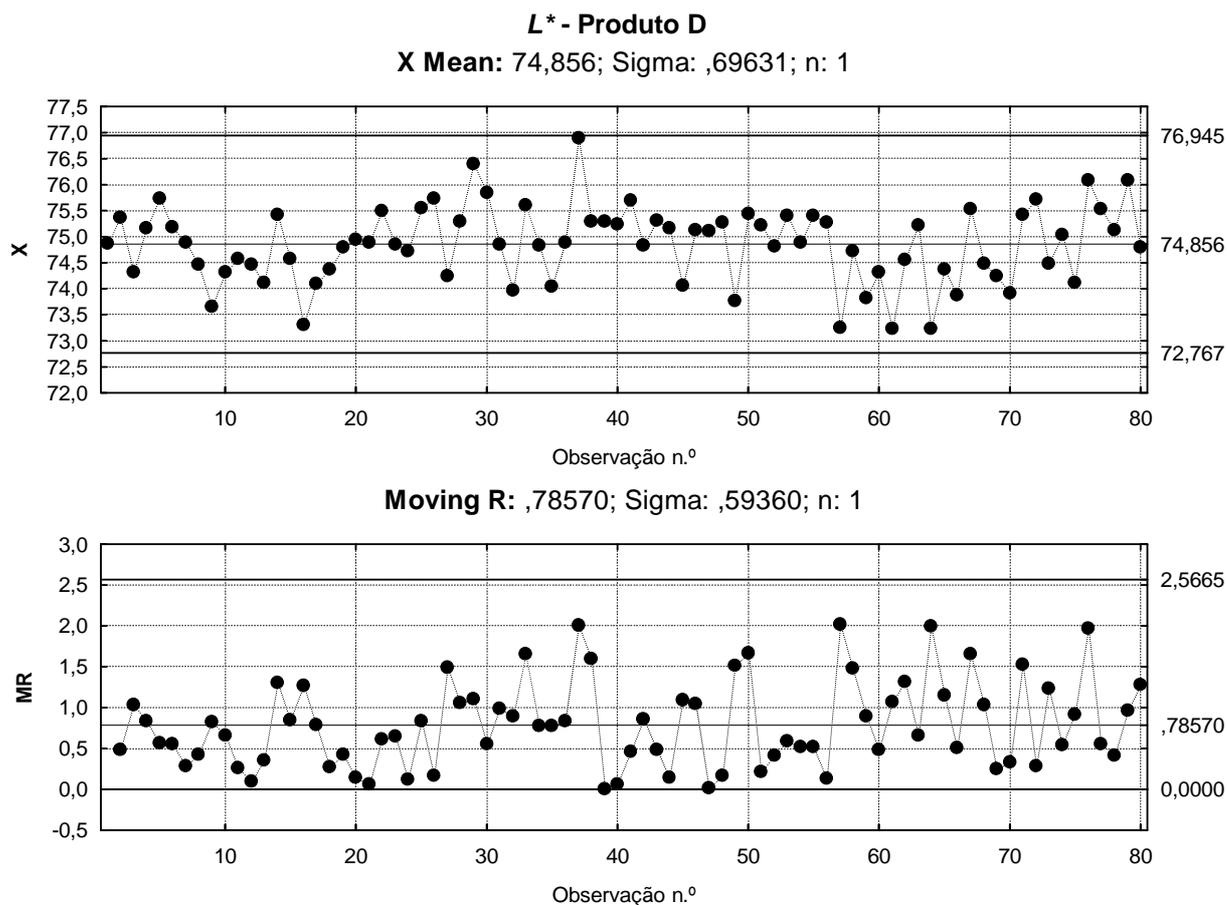


Figura III.52 – Carta de Controlo *X-MR* (reformulada) para o parâmetro da cor *L** do produto D.

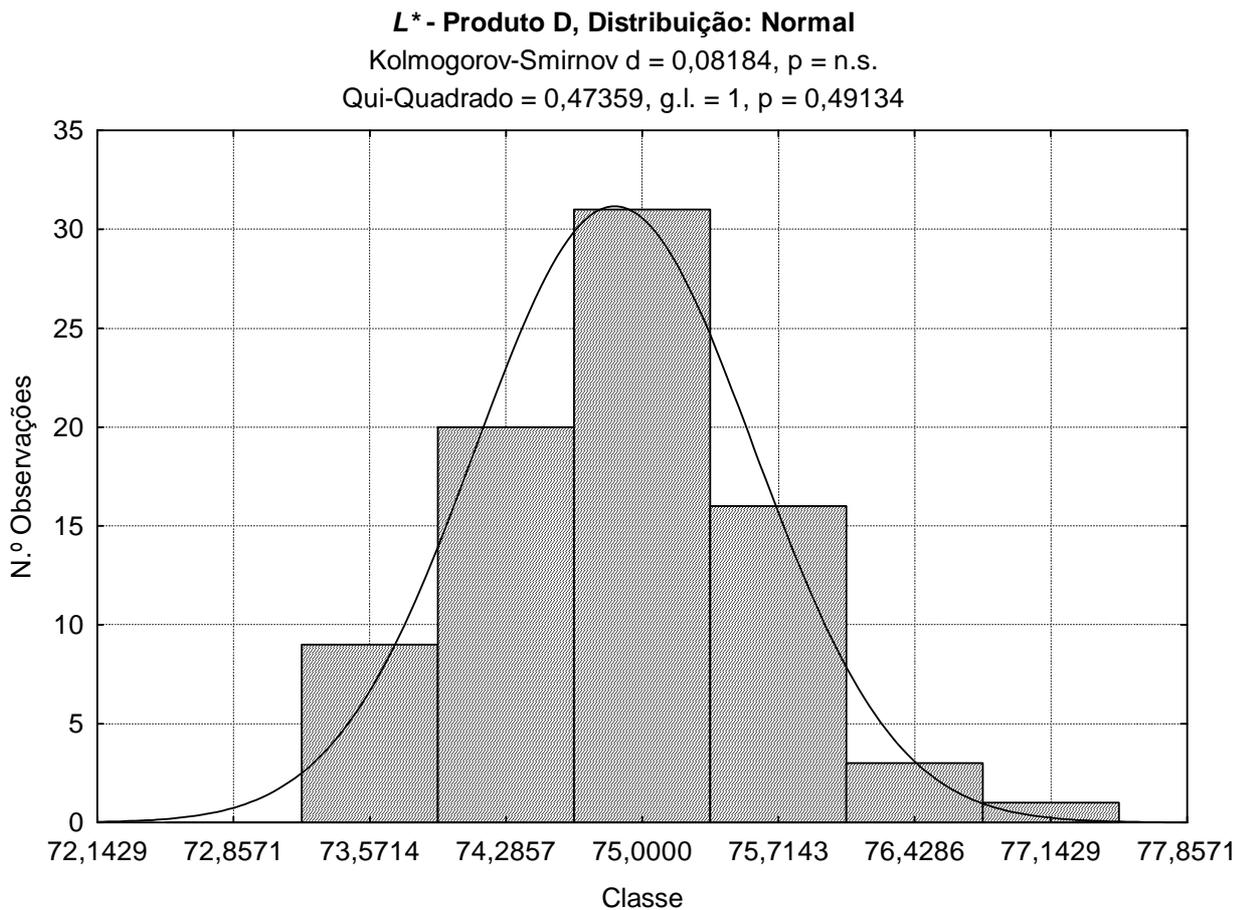


Figura III.53 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto D.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ o ponto n.º 56 por se situar acima do LSC na carta X e o ponto n.º 61 por se situar abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.57 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor L^* do produto D seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.19 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto D, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.19 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto D.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	72,000	78,000	74,856	0,696	1,436	1,367	1,367	1,505

III.5. Produto E

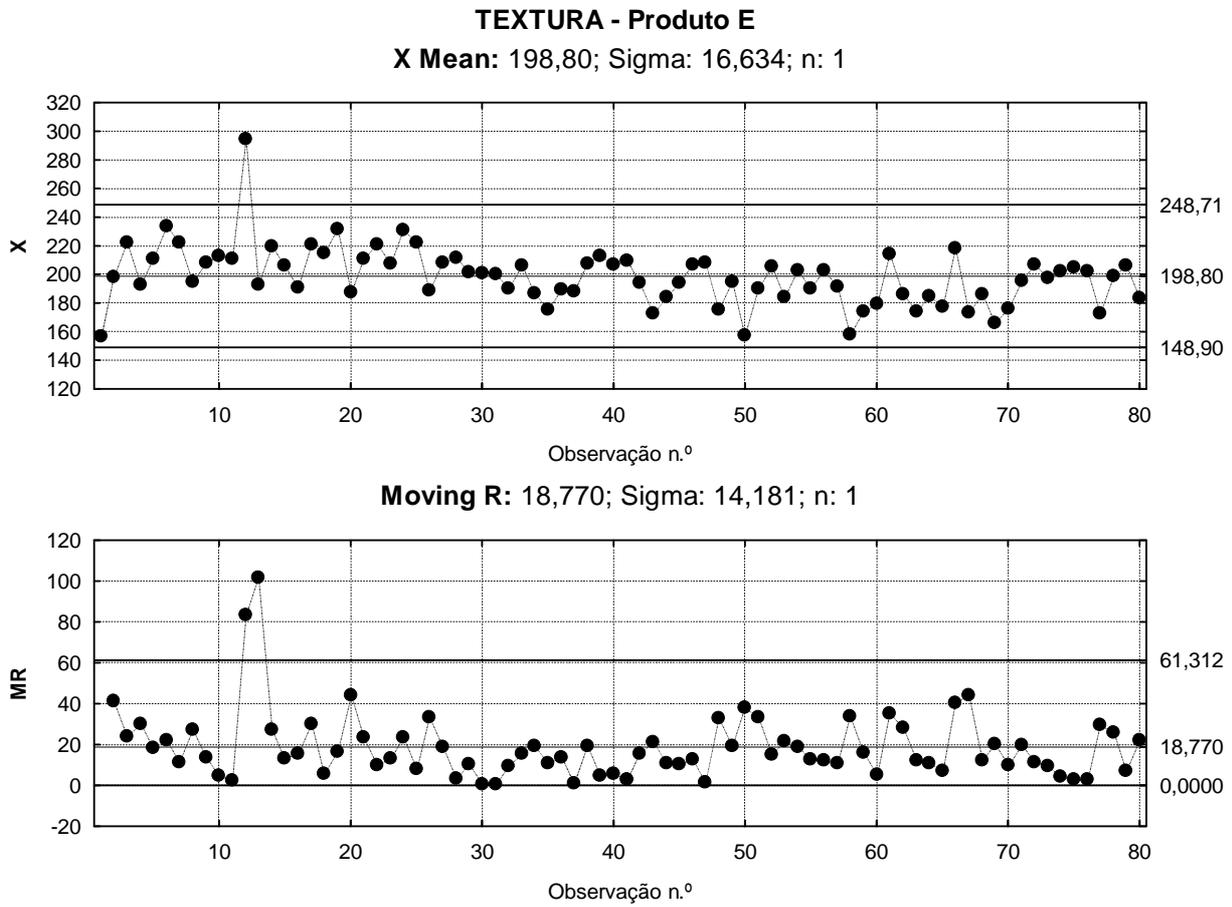


Figura III.54 – Carta de Controle \bar{X} -MR para a Textura do produto E.

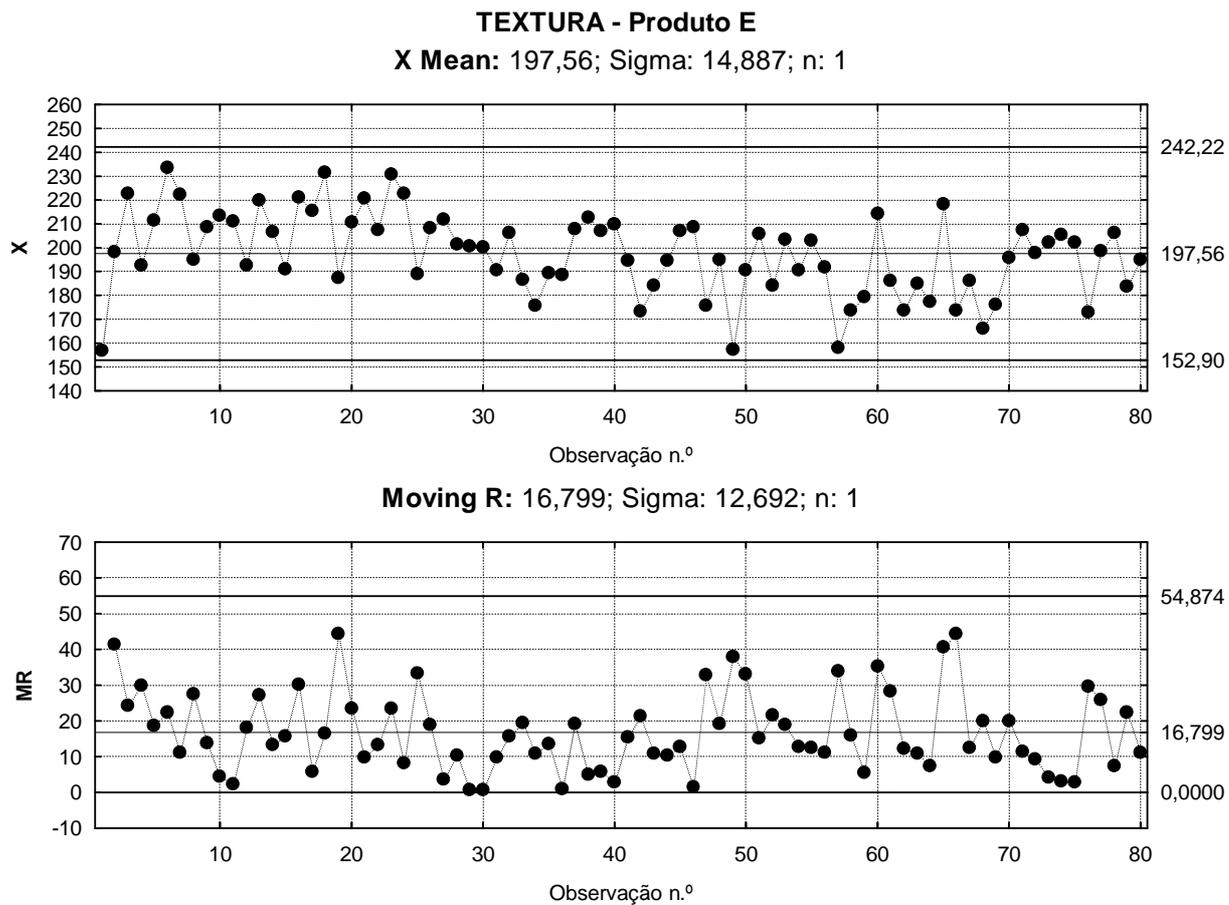


Figura III.55 – Carta de Controle \bar{X} -MR (reformulada) para a Textura do produto E.

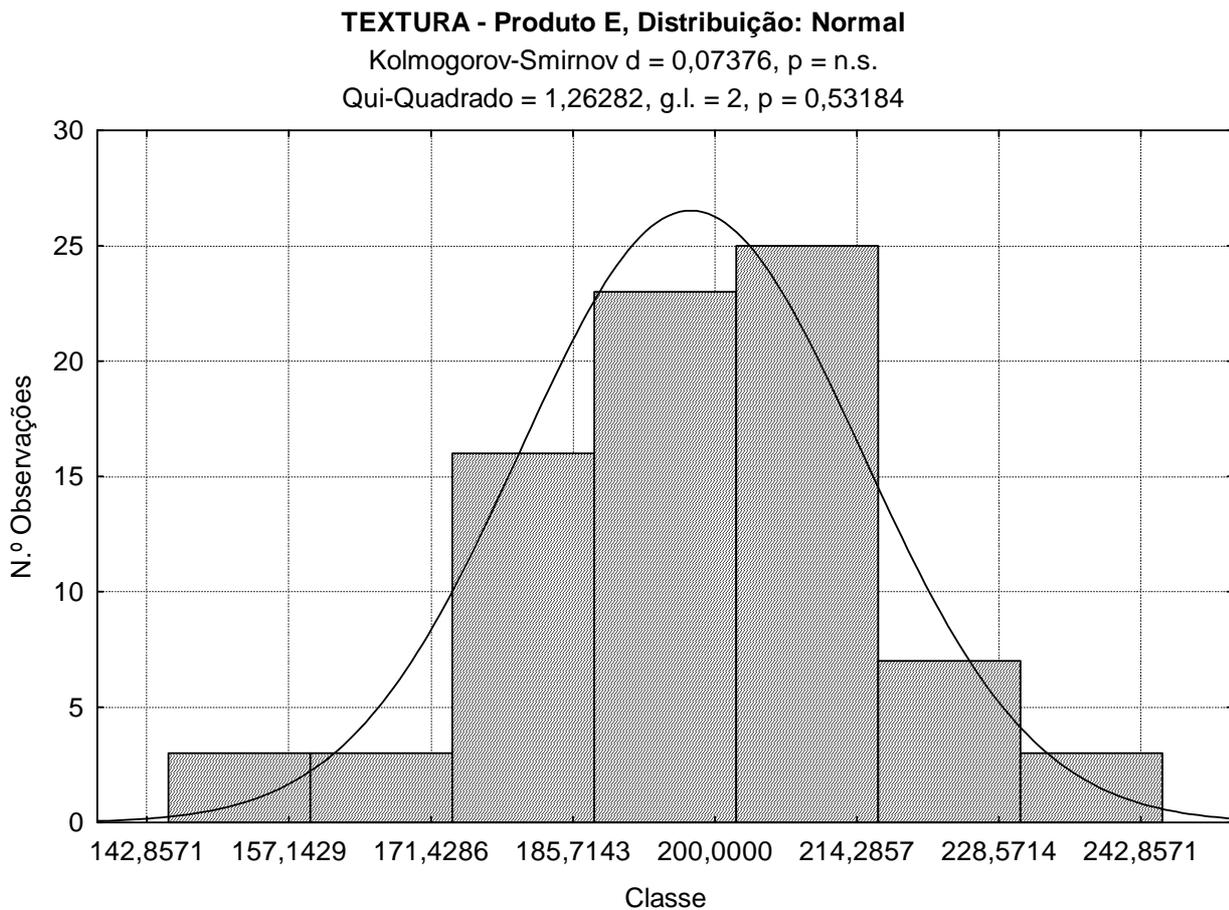


Figura III.56 – Verificação da Normalidade dos dados relativos à textura do produto E.

Cartas de controlo – Foi retirado das cartas $X-MR$ o ponto n.º 12 por se situar acima do LSC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.60 conclui-se que os dados referentes à textura do produto E seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.20 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente à textura do produto E, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.20 – Estudo da capacidade do processo referente à textura do produto E.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	135	265	197,560	14,887	1,455	1,401	1,401	1,510

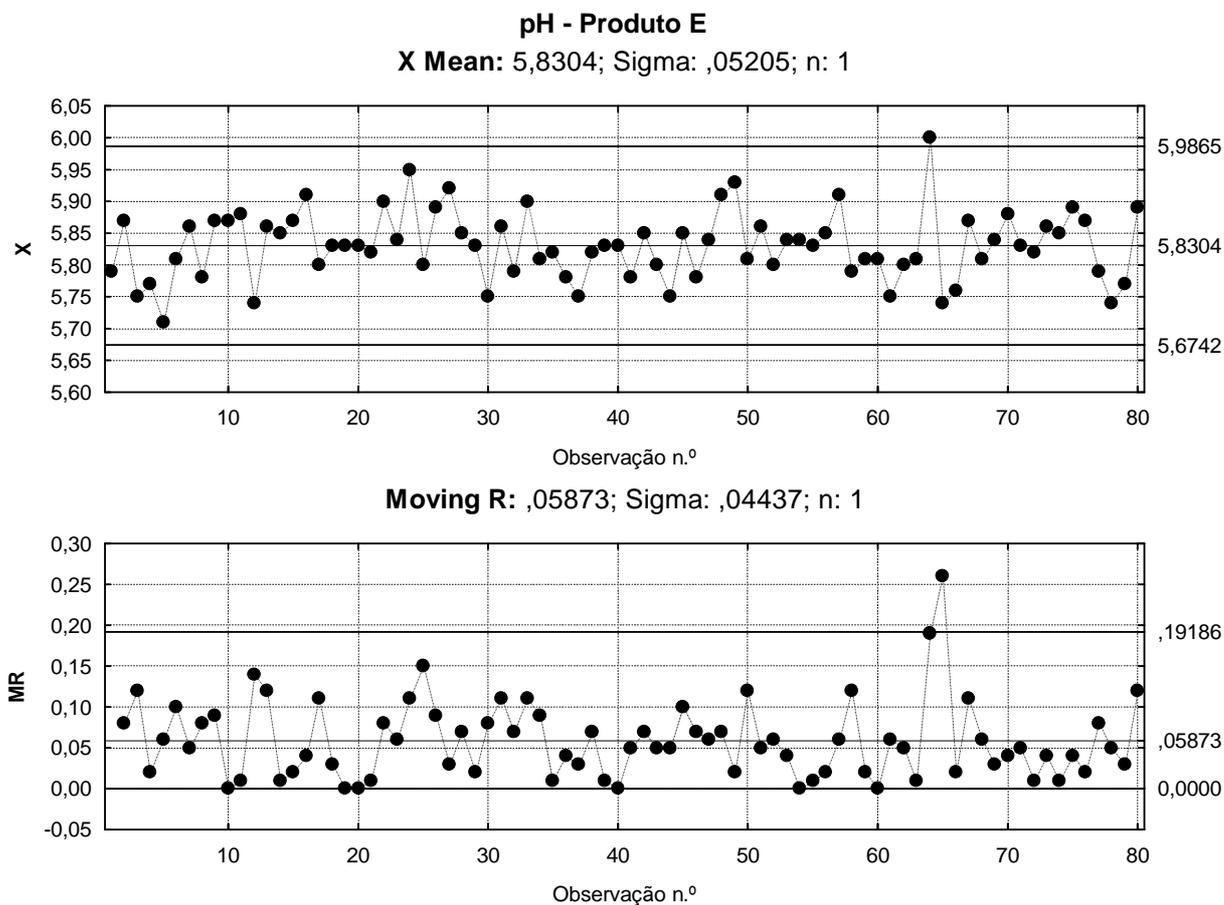


Figura III.57 – Carta de Controllo $X-MR$ para o pH do produto E.

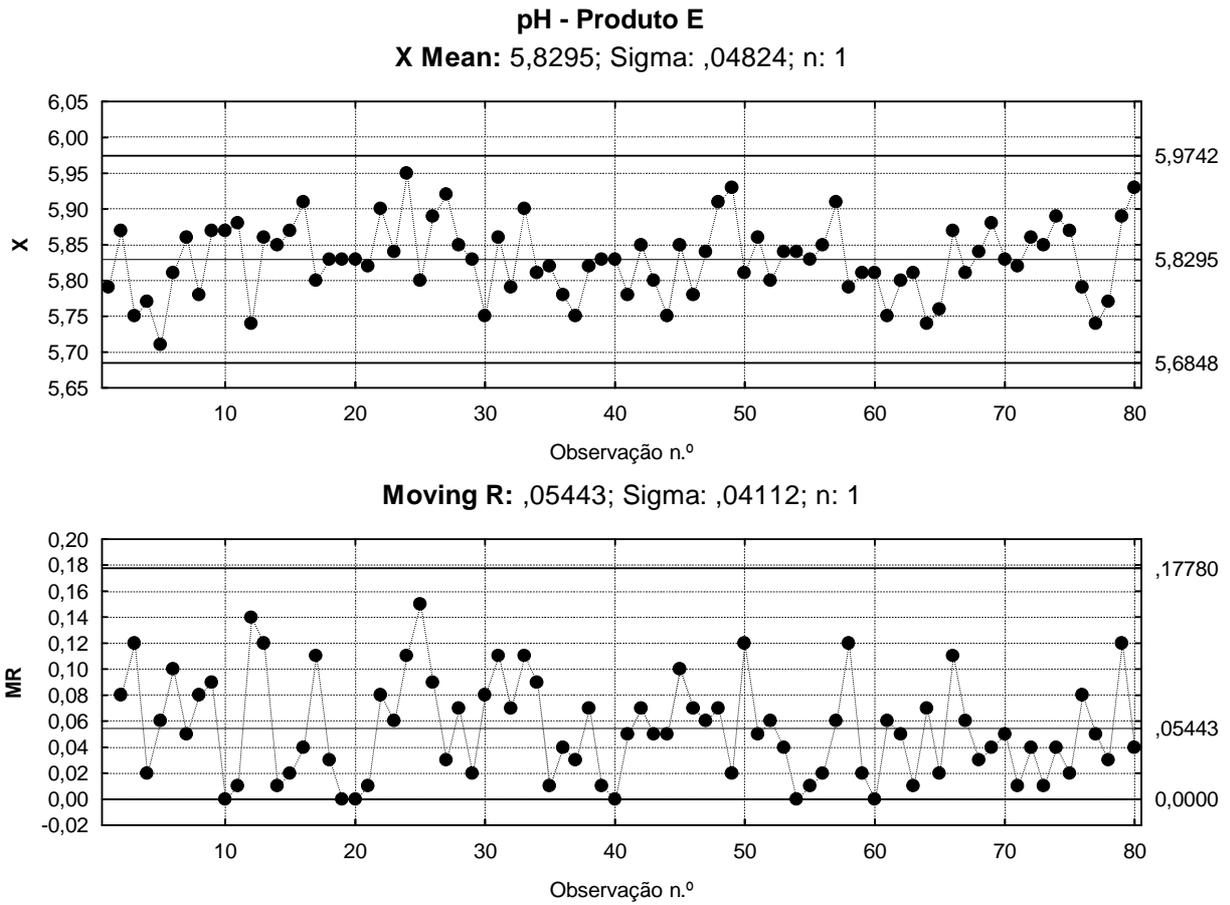


Figura III.58 – Carta de Controllo \bar{X} - MR (reformulada) para o pH do produto E.

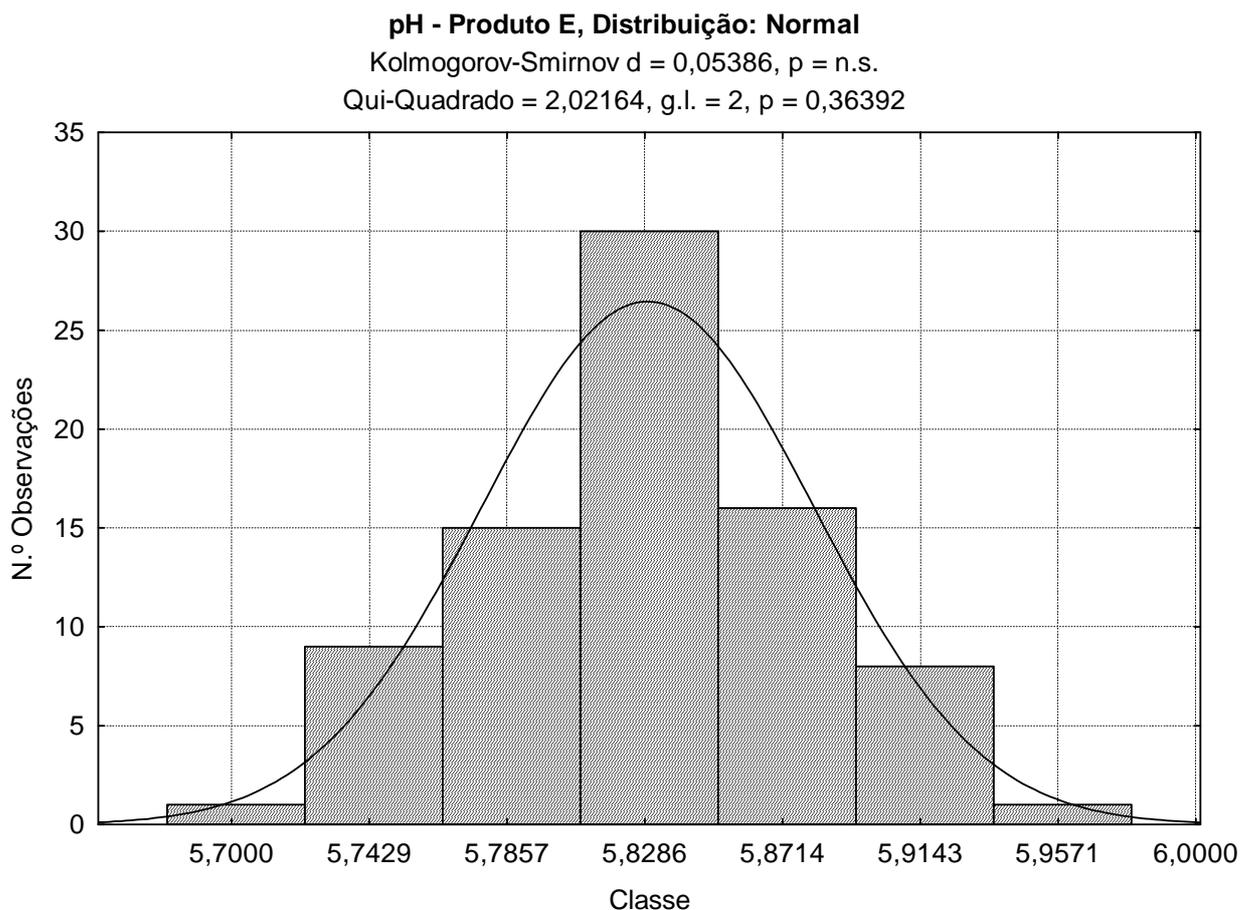


Figura III.59 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao pH do produto E.

Cartas de controlo – Foi retirado das cartas *X-MR* o ponto n.º 64 por se situar acima do *LSC* na carta *X*.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.63 conclui-se que os dados referentes ao pH do produto E seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.21 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao pH do produto E, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica mas não se encontra centrado.

Quadro III.21 – Estudo da capacidade do processo referente ao pH do produto E.

	<i>LIE</i>	<i>LSE</i>	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	5,550	6,050	5,830	0,048	1,727	1,524	1,931	1,524

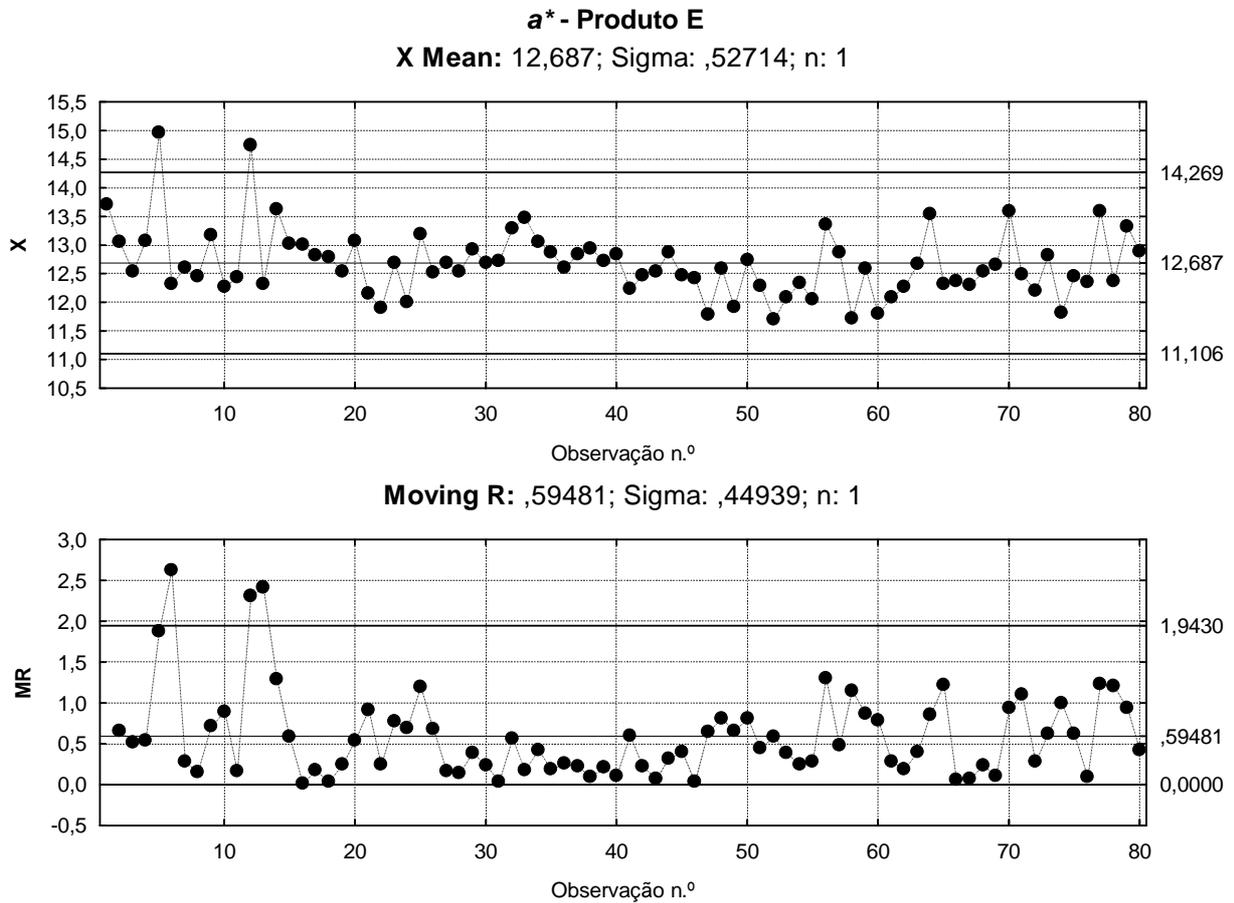


Figura III.60 – Carta de Controle *X-MR* para o parâmetro da cor *a** do produto E.

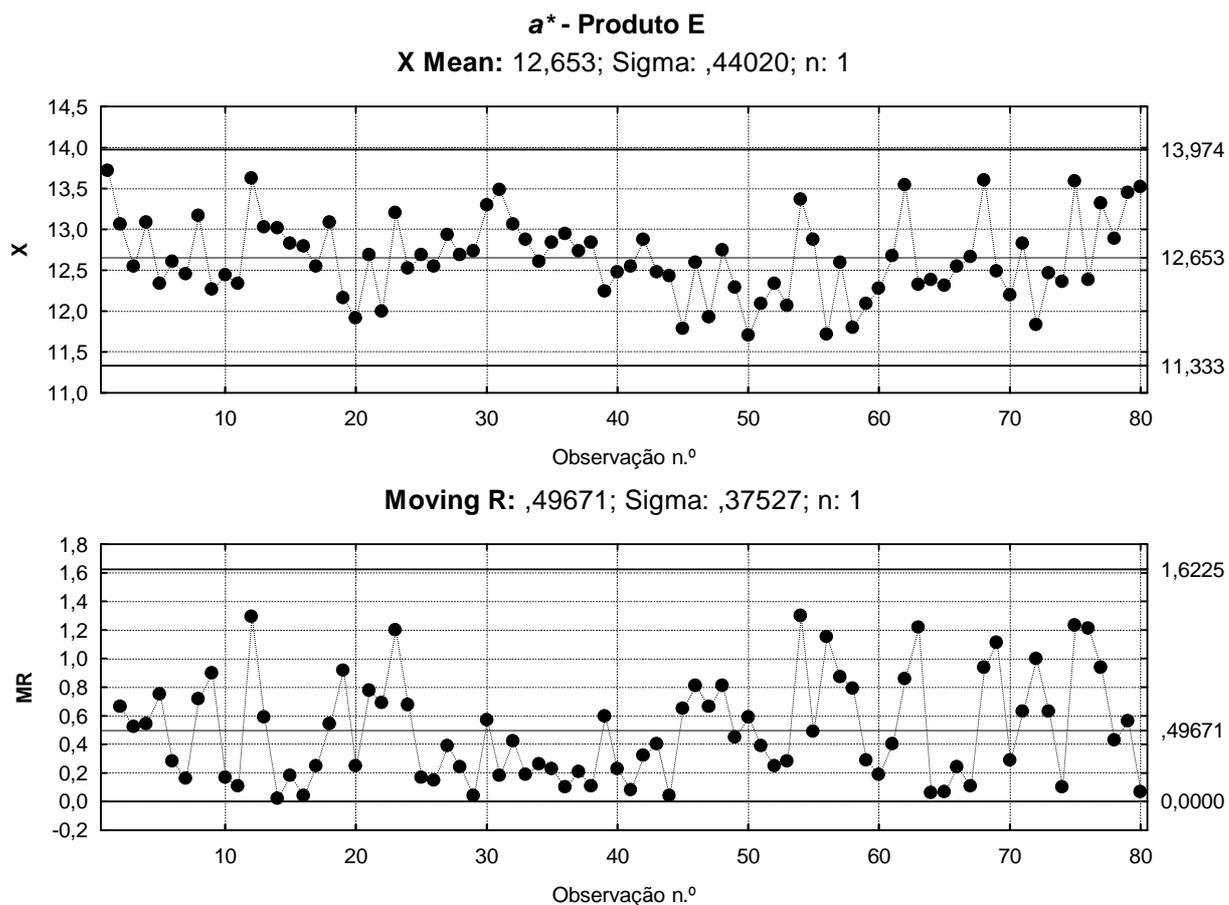


Figura III.61 – Carta de Controllo *X-MR* (reformulada) para o parâmetro da cor *a** do produto E.

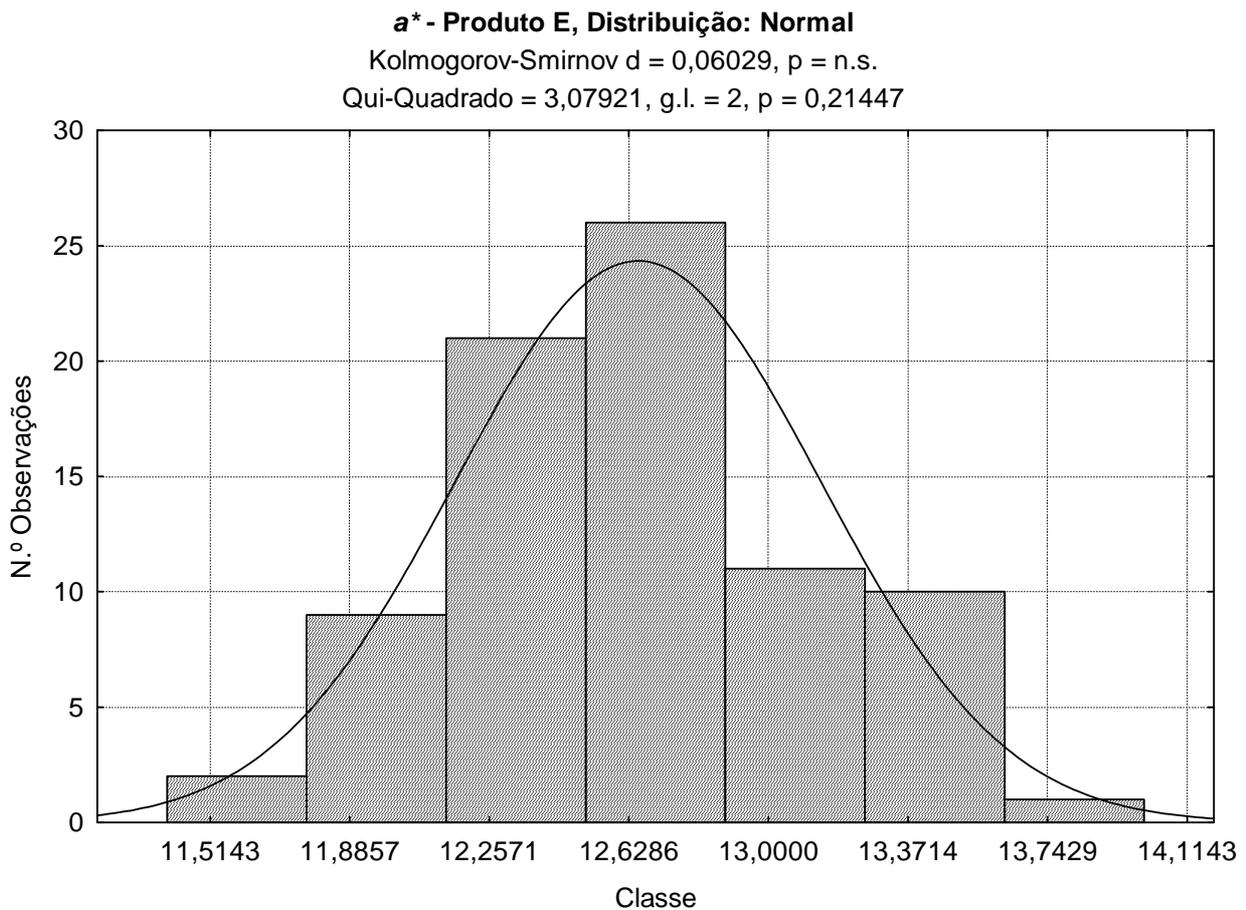


Figura III.62 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor a^* do produto E.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 5 e 12 por se situarem acima do LSC na carta X.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.66 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor a^* do produto E seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.22 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto E, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.22 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor a^* do produto E.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	10,60	14,60	12,653	0,440	1,514	1,474	1,555	1,474

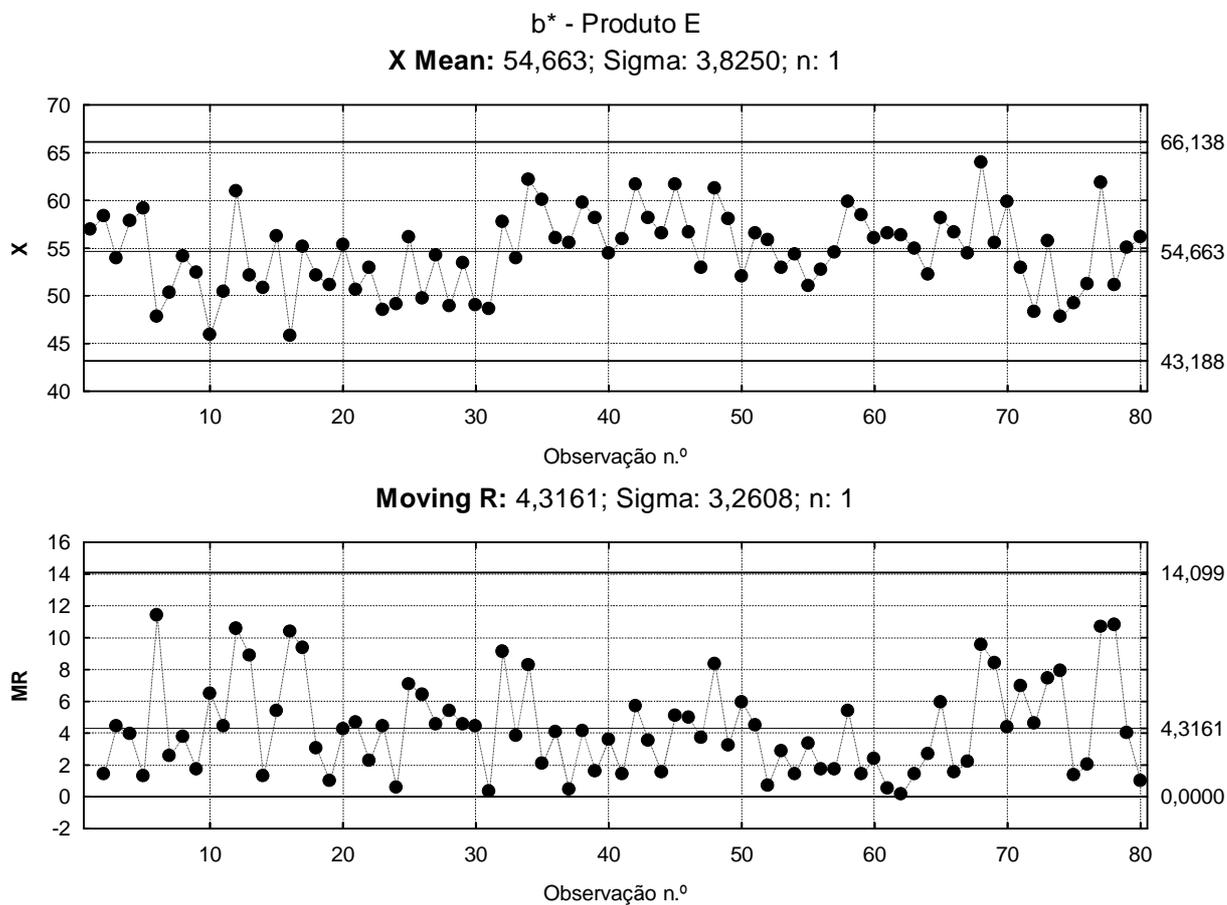


Figura III.63 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor b^* do produto E.

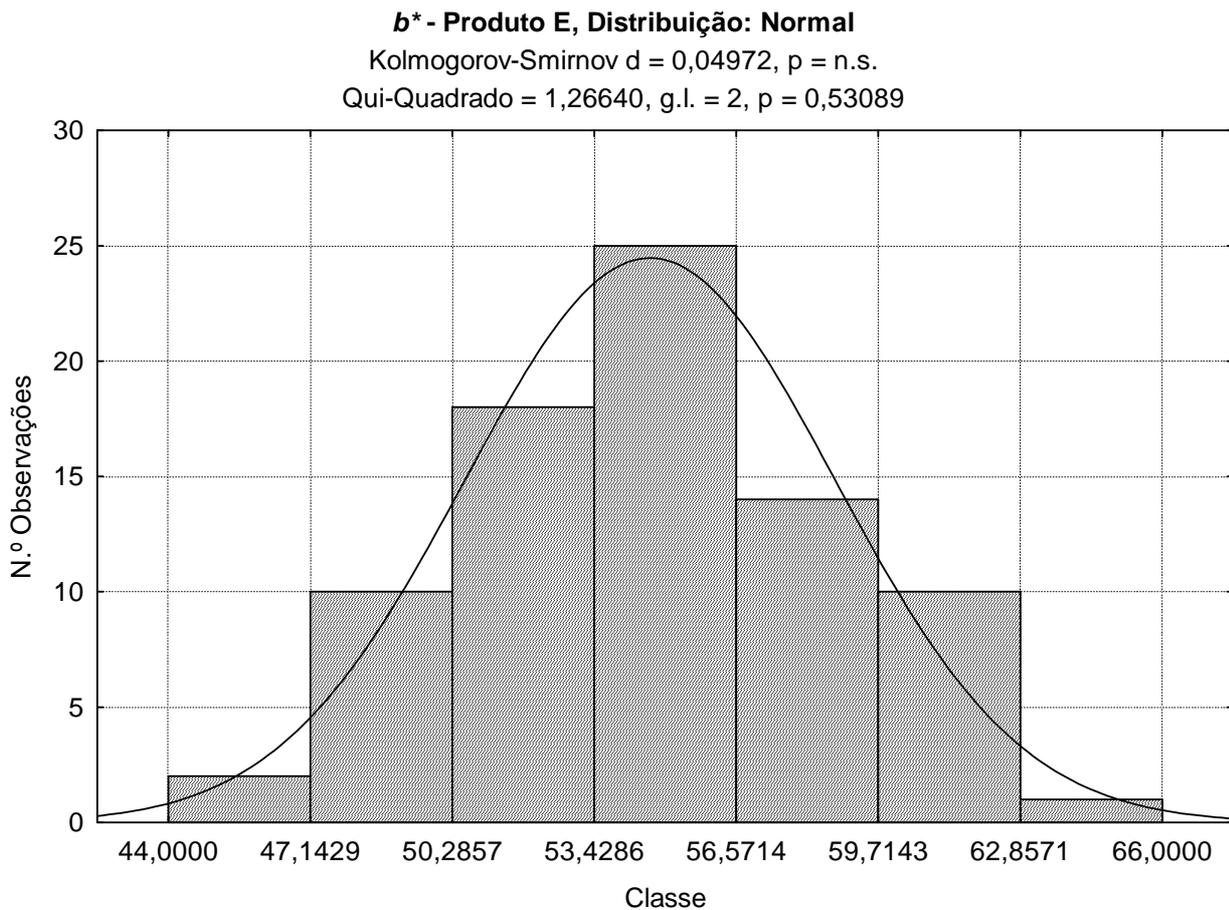


Figura III.64 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor b^* do produto E.

Cartas de controlo – Não se apresentaram pontos fora dos LC nas cartas $X-MR$.

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.69 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor b^* do produto E seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886 / \sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.23 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto E, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.23 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor b^* do produto E.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	39,00	71,00	54,663	3,825	1,394	1,365	1,365	1,424

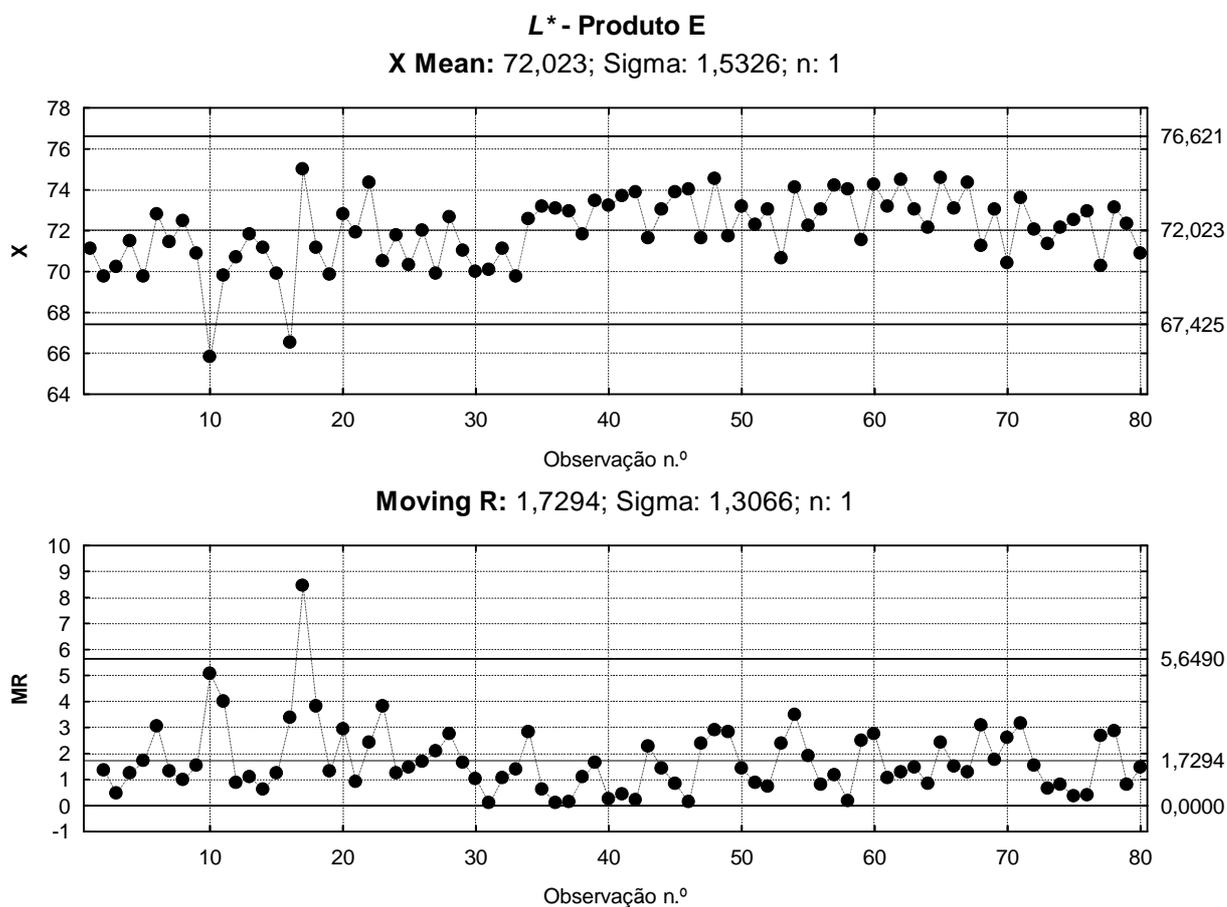


Figura III.65 – Carta de Controle $X-MR$ para o parâmetro da cor L^* do produto E.

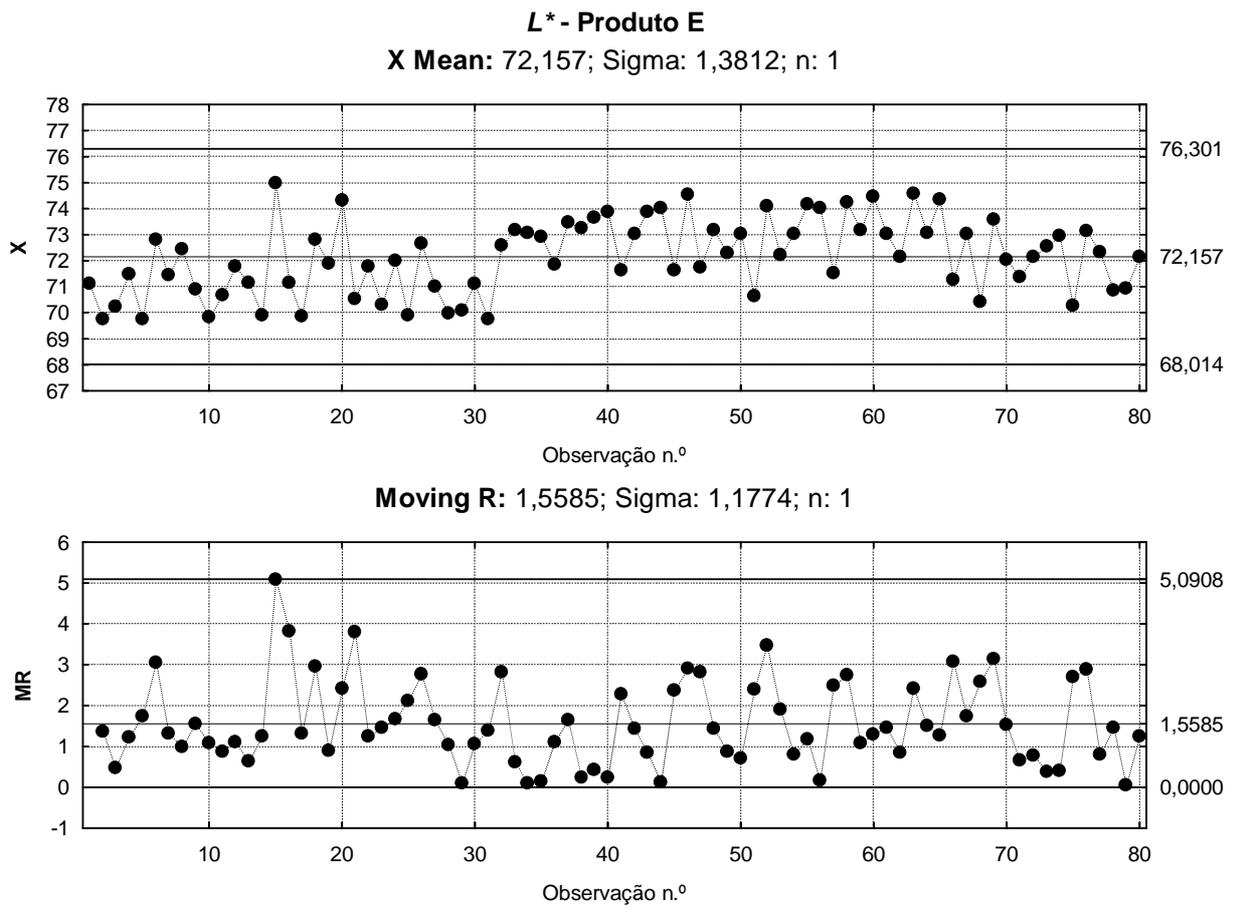


Figura III.66 – Carta de Controle $X-MR$ (reformulada) para o parâmetro da cor L^* do produto E.

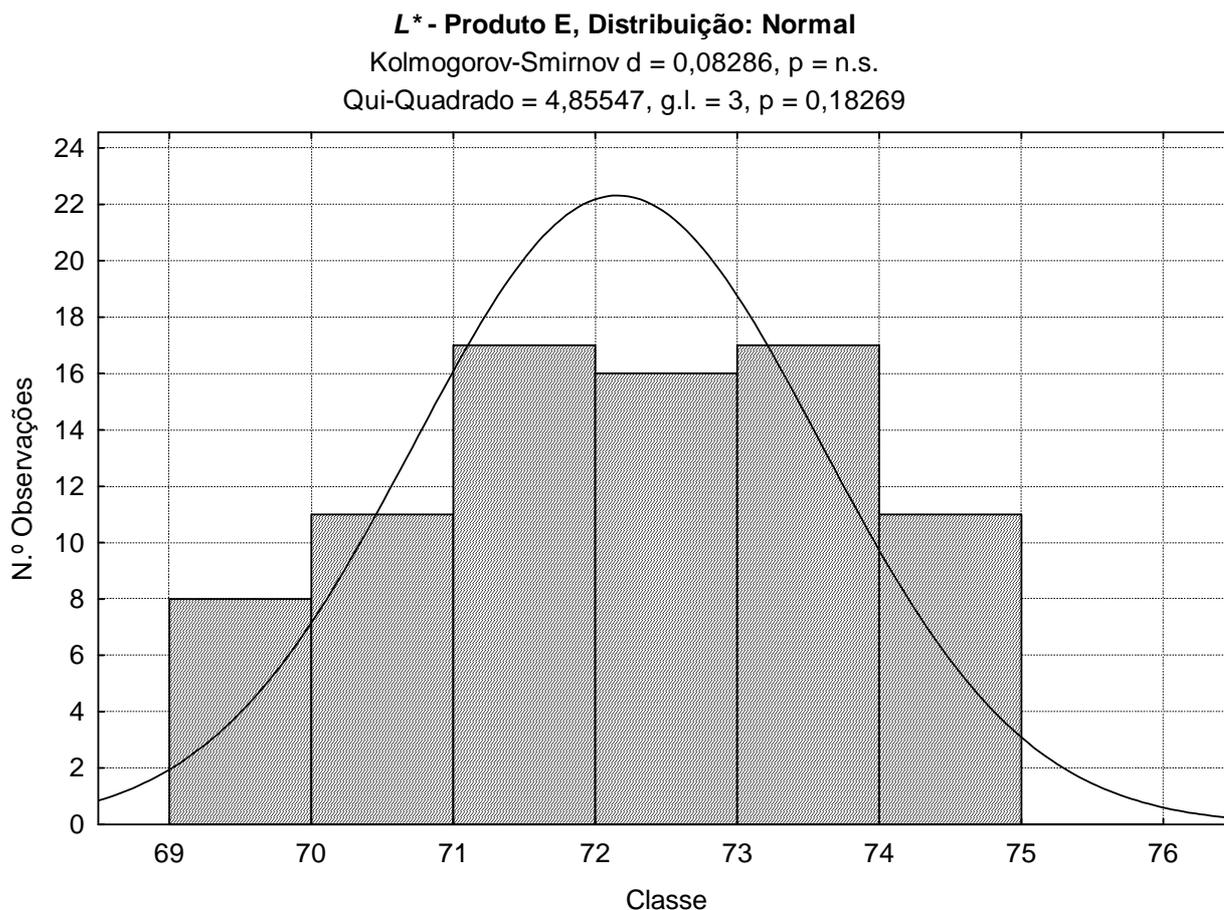


Figura III.67 – Verificação da Normalidade dos dados relativos ao parâmetro da cor L^* do produto E.

Cartas de controlo – Foram retirados das cartas $X-MR$ os pontos n.º 10 e 16 por se situarem abaixo do LIC na carta X .

Verificação da Normalidade – Pela análise da Figura III.71 conclui-se que os dados referentes ao parâmetro da cor L^* do produto E seguem uma distribuição aproximadamente Normal

- Qui-Quadrado: $p > 0,05$, para $\alpha = 5\%$
- Kolmogorov-Smirnov: $d < 0,099$

$$(D_{\text{Crítico}} = 0,886/\sqrt{N} = 0,099, \text{ para } \alpha = 5\%)$$

Análise da capacidade do processo – No Quadro III.24 apresentam-se os índices de capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto E, constatando-se que o processo é capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica e que se encontra suficientemente centrado.

Quadro III.24 – Estudo da capacidade do processo referente ao parâmetro da cor L^* do produto E.

	LIE	LSE	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	C_p	C_{pk}	$(C_{pk})_I$	$(C_{pk})_S$
Textura	66,000	78,000	72,157	1,381	1,448	1,410	1,486	1,410

III.6. Dados

III.6.1. Produto A

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
1	08-02-2008	1293552	162,50	5,70	12,83	58,94	70,75
2	14-02-2008	1293938	180,10	5,78	13,11	56,86	70,14
3	24-04-2008	1299568	142,60	5,80	12,63	58,59	70,68
4	01-05-2008	1300385	186,60	5,71	12,65	55,85	71,07
5	12-05-2008	1301115	199,90	5,63	12,58	55,77	72,07
6	20-05-2008	1301870/1	175,40	5,69	11,87	56,29	70,85
7	20-05-2008	1301870/2	163,90	5,68	12,95	54,31	71,65
8	20-05-2008	1301870/3	171,80	5,59	13,99	58,27	70,94
9	18-06-2008	1304500/1	162,30	5,64	13,62	60,87	74,43
10	18-06-2008	1304500/2	151,50	5,73	12,64	56,20	71,62
11	19-06-2008	1304500/3	138,10	5,66	12,48	58,56	71,67
12	19-06-2008	1304812	137,70	5,73	13,09	55,10	71,01
13	04-07-2008	1306013/1	215,00	5,68	14,21	59,31	69,63
14	08-07-2008	1306013/2	170,90	5,68	12,23	51,91	71,05
15	08-07-2008	1306013/3	188,50	5,67	11,68	46,75	70,21
16	23-07-2008	1307856	173,00	5,77	12,42	56,78	71,02
17	07-08-2008	1309320	194,20	5,65	12,80	52,69	71,62
18	07-08-2008	1309321	182,70	5,68	11,36	46,09	71,51
19	07-08-2008	1309322	160,20	5,70	11,65	55,27	70,91
20	07-08-2008	1309323	168,50	5,74	11,83	54,01	69,88
21	07-08-2008	1309324	175,30	5,74	13,24	55,95	71,32
22	01-09-2008	1310385	196,80	5,67	16,85	58,95	72,62
23	01-09-2008	1310386	181,40	5,76	12,53	58,87	72,05
24	05-09-2008	1311773	181,10	5,68	12,71	59,38	72,12
25	05-09-2008	1311772	176,40	5,60	13,19	57,24	71,39
26	15-09-2008	1311386	166,20	5,66	12,36	56,99	71,59
27	19-09-2008	1308826	229,70	5,81	12,32	50,91	71,03
28	22-09-2008	1313537/1	144,50	5,74	11,13	54,36	71,53
29	22-09-2008	1313537/2	170,30	5,71	11,71	52,70	71,46
30	22-09-2008	1313537/3	182,80	5,70	12,97	55,19	70,33
31	22-09-2008	1313537/4	186,40	5,61	12,97	57,97	71,92
32	22-09-2008	1313537/5	197,20	5,63	12,87	58,06	71,09
33	22-09-2008	1313537/6	163,60	5,64	12,09	54,65	70,71
34	07-10-2008	1314968/1	169,30	5,73	12,33	53,85	70,89
35	07-10-2008	1314968/2	163,10	5,69	11,55	54,34	71,91
36	07-10-2008	1314968/3	176,50	5,76	11,68	57,28	71,23
37	07-10-2008	1314968/4	155,10	5,70	11,57	56,49	71,05
38	14-10-2008	1315333/1	163,30	5,81	12,23	54,47	72,39
39	14-10-2008	1315333/2	172,10	5,71	12,72	54,20	71,89
40	21-10-2008	1316424/1	148,50	5,79	11,86	54,80	71,03
41	21-10-2008	1316424/2	145,70	5,72	11,29	50,51	72,95
42	28-10-2008	1317153/1	155,10	5,77	12,42	58,63	72,43
43	29-10-2008	1317153/2	138,70	5,82	11,41	57,59	71,24
44	29-10-2008	1317153/3	159,60	5,69	13,44	59,19	72,73
45	29-10-2008	1317153/4	157,70	5,72	12,28	54,43	71,50
46	18-11-2008	1319165/1	165,90	5,78	11,92	55,87	75,98

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
47	18-11-2008	1319165/2	167,30	5,69	13,73	57,34	71,95
48	18-11-2008	1319165/3	170,80	5,79	13,21	58,31	72,26
49	18-11-2008	1319165/4	159,30	5,79	13,05	56,93	71,91
50	19-11-2008	1319165/5	148,00	5,70	13,13	56,17	71,07
51	19-11-2008	1319165/6	148,00	5,74	13,03	58,38	70,79
52	28-11-2008	1320378/1	166,00	5,72	13,90	54,99	72,00
53	28-11-2008	1320378/2	189,00	5,64	13,12	57,47	70,83
54	28-11-2008	1320378/3	141,40	5,71	12,23	53,67	71,79
55	28-11-2008	1320378/4	158,20	5,64	12,73	52,92	72,36
56	28-11-2008	1320378/5	147,30	5,77	12,36	53,38	72,15
57	28-11-2008	1320378/6	171,60	5,73	12,06	53,39	71,85
58	22-12-2008	1322960	132,80	5,76	12,46	57,29	70,05
59	07-01-2009	1323424 m	153,70	5,69	12,44	50,60	72,18
60	14-01-2009	1324213/1	143,90	5,73	13,27	53,92	71,27
61	14-01-2009	1324213/2	169,00	5,70	12,93	51,70	71,57
62	14-01-2009	1324213/3	159,40	5,72	13,78	51,30	71,88
63	14-01-2009	1324213/4	153,20	5,75	12,53	54,27	71,03
64	03-03-2009	1329259/1	176,70	5,77	13,08	53,53	71,55
65	03-03-2009	1329259/2	147,70	5,81	12,33	51,24	70,95
66	03-03-2009	1329259/3	140,30	5,85	12,62	49,50	71,01
67	16-03-2009	1330582	173,90	5,68	11,53	55,28	72,11
68	13-04-2009	1333063	157,50	5,70	13,17	51,27	70,60
69	13-04-2009	1333064	165,60	5,77	11,87	53,22	69,85
70	22-04-2009	1334474/1	149,30	5,74	11,58	56,16	70,53
71	22-04-2009	1334474/5	166,90	5,71	13,19	54,56	70,82
72	22-04-2009	1334475	153,70	5,72	12,50	56,13	70,64
73	07-05-2009	1336163	176,70	5,81	9,75	53,79	72,06
74	11-05-2009	1335889/1	158,70	5,53	12,90	52,74	70,05
75	11-05-2009	1335889/4	159,80	5,65	11,54	50,29	70,18
76	11-05-2009	1335889/6	166,80	5,67	13,00	55,34	71,41
77	19-05-2009	1337478	183,60	5,77	11,48	51,47	70,48
78	08-06-2009	1338753/1	145,30	5,81	11,53	55,94	70,70
79	08-06-2009	1338753/4	168,90	5,82	12,39	53,06	71,39
80	08-06-2009	1338753/6	157,80	5,75	11,21	53,54	70,93
81	24-06-2009	1340885/1	138,30	5,72	11,93	56,11	71,61
82	24-06-2009	1340885/5	170,40	5,85	13,71	56,11	71,82

III.6.2. Produto B

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
1	07-02-2008	1293243/2	170,30	6,47	9,00	63,75	77,25
2	07-02-2008	1293243/3	156,80	6,34	8,93	59,58	77,99
3	14-02-2008	1293770/1	164,20	6,37	8,43	56,87	79,72
4	14-02-2008	1293770/2	169,30	6,23	10,34	61,10	74,80
5	14-03-2008	1296176/1	185,10	6,30	9,86	56,16	76,54
6	14-03-2008	1296176/2	150,60	6,33	9,83	59,46	75,27
7	17-03-2008	1296309/1	160,00	6,37	10,67	53,35	72,75
8	18-03-2008	1296309/3	165,70	6,41	12,54	56,67	69,41
9	23-04-2008	1299422/1	190,90	6,31	9,73	59,07	75,66
10	23-04-2008	1299422/2	199,80	6,29	9,40	57,91	79,12
11	23-04-2008	1299422/3	146,90	6,30	9,47	57,50	76,78
12	09-05-2008	1301006	172,30	6,23	9,14	54,95	76,75
13	14-05-2008	1301544	173,10	6,28	10,10	56,72	74,93
14	04-06-2008	1303474/4	155,10	6,30	10,49	57,74	76,18
15	13-06-2008	1304289/1	149,60	6,37	9,73	58,09	75,22
16	13-06-2008	1304289/2	154,50	6,25	9,92	56,84	76,99
17	21-07-2008	1307647/1	158,40	6,32	9,47	58,13	75,25
18	21-07-2008	1307647/2	153,70	6,39	8,61	55,88	78,69
19	21-07-2008	1307647/3	159,40	6,36	8,28	58,04	78,84
20	04-08-2008	1308693	158,60	6,41	9,41	55,05	78,43
21	04-08-2008	1308694	146,50	6,45	10,30	55,69	74,99
22	04-08-2008	1308695	129,60	6,37	9,91	56,08	75,24
23	04-08-2008	1308696	133,30	6,31	9,80	58,51	77,19
24	04-08-2008	1308697	139,90	6,44	10,16	54,58	74,92
25	04-08-2008	1308698	154,50	6,39	9,26	57,14	78,08
26	04-08-2008	1308699	147,30	6,44	8,94	56,64	79,01
27	04-08-2008	1308700	133,60	6,36	9,88	55,70	74,60
28	21-08-2008	1310462/1	168,70	6,46	8,75	59,39	78,69
29	22-08-2008	1310462/2	160,40	6,44	8,21	58,81	79,83
30	22-08-2008	1310462/3	170,00	6,33	9,15	60,19	77,61
31	28-08-2008	1311012	147,40	6,42	8,57	57,36	78,12
32	28-08-2008	1311013	163,90	6,38	9,41	56,72	77,45
33	28-08-2008	1311015	138,80	6,46	9,84	56,17	76,05
34	28-08-2008	1311016	153,80	6,37	9,36	59,08	76,83
35	28-08-2008	1311017	149,40	6,39	10,12	58,09	75,47
36	28-08-2008	1311018	147,40	6,44	9,23	54,83	77,94
37	28-08-2008	1311019	145,10	6,41	8,62	54,31	78,52
38	09-10-2008	1315042/1	164,80	6,23	9,52	59,79	78,65
39	09-10-2008	1315042/2	158,50	6,31	8,23	59,00	79,11
40	09-10-2008	1315042/3	156,00	6,27	8,38	57,67	79,60
41	09-10-2008	1315042/4	151,90	6,24	8,99	57,33	78,46
42	13-10-2008	1315347	140,10	6,31	8,87	56,15	77,27
43	13-10-2008	1315348	165,10	6,26	8,87	57,14	78,44
44	13-10-2008	1315566/1	185,50	7,05	10,66	56,85	77,46
45	21-10-2008	1316422/1	142,60	6,37	9,92	52,80	75,25
46	21-10-2008	1316422/2	128,20	6,34	9,82	56,29	76,88
47	21-10-2008	1316422/3	160,10	6,39	10,53	58,55	76,02
48	21-10-2008	1316422/4	135,40	6,37	9,79	56,06	75,97
49	21-10-2008	1316422/5	146,10	6,33	9,19	52,92	77,45
50	21-10-2008	1316422/6	132,10	6,35	9,67	57,14	77,30
51	29-10-2008	1317013/1	164,40	6,32	9,87	55,47	76,06

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
52	29-10-2008	1317013/2	137,50	6,34	9,35	59,03	78,15
53	29-10-2008	1317013/3	143,20	6,30	9,58	60,54	77,55
54	29-10-2008	1317013/4	149,50	6,45	9,53	58,89	79,24
55	29-10-2008	1317154	128,70	6,27	11,85	64,41	78,07
56	05-11-2008	1317709/1	133,60	6,22	8,53	56,56	80,03
57	05-11-2008	1317709/2	147,60	6,32	8,29	57,23	76,79
58	05-11-2008	1317709/3	139,70	6,26	9,32	57,56	80,18
59	05-11-2008	1317709/4	156,60	6,39	9,08	55,34	79,13
60	05-11-2008	1317709/5	141,30	6,22	8,53	54,84	78,54
61	05-11-2008	1317709/6	146,70	6,29	8,53	57,56	79,85
62	02-12-2008	1320474/1	101,60	6,37	9,06	59,05	77,26
63	02-12-2008	1320474/2	129,30	6,43	10,24	58,08	77,56
64	02-12-2008	1320474/3	141,40	6,40	9,08	55,68	79,20
65	02-12-2008	1320474/4	145,40	6,39	9,30	56,04	78,60
66	09-12-2008	1321771/1	147,70	6,28	9,63	54,41	76,87
67	10-12-2008	1321771/2	145,30	6,33	9,67	54,93	77,16
68	10-12-2008	1321771/3	170,30	6,37	9,41	55,89	77,60
69	10-12-2008	1321771/4	146,90	6,33	9,12	56,12	77,19
70	10-12-2008	1321771/5	154,50	6,30	9,69	54,75	77,83
71	10-12-2008	1321771/6	172,40	6,40	9,63	54,09	77,50
72	18-12-2008	1322652/1	160,60	6,33	8,87	58,77	79,07
73	18-12-2008	1322652/2	188,90	6,30	8,59	57,01	79,66
74	18-12-2008	1322652/3	158,20	8,32	9,66	57,12	78,50
75	18-12-2008	1322652/4	168,50	6,28	8,67	56,55	79,87
76	18-12-2008	1322652/5	140,10	6,35	9,18	55,33	82,60
77	18-12-2008	1322652/6	161,50	6,24	7,98	54,75	77,43
78	19-01-2009	1324791/1	168,10	6,21	9,76	57,03	75,32
79	19-01-2009	1324791/2	141,50	6,31	8,27	56,37	79,01
80	19-01-2009	1324791/3	156,10	6,35	9,78	57,37	74,69
81	17-02-2009	1327888/1 i	137,70	6,23	8,91	53,86	77,60
82	17-02-2009	1327888/1 m	143,00	6,29	10,30	58,65	74,61
83	17-02-2009	1327888/2	166,00	6,20	10,23	57,48	75,10

III.6.3. Produto C

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
1	1293246	09-02-2008	206,50	6,77	14,16	59,81	74,76
2	1293248 m	08-02-2008	181,10	6,84	14,66	61,46	75,00
3	1293248 f	08-02-2008	180,40	6,81	14,10	61,46	75,00
4	1296178/1	17-03-2008	181,60	6,83	15,05	60,63	75,37
5	1296178/2	17-03-2008	170,40	6,72	14,47	58,65	75,82
6	1296178/3	17-03-2008	172,30	6,71	14,18	57,69	75,72
7	1300007/1	09-05-2008	156,80	6,69	13,52	57,00	75,28
8	1300007/2	09-05-2008	182,70	6,80	13,60	59,87	76,37
9	1301703/1	14-05-2008	189,40	6,68	13,79	56,09	75,48
10	1301703/2	14-05-2008	235,31	6,85	13,47	55,43	75,34
11	1304432/3	17-06-2008	180,10	6,76	13,76	59,35	76,04
12	1304432/4	17-06-2008	200,80	6,69	13,85	57,63	75,32
13	1304432/1	17-06-2008	218,40	6,81	14,31	59,51	76,35
14	1304432/2	17-06-2008	199,70	6,72	13,91	59,98	75,07
15	1305871	30-06-2008	189,30	7,10	14,44	60,56	75,66
16	1305848/1	01-07-2008	221,80	6,84	13,03	56,55	76,32
17	1307355/1	16-07-2008	182,50	6,78	13,26	56,08	74,95
18	1307355/2	17-07-2008	212,70	6,76	13,73	58,45	75,75
19	1307355/3	17-07-2008	200,90	6,79	13,79	59,34	75,23
20	1307639	21-07-2008	175,00	6,69	14,47	56,87	74,84
21	1307640	21-07-2008	196,00	6,78	13,65	54,71	75,99
22	1307641	22-07-2008	167,60	6,81	14,31	59,24	75,36
23	1307642	22-07-2008	187,30	6,73	14,22	58,66	75,36
24	1307643	22-07-2008	192,70	6,80	14,62	60,11	75,04
25	1307644	22-07-2008	218,70	6,82	13,78	57,04	76,37
26	1313660/2	23-09-2008	175,30	6,70	14,05	57,38	75,56
27	1313660/3	23-09-2008	180,20	6,76	13,83	54,63	76,63
28	1313660/4	23-09-2008	186,10	6,69	14,01	59,80	75,43
29	1313660/5	23-09-2008	225,40	6,83	14,18	58,76	75,88
30	1314435/1	01-10-2008	198,00	6,75	14,29	58,34	74,82
31	1314435/2	01-10-2008	171,30	6,82	14,82	58,26	75,23
32	1314435/3	01-10-2008	210,20	6,70	14,28	58,84	74,61
33	1314435/4	01-10-2008	197,60	6,71	14,30	56,92	74,85
34	1315043/1	09-10-2008	215,30	6,71	13,99	59,39	75,11
35	1315043/2	09-10-2008	220,00	6,79	13,88	59,59	75,25
36	1315043/3	09-10-2008	168,10	6,72	13,95	59,35	75,20
37	1316423/1	21-10-2008	156,40	6,71	12,76	55,88	76,35
38	1316423/2	21-10-2008	152,30	6,77	13,62	56,25	74,91
39	1316423/3	21-10-2008	161,50	6,77	13,48	59,10	75,82
40	1317711/1	05-11-2008	223,20	6,90	13,90	58,24	76,19
41	1317711/2	05-11-2008	186,10	6,83	13,18	57,60	76,51
42	1317711/3	05-11-2008	171,20	6,82	13,24	57,33	75,77
43	1320475/1	02-12-2008	152,30	6,77	13,95	58,13	76,84
44	1320475/2	02-12-2008	174,80	6,79	13,09	50,17	76,00
45	1320475/3	02-12-2008	185,00	6,82	13,60	55,39	76,19
46	1322141/1	15-12-2008	150,88	6,70	13,90	56,41	75,15
47	1322141/2	15-12-2008	161,10	6,78	13,92	58,56	75,58
48	1322141/3	15-12-2008	175,30	6,77	13,83	59,54	75,42
49	1323340/1 i	05-01-2009	102,90	6,82	12,80	62,86	74,25
50	1323340/1	05-01-2009	159,40	6,76	13,86	61,00	75,83
51	1323340/2	05-01-2009	174,80	6,73	14,13	58,04	75,88

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
52	1323340/3	05-01-2009	158,30	6,76	14,32	59,83	75,13
53	1323340/3 f	05-01-2009	186,30	6,86	13,99	59,46	74,36
54	1325182/1	27-01-2009	185,50	6,72	14,67	60,37	75,34
55	1325182/2	27-01-2009	165,30	6,83	14,16	61,77	75,22
56	1325182/3	27-01-2009	158,20	6,79	14,17	60,46	75,36
57	1325182/4	27-01-2009	167,90	6,82	14,07	58,64	75,65
58	1328013/1	17-02-2009	177,90	6,76	13,76	58,51	76,16
59	1328013/2	17-02-2009	180,20	6,72	14,04	58,18	75,17
60	1328013/3	17-02-2009	177,40	6,76	14,01	57,32	74,89
61	1330343	16-03-2009	150,84	6,46	13,53	62,36	74,59
62	1330343/2	16-03-2009	155,30	6,86	13,24	60,55	75,35
63	1330343/3	16-03-2009	197,30	6,83	13,47	56,78	75,82
64	1330343/4	16-03-2009	181,70	6,75	13,37	59,03	75,96
65	1331655/1	30-03-2009	162,70	6,80	14,44	59,67	74,00
66	1331655/4	30-03-2009	164,00	6,69	14,21	59,45	74,87
67	1336779/1	15-05-2009	162,20	6,74	13,55	59,97	75,51
68	1336779/3	15-05-2009	200,70	6,84	13,69	57,40	76,38
69	1336779/5	15-05-2009	218,90	6,87	14,01	60,49	75,53
70	1340553/1	22-06-2009	166,30	6,72	13,78	55,34	74,34
71	1340553/4	22-06-2009	194,50	6,84	15,11	58,76	74,19
72	1334841/1	26-06-2009	183,40	6,79	14,21	57,80	75,30
73	1334841/5	26-06-2009	185,90	6,72	13,92	58,04	75,52
74	1344168/6	20-08-2009	180,90	6,68	13,48	57,57	75,08
75	1346401/1	20-08-2009	201,60	6,82	14,14	58,28	75,74
76	1346401/2	20-08-2009	182,20	6,84	13,26	57,39	74,86
77	1347906/1	08-09-2009	183,90	6,73	14,25	58,34	75,85
78	1347906/3	08-09-2009	193,50	6,81	13,24	60,02	76,12
79	---	10-09-2009	170,30	6,76	14,02	58,99	74,88
80	---	10-09-2009	189,70	6,74	14,81	61,27	74,93
81	---	10-09-2009	212,40	6,81	---	58,42	---
82	---	11-09-2009	---	6,73	---	---	---

III.6.4. Produto D

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
1	13-02-2008	1293767/3	166,10	6,78	1,64	33,40	74,87
2	02-04-2008	1297185/2	230,30	6,89	1,56	32,95	75,36
3	02-04-2008	1297185/3	243,20	6,82	1,46	33,33	74,32
4	15-04-2008	1298356/1	193,40	6,75	1,41	33,18	75,16
5	15-04-2008	1298356/2	173,20	6,76	1,57	31,27	75,73
6	15-04-2008	1298356/3	180,40	6,80	1,61	32,65	75,18
7	22-04-2008	1299204/1	189,50	6,91	1,38	33,52	74,89
8	22-04-2008	1299204/2	206,20	6,86	1,24	32,96	74,47
9	22-04-2008	1299204/3	193,80	6,84	1,57	32,96	73,65
10	22-04-2008	1299243/1	184,60	6,87	1,31	32,71	74,31
11	22-04-2008	1299243/2	213,20	6,89	1,14	29,96	74,57
12	22-04-2008	1299243/3	213,90	6,85	1,24	32,96	74,47
13	05-05-2008	1300086/1	217,90	6,77	1,55	32,93	74,12
14	05-05-2008	1300086/2	224,60	6,79	1,42	33,63	75,43
15	06-05-2008	1300086/3	195,10	6,83	1,25	33,66	74,58
16	08-05-2008	1300996/1	199,10	6,73	1,47	31,73	73,31
17	08-05-2008	1300996/2	213,60	6,77	1,57	30,87	74,10
18	08-05-2008	1300996/3	225,80	6,76	1,28	32,57	74,37
19	25-06-2008	1305219/1	181,80	7,11	1,35	34,28	74,80
20	25-06-2008	1305219/2	200,10	7,12	1,55	33,92	74,95
21	25-06-2008	1305219/3	215,30	7,03	1,44	33,07	74,89
22	25-06-2008	1305219/4	189,10	7,02	1,50	31,25	75,50
23	25-06-2008	1305219/5	175,70	7,00	1,71	33,67	74,85
24	25-06-2008	1305219/6	175,20	7,01	1,55	33,60	74,73
25	07-07-2008	1306441/1	219,90	6,85	1,38	34,94	75,56
26	07-07-2008	1306441/2	223,20	6,82	1,41	33,04	75,73
27	07-07-2008	1306441/3	268,00	6,83	1,62	29,94	74,24
28	07-07-2008	1306441/4	241,40	6,86	1,51	31,81	75,30
29	07-07-2008	1306441/5	272,00	6,87	1,29	31,81	76,40
30	07-07-2008	1306441/6	241,60	6,81	1,53	31,26	75,84
31	10-07-2008	1306823/1	220,30	6,90	1,48	33,38	74,85
32	10-07-2008	1306823/2	199,60	6,77	1,30	34,79	73,96
33	10-07-2008	1306823/3	215,10	6,91	1,32	33,96	75,61
34	14-07-2008	1306823/4	233,30	6,85	1,36	32,56	74,83
35	14-07-2008	1306823/5	250,20	6,85	1,46	32,69	74,05
36	15-07-2008	1306823/6	213,60	6,88	1,22	32,93	74,88
37	24-07-2008	1308143	197,60	6,87	1,26	33,19	76,89
38	24-07-2008	1308144	179,70	6,90	1,31	32,42	75,29
39	24-07-2008	1308145	238,30	6,79	1,34	33,87	75,29
40	24-07-2008	1308146	211,70	6,80	1,34	33,87	75,23
41	24-07-2008	1308147	210,40	6,79	1,23	30,98	75,69
42	25-07-2008	1308148	220,40	6,85	1,45	33,01	74,83
43	04-08-2008	1308617	229,50	6,88	1,27	33,84	75,31
44	04-08-2008	1308620	202,30	6,83	1,46	32,69	75,16
45	04-08-2008	1308621	213,00	6,91	1,40	31,59	74,07
46	04-08-2008	1308623	170,90	6,77	1,18	30,59	75,12
47	04-08-2008	1308625	206,00	6,88	1,43	33,30	75,11
48	04-08-2008	1308626	226,10	6,90	1,33	32,56	75,28
49	20-08-2008	1310460/1	252,50	6,84	1,22	33,19	73,77
50	20-08-2008	1310460/2	212,00	6,83	1,24	33,03	75,44
51	20-08-2008	1310460/3	190,80	6,81	1,51	32,60	75,22

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
52	28-08-2008	1311004	200,10	6,89	1,41	32,96	74,81
53	28-08-2008	1311005	237,30	6,87	1,65	31,34	75,40
54	28-08-2008	1311006	220,70	6,84	1,38	33,55	74,88
55	28-08-2008	1311008	195,40	6,87	1,63	32,34	75,40
56	28-08-2008	1311009	238,90	6,81	1,37	33,27	79,92
57	28-08-2008	1311010	238,20	6,89	1,21	32,24	75,27
58	16-09-2008	1312900/1	178,30	6,78	1,43	32,21	73,25
59	16-09-2008	1312900/2	209,70	6,76	1,23	30,82	74,73
60	01-10-2008	1314492/1	171,70	6,80	1,62	33,20	73,83
61	01-10-2008	1314492/2	180,70	6,85	1,59	31,94	67,71
62	01-10-2008	1314492/3	227,70	6,88	1,43	33,14	74,31
63	01-10-2008	1314494	174,50	6,77	1,29	29,94	73,24
64	02-10-2008	1314700/1	194,10	6,80	1,61	32,10	74,56
65	02-10-2008	1314700/2	196,20	6,80	1,56	31,12	75,22
66	02-10-2008	1314700/3	208,60	6,77	1,59	30,29	73,23
67	02-10-2008	1314700/4	198,80	6,78	1,45	33,12	74,38
68	02-10-2008	1314700/5	201,20	6,83	1,49	32,52	73,87
69	15-10-2008	1315901/1	212,30	6,77	1,27	31,02	75,53
70	15-10-2008	1315901/2	210,90	6,82	1,28	32,00	74,49
71	15-10-2008	1315901/3	231,10	6,75	1,33	34,06	74,24
72	20-10-2008	1314700/6	197,80	6,90	1,52	30,55	73,91
73	22-10-2008	1316599	190,60	6,84	1,64	34,18	75,43
74	22-10-2008	1316600	190,90	6,75	1,58	30,61	75,72
75	22-10-2008	1316601	215,50	6,79	1,66	31,56	74,49
76	22-10-2008	1316602	202,90	6,87	1,49	32,21	75,03
77	22-10-2008	1316603	200,70	6,71	1,45	32,54	74,11
78	27-10-2008	1317009/1	217,20	6,77	1,60	31,02	76,08
79	27-10-2008	1317009/2	212,40	6,81	1,27	33,07	75,53
80	27-10-2008	1317009/3	231,60	6,89	1,36	32,77	75,12
81	27-10-2008	1317009/4	219,70	6,76	1,58	30,58	76,08
82	27-10-2008	1317009/5	231,30	6,83	1,51	32,98	74,80
83	03-11-2008	1317687/4	189,10	6,79	1,40	33,31	74,85
84	03-11-2008	1317687/5	178,60	6,78	1,61	33,34	74,38
85	05-11-2008	1317687/1	189,90	6,85	1,37	32,54	75,20
86	05-11-2008	1317687/2	186,80	6,84	1,42	32,92	75,01

III.6.5. Produto E

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
1	02-07-2008	1305983/3	157,00	5,79	13,72	56,94	71,13
2	21-08-2008	1310618	198,40	5,87	13,06	58,36	69,77
3	19-09-2008	1313341/2	222,60	5,75	12,54	53,93	70,25
4	19-09-2008	1313341/3	192,70	5,77	13,08	57,89	71,48
5	19-09-2008	1313341/4	211,30	5,71	14,96	59,21	69,75
6	19-09-2008	1313341/5	233,60	5,81	12,33	47,81	72,80
7	19-09-2008	1313341/6	222,40	5,86	12,61	50,37	71,47
8	23-09-2008	1313661/1	195,00	5,78	12,45	54,16	72,46
9	23-09-2008	1313661/2	208,70	5,87	13,17	52,44	70,90
10	01-10-2008	1314514 i	213,30	5,87	12,27	45,97	65,81
11	01-10-2008	1314514 m	210,90	5,88	12,44	50,43	69,82
12	01-10-2008	1314514 f	294,30	5,74	14,75	61,02	70,69
13	01-10-2008	1314536 i	192,70	5,86	12,33	52,13	71,80
14	01-10-2008	1314536 m	220,00	5,85	13,62	50,80	71,16
15	01-10-2008	1314536 f	206,60	5,87	13,03	56,23	69,92
16	01-10-2008	1314537	190,80	5,91	13,01	45,84	66,53
17	03-10-2008	1314884	221,00	5,80	12,83	55,20	75,00
18	03-10-2008	1314891/1	215,30	5,83	12,79	52,11	71,17
19	03-10-2008	1314891/2	231,70	5,83	12,54	51,11	69,86
20	03-10-2008	1314891/3	187,30	5,83	13,08	55,37	72,81
21	03-10-2008	1314891/4	210,80	5,82	12,16	50,69	71,91
22	03-10-2008	1314795/1	220,70	5,90	11,91	52,96	74,34
23	03-10-2008	1314795/2	207,40	5,84	12,69	48,54	70,53
24	03-10-2008	1314795/3	230,80	5,95	12,00	49,10	71,78
25	03-10-2008	1314795/4	222,50	5,80	13,20	56,19	70,33
26	13-10-2008	1315285/1	189,10	5,89	12,52	49,76	72,01
27	13-10-2008	1315285/2	208,10	5,92	12,69	54,31	69,90
28	13-10-2008	1315285/3	211,70	5,85	12,54	48,92	72,67
29	13-10-2008	1315285/4	201,40	5,83	12,93	53,48	71,02
30	13-10-2008	1315332/1	200,80	5,75	12,69	49,01	69,98
31	13-10-2008	1315332/2	200,20	5,86	12,73	48,64	70,08
32	16-10-2008	1316133/1	190,50	5,79	13,30	57,77	71,14
33	16-10-2008	1316133/2	206,10	5,90	13,48	53,93	69,76
34	28-10-2008	1317015/1	186,70	5,81	13,06	62,21	72,58
35	28-10-2008	1317015/2	175,90	5,82	12,87	60,12	73,19
36	03-11-2008	1317587/1 i	189,50	5,78	12,61	56,05	73,08
37	03-11-2008	1317587/1 m	188,60	5,75	12,84	55,59	72,94
38	03-11-2008	1317587/1 f	207,90	5,82	12,94	59,74	71,84
39	03-11-2008	1317587/2	212,80	5,83	12,73	58,12	73,48
40	03-11-2008	1317587/3	207,00	5,83	12,84	54,50	73,24
41	03-11-2008	1317587/6	209,90	5,78	12,24	55,96	73,67
42	04-11-2008	1317590 i	194,50	5,85	12,47	61,67	73,90
43	04-11-2008	1317590 m	173,20	5,80	12,55	58,14	71,62
44	04-11-2008	1317590 f	184,10	5,75	12,87	56,59	73,05
45	04-11-2008	1317591	194,50	5,85	12,47	61,67	73,90
46	05-11-2008	1317587/4	207,20	5,78	12,43	56,67	74,03
47	05-11-2008	1317587/5	208,70	5,84	11,78	52,92	71,65
48	14-11-2008	1318631/1	175,90	5,91	12,59	61,28	74,56
49	14-11-2008	1318631/2	195,20	5,93	11,93	58,06	71,75
50	28-11-2008	1320373/1	157,30	5,81	12,74	52,09	73,18
51	28-11-2008	1320373/2	190,50	5,86	12,29	56,59	72,31

N.º	Data	Lote	Textura	pH	a*	b*	L*
52	28-11-2008	1320373/3	205,80	5,80	11,70	55,86	73,03
53	28-11-2008	1320373/4	184,30	5,84	12,09	52,96	70,64
54	28-11-2008	1320373/5	203,30	5,84	12,34	54,40	74,12
55	28-11-2008	1320373/6	190,50	5,83	12,06	51,03	72,22
56	28-11-2008	1320374/1	203,00	5,85	13,36	52,78	73,02
57	28-11-2008	1320374/2	191,90	5,91	12,87	54,51	74,19
58	03-12-2008	1320763/1	158,00	5,79	11,72	59,90	74,01
59	03-12-2008	1320763/2	173,90	5,81	12,59	58,44	71,52
60	03-12-2008	1320763/3	179,30	5,81	11,80	56,05	74,26
61	03-12-2008	1320763/4	214,40	5,75	12,09	56,56	73,18
62	03-12-2008	1320763/5	186,00	5,80	12,28	56,41	74,48
63	03-12-2008	1320763/6	173,90	5,81	12,68	54,95	73,02
64	04-12-2008	1321423	184,80	6,00	13,54	52,25	72,16
65	18-12-2008	1322846/1	177,50	5,74	12,32	58,19	74,58
66	18-12-2008	1322846/2	218,10	5,76	12,38	56,63	73,08
67	22-12-2008	1322896	173,70	5,87	12,31	54,44	74,35
68	12-01-2009	1324004/1	186,20	5,81	12,55	63,99	71,27
69	12-01-2009	1324004/2	166,10	5,84	12,66	55,55	73,02
70	13-01-2009	1324211	176,00	5,88	13,60	59,92	70,43
71	27-01-2009	1325347/1	195,90	5,83	12,49	52,97	73,58
72	27-01-2009	1325347/2	207,30	5,82	12,20	48,35	72,04
73	27-01-2009	1325347/3	197,90	5,86	12,83	55,80	71,38
74	27-01-2009	1325347/4	202,10	5,85	11,83	47,84	72,17
75	27-01-2009	1325347/5	205,30	5,89	12,46	49,23	72,54
76	27-01-2009	1325347/6	202,40	5,87	12,36	51,24	72,95
77	30-01-2009	1326430	172,90	5,79	13,59	61,92	70,26
78	16-02-2009	1327764/1	198,80	5,74	12,38	51,10	73,14
79	16-02-2009	1327764/2	206,10	5,77	13,32	55,10	72,33
80	03-03-2009	1329228/1	183,80	5,89	12,89	56,11	70,87
81	03-03-2009	1329228/2	194,90	5,93	13,45	61,31	70,93
82	03-03-2009	1329228/3	191,00	5,75	13,52	63,00	72,17

Simbologia e Notações

A_1, A_2, A_3	Factores para construção das cartas de controlo de variáveis
$Arctan$	Arco tangente
ASAE	Autoridade Segurança Alimentar e Económica
a^*	Parâmetro da cor (Coordenada colorimétrica)
BRC	<i>British Retail Consortium</i>
B_3, B_4, B_5, B_6	Factores para construção das cartas de controlo de variáveis
b^*	Parâmetro da cor (Coordenada colorimétrica)
c	Número de defeitos
c_4	Factor para construção das cartas de controlo de variáveis
C_p	Índice de capacidade potencial do processo
C_{pk}	Índice de capacidade do processo
$(C_{pk})_I, (C_{pk})_S$	Índice C_{pk} inferior ou superior
C_{pM}	Índice de capacidade potencial multivariado
CS	Carta de controlo de Shewhart
C^*	Saturação
d	Estatística de Kolmogorov-Smirnov
D_1, D_2, D_3, D_4	Factores para construção das cartas de controlo de variáveis
d_2, d_3	Factores para construção das cartas de controlo de variáveis
$D_{Crítico}$	Valor crítico do teste de Kolmogorov-Smirnov
d_i	Estatística para determinar se a variável i é responsável pela situação de fora de controlo da carta T^2
d_{ij}	Diferença entre X_{ij} (\bar{X}_{ij}) e o valor alvo
E^*	Luminosidade
FEFO	" <i>First Expired, First Out</i> "
$F_{\alpha;v_1,v_2}$	Percentil à direita, para uma probabilidade α , da distribuição de Fisher com v_1 e v_2 graus de liberdade
H^*	Tonalidade
HACCP	" <i>Hazard Analysis of Critical Control Points</i> "
ISO	" <i>International Organization for Standardization</i> "
LC	Linha central

LI	Índice de capacidade multivariado, que analisa a localização das regiões definidas pela especificação e pelo processo
LIC, LSC	Limite inferior ou superior de controlo
LIE, LSE	Limite inferior ou superior da especificação
LIP, LSP	Limites inferior ou superior do processo
Log	Logaritmo de base 10
L^*	Parâmetro da cor (Coordenada colorimétrica)
m	Unidade de comprimento (Metro)
m	Número de amostras
M	Valor médio da especificação (para especificações simétricas $M = T$)
mm	Unidade de comprimento (Milímetro)
MR	Amplitude móvel
\overline{MR}	Média de amplitudes móveis
n	Dimensão da amostra
N	Número de dados (observações individuais)
$N(\mu, \sigma^2)$	Distribuição Normal com média μ e variância σ^2
np	Número de unidades não conforme
$N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$	Distribuição Normal multivariada com vector média $\boldsymbol{\mu}$ e matriz das covariâncias \mathbf{K}
p	Proporção de unidades não conforme; também número de características da qualidade para o controlo multivariado do processo
PCC	Ponto Crítico de Controlo
$PDCA$	Planear, Desenvolver, Controlar, Actuar
PLC	"Programmable Logic Controller"
PPR	Programa Pré-Requisito
PV	Índice de capacidade multivariado, que compara as localizações dos vectores $\boldsymbol{\mu}$ e \mathbf{T}
R	Amplitude amostral
\overline{R}	Média de amplitudes de amostras
s	Desvio padrão amostral
\mathbf{S}	Matriz das covariâncias amostrais
$ \mathbf{S} $	Determinante da matriz \mathbf{S}
s^2	Variância amostral
$\overline{s^2}$	Média de variâncias de amostras
s_i^2	Variância da amostra i
s_j^2	Variância de m observações, para a característica j
\overline{s}	Média de desvios padrão de amostras
SAP	Software de Gestão de Negócios

SCL	Limite de controlo das cartas de Shewhart
SGS	« <i>Société Generale Surveillance</i> »
\mathbf{S}_i	Matriz das covariâncias da amostra i
$ \mathbf{S}_i $	Determinante da matriz \mathbf{S}_i
s_{jh}	Média das covariâncias de amostra entre as características j e h ; também covariância amostral entre as características j e h
SPC	Controlo Estatístico do Processo
T	Valor nominal do processo; também raiz quadrada da estatística multivariada T^2
\mathbf{T}	Vector dos valores nominais das p características da qualidade
t_0	Valor da estatística amostral de <i>t-Student</i>
T^2	Estatística multivariada de Hotteling
T_j	Valor nominal do processo referente ao produto j ou à característica da qualidade j
TQM	" <i>Total Quality Management</i> " (Gestão pela Qualidade Total)
u	Número de defeitos por unidade
Valor p	Probabilidade à direita do percentil
$Var(X)$	Variância referente à característica da qualidade X
W	Variável adimensional da amplitude (desvio padrão ou amplitude móvel)
X	Característica da qualidade
\mathbf{X}	Vector constituído pelos valores das p variáveis
$\bar{\mathbf{X}}$	Vector média amostral
\bar{X}	Média amostral
\bar{X}_j	Média de m observações para a característica da qualidade j
\bar{X}_{jk}	Média da amostra k para a característica da qualidade j
$\bar{\mathbf{x}}$	Vector média amostral
$\bar{\bar{X}}_j$	Média das médias de amostra para a característica da qualidade j
\bar{X}_{ij}	Média da amostra i referente ao produto j
$\bar{\bar{X}}$	Média de médias de amostras
X_i	Observação da característica da qualidade X no instante i
$\mathbf{X}_{i,j}$	Vector relativo às observações j da amostra i
\hat{X}_i	Previsão do valor de X no período i
X_{ij}	Observação i referente ao produto j
X_{jk}	Observação k relativa à característica da qualidade j
\mathbf{X}_k	Vector média, no instante k , constituído pelas p médias de amostras
X_t	Valor da característica da qualidade X no instante t
Z_{\min}	Menor dos valores Z_{LIE} e Z_{LSE}
Z_{ij}	Valor adimensional de X_{ij} (ou \bar{X}_{ij})

α	Nível de significância, risco do produtor
α_j	Nível de significância para a característica j
$\beta_{\alpha;p/2,(m-p-1)/2}$	Percentil à direita, para uma probabilidade α , da distribuição β com parâmetros $p/2$ e $(m-p-1)/2$
χ^2	Estatística do Qui-Quadrado
χ_0^2	Valor da estatística amostral do χ^2
$\chi_{\alpha;v}^2$	Percentil à direita, para uma probabilidade α , da distribuição do Qui-Quadrado com v graus de liberdade
μ	Média do processo
$\boldsymbol{\mu}$	Vector média do processo
μ_0	Média do processo no instante inicial $t = 0$
$\boldsymbol{\mu}_0$	Vector média inicial do processo
$\hat{\mu}$	Média do processo estimada
μ_j	Média do processo referente ao produto j ou à característica da qualidade j
μ_{MR}	Média da distribuição de amplitudes móveis
μ_R	Média da distribuição de amplitudes de amostras
μ_s	Média da distribuição de desvios padrão de amostras
v	Número de graus de liberdade
σ	Desvio padrão do processo
σ_0	Desvio padrão do processo no instante inicial $t = 0$
σ^2	Variância do processo
$\hat{\sigma}$	Valor estimado do desvio padrão do processo
Σ_i	Matriz das covariâncias que se obtém desprezando a coluna i e linha i da matriz Σ
σ_j	Desvio padrão do processo referente ao produto j ou à característica da qualidade j
σ_{jh}	Covariância do processo entre as características j e h
σ_{MR}	Desvio padrão da distribuição de amplitudes móveis
σ_p	Desvio padrão dos erros de previsão
σ_R	Desvio padrão da distribuição de amplitudes de amostras
σ_s	Desvio padrão da distribuição de desvios padrão de amostras
$\sigma_{\bar{X}}$	Desvio padrão da distribuição de médias de amostras
ω_i	Estatística amostral determinada no instante i

ANEXO IV

CONTROLO ESTATÍSTICO UNIVARIADO DO PROCESSO – FASE 2

- **Cartas de Controlo *Z/W***

Anexo IV. Controlo Estatístico Univariado do Processo – Fase 2

IV.1. Cartas de Controlo Z/W

Limites da Carta Z		
LIC	LC	LSC
-3	0	3

Limites da Carta W		
LIC	LC	LSC
0	1	3,267

$$d_2 = 1,13$$

$$D_3 = 0$$

$$D_4 = 3,267$$

IV.1.1. Textura

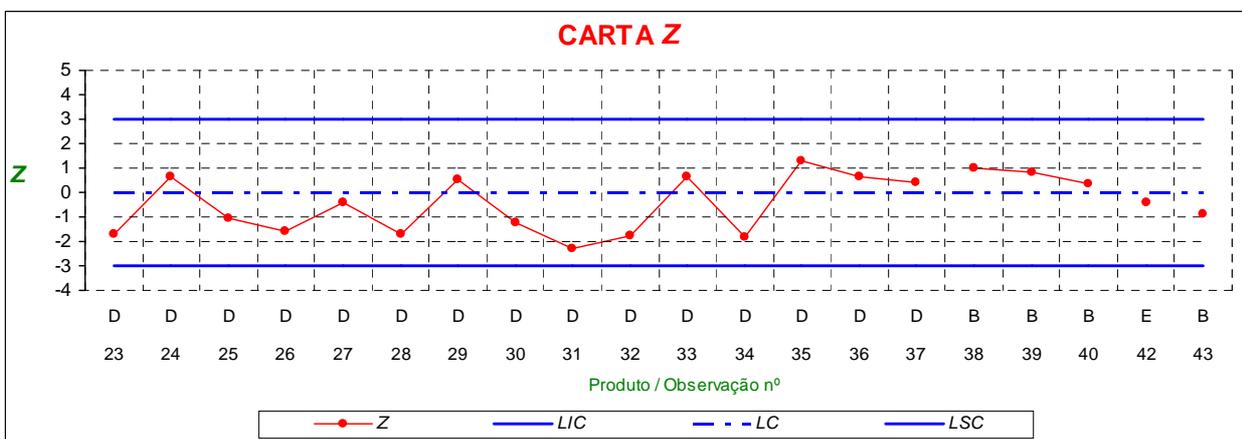
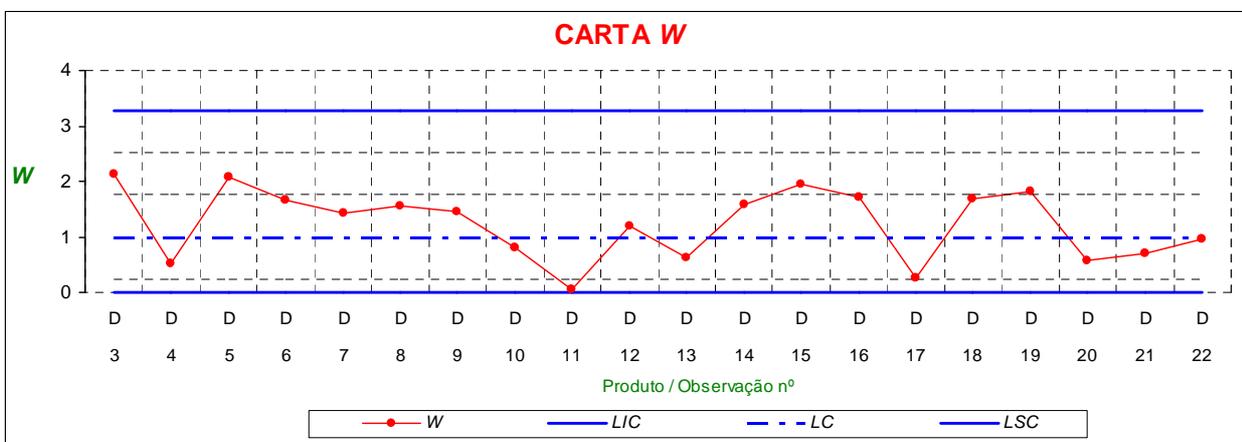
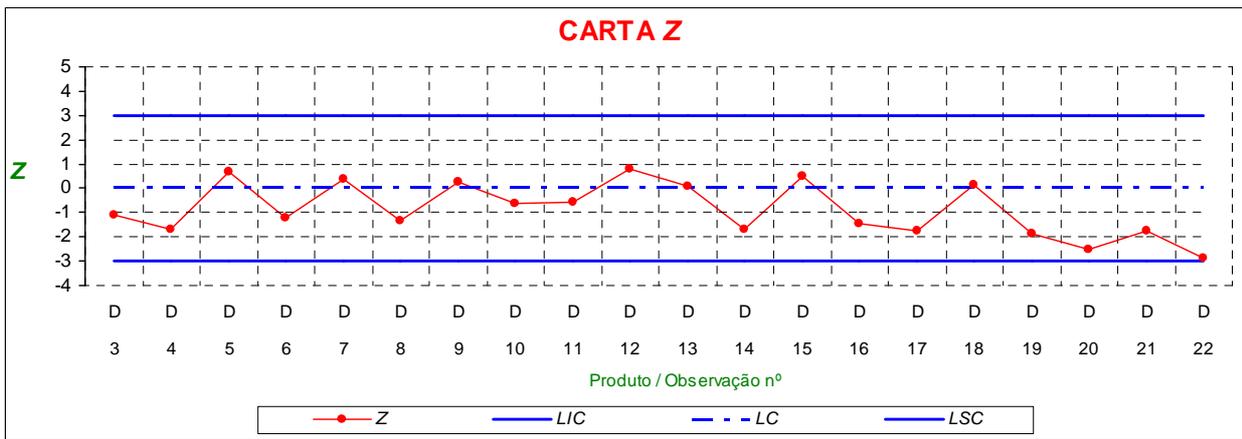
Quadro IV.1 – Especificações para a textura dos cinco produtos.

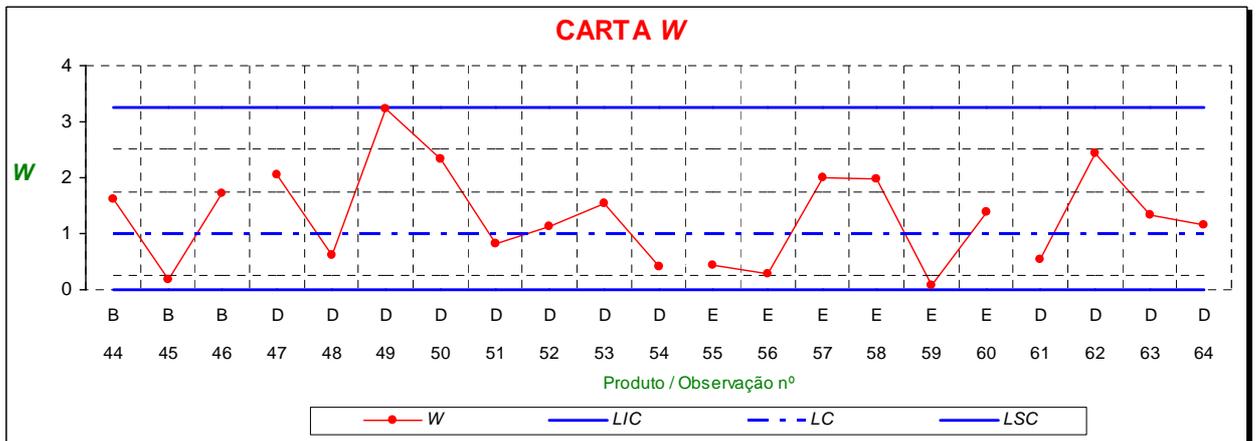
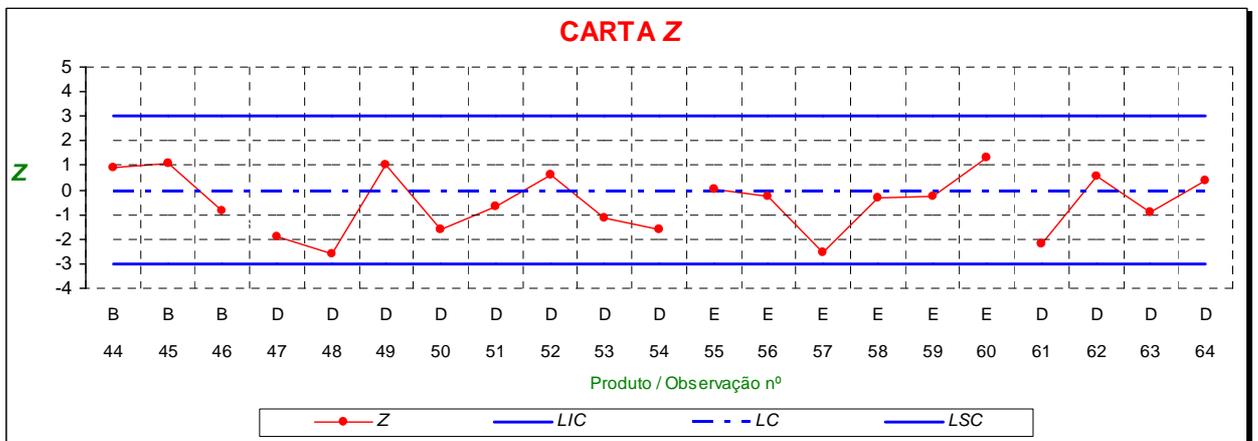
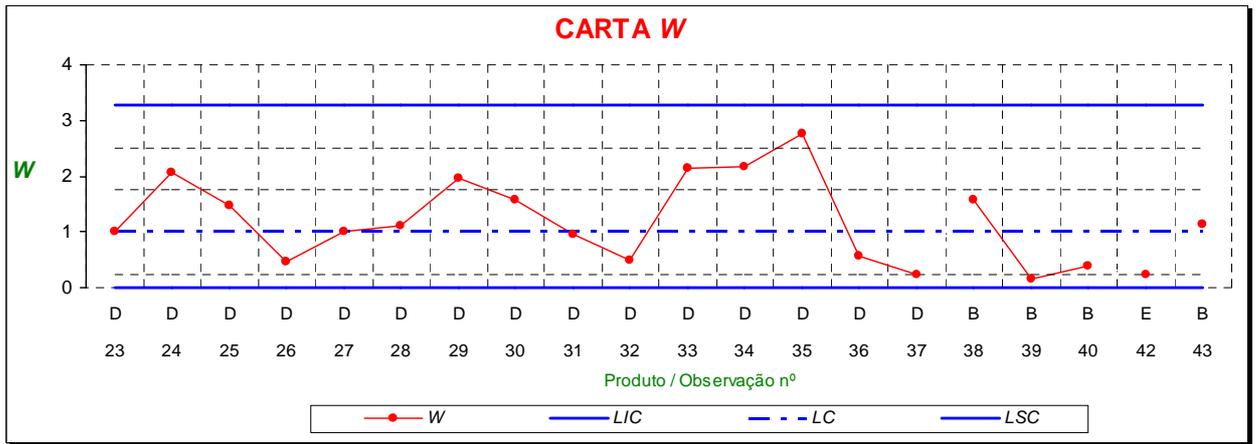
Produto	LIE	LSE
A	105,00	225,00
B	90,00	210,00
C	110,00	260,00
D	135,00	285,00
E	135,00	265,00

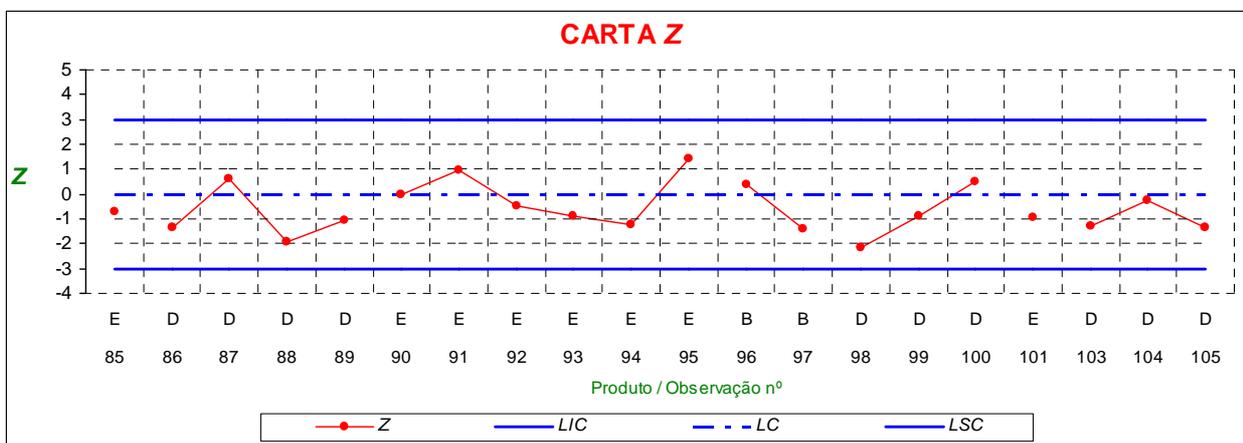
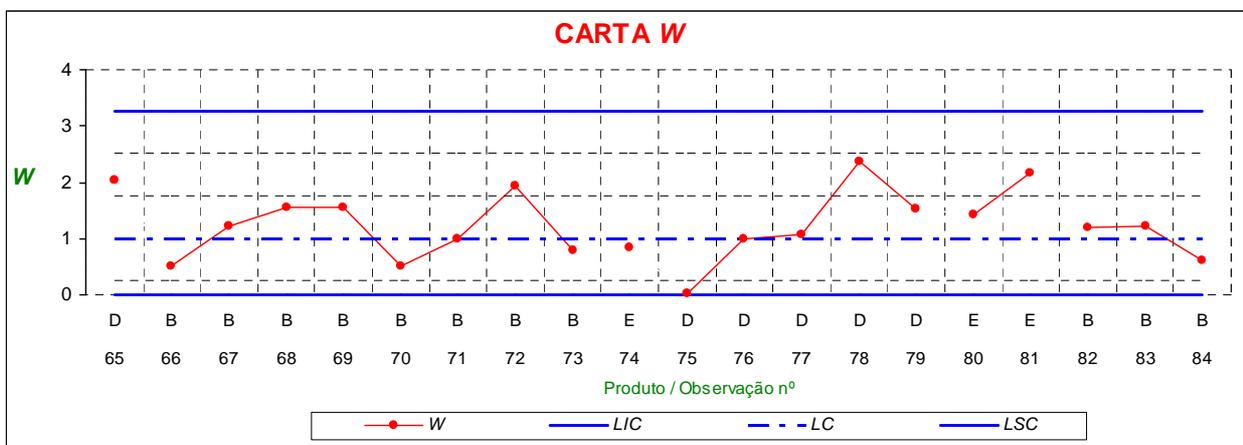
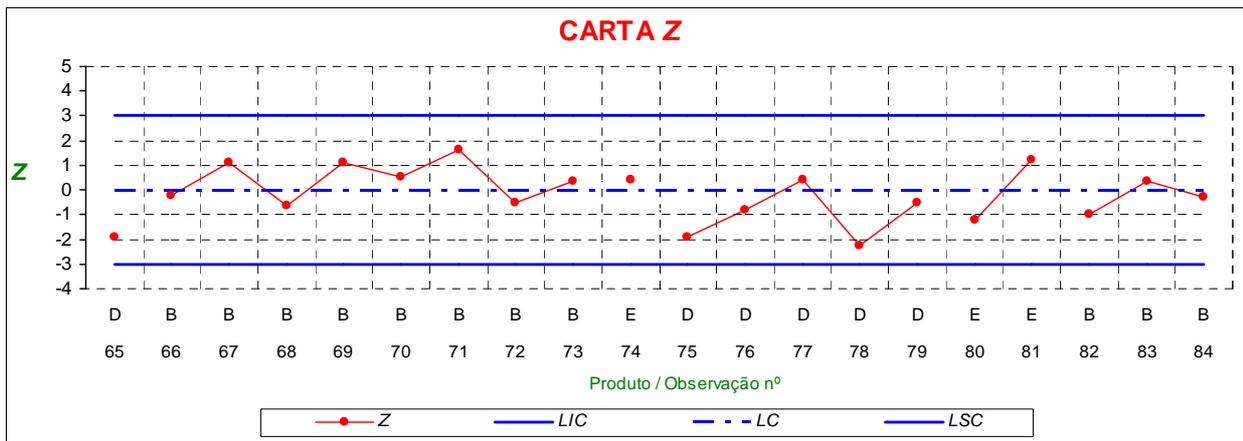
N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
3	D	1317687/4	03-11-2008	189,10	42,20	-1,08	2,12
4	D	1317687/5	03-11-2008	178,60	10,50	-1,68	0,53
5	D	1317687/1	05-11-2008	219,90	41,30	0,66	2,08
6	D	1317687/2	05-11-2008	186,80	33,10	-1,21	1,66
7	D	1317687/3	05-11-2008	215,10	28,30	0,39	1,42
8	D	1318305/1	11-11-2008	184,30	30,80	-1,36	1,55
9	D	1318305/2	11-11-2008	213,20	28,90	0,28	1,45
10	D	1318305/3	11-11-2008	197,30	15,90	-0,62	0,80
11	D	1318305/4	11-11-2008	198,34	1,04	-0,56	0,05
12	D	1318305/5	11-11-2008	221,90	23,56	0,78	1,18
13	D	1318305/6	11-11-2008	209,60	12,30	0,08	0,62
14	D	1319556/1	20-11-2008	178,30	31,30	-1,70	1,57
15	D	1319556/2	20-11-2008	217,00	38,70	0,50	1,95
16	D	1319556/3	20-11-2008	182,90	34,10	-1,44	1,71
17	D	1319556/4	20-11-2008	177,50	5,40	-1,74	0,27
18	D	1319556/5	20-11-2008	210,90	33,40	0,15	1,68
19	D	1319556/6	20-11-2008	174,90	36,00	-1,89	1,81
20	D	1320599/1	02-12-2008	163,30	11,60	-2,55	0,58
21	D	1320599/2	02-12-2008	177,10	13,80	-1,76	0,69
22	D	1320599/3	02-12-2008	157,90	19,20	-2,85	0,97

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
23	D	1320599/4	02-12-2008	178,01	20,11	-1,71	1,01
24	D	1320599/5	02-12-2008	219,30	41,29	0,63	2,08
25	D	1320599/6	02-12-2008	189,90	29,40	-1,04	1,48
26	D	1321586/1	05-12-2008	180,70	9,20	-1,56	0,46
27	D	1321586/2	05-12-2008	200,80	20,10	-0,42	1,01
28	D	1321586/3	05-12-2008	178,50	22,30	-1,69	1,12
29	D	1321586/4	05-12-2008	217,60	39,10	0,53	1,97
30	D	1321586/5	05-12-2008	186,40	31,20	-1,24	1,57
31	D	1321586/6	05-12-2008	167,30	19,10	-2,32	0,96
32	D	1321586/7	05-12-2008	177,00	9,70	-1,77	0,49
33	D	1321586/8	05-12-2008	219,50	42,50	0,64	2,14
34	D	1321586/9	05-12-2008	176,50	43,00	-1,80	2,16
35	D	1321586/10	05-12-2008	231,50	55,00	1,32	2,76
36	D	1321586/11	05-12-2008	220,10	11,40	0,67	0,57
37	D	1321586/12	05-12-2008	215,60	4,50	0,42	0,23
38	B	1327888/2	17-02-2009	166,00	23,00	1,00	1,59
39	B	1327888/3	17-02-2009	163,70	2,30	0,82	0,16
40	B	1327888/4	17-02-2009	158,00	5,70	0,37	0,39
42	E	1329228/3	03-03-2009	191,00	3,90	-0,44	0,23
43	B	1330245/1	13-03-2009	141,50	16,50	-0,91	1,14
44	B	1330245/2	13-03-2009	164,80	23,30	0,90	1,61
45	B	1330245/3	13-03-2009	167,50	2,70	1,11	0,19
46	B	1330245/4	13-03-2009	142,60	24,90	-0,83	1,72
47	D	1330693/1	16-03-2009	174,60	41,00	-1,91	2,06
48	D	1330693/2	16-03-2009	162,50	12,10	-2,59	0,61
49	D	1330693/3	16-03-2009	226,60	64,10	1,04	3,22
50	D	1330693/4	16-03-2009	180,20	46,40	-1,59	2,33
51	D	1330693/5	16-03-2009	196,30	16,10	-0,68	0,81
52	D	1330693/6	16-03-2009	218,90	22,60	0,61	1,14
53	D	1330693/7	16-03-2009	188,10	30,80	-1,14	1,55
54	D	1330693/8	16-03-2009	180,10	8,00	-1,59	0,40
55	E	1331013	18-03-2009	198,30	7,30	0,05	0,43
56	E	1330774	19-03-2009	193,40	4,90	-0,28	0,29
57	E	1331085/1	19-03-2009	169,80	33,60	-2,54	2,00
58	E	1331085/2	19-03-2009	192,80	33,00	-0,32	1,97
59	E	1331085/3	19-03-2009	194,10	1,30	-0,23	0,08
60	E	1331085/4	19-03-2009	217,50	23,40	1,34	1,39
61	D	1332070/1	08-04-2009	169,50	10,60	-2,20	0,53
62	D	1332070/4	08-04-2009	218,10	48,60	0,56	2,44
63	D	1332487/1	08-04-2009	191,80	26,30	-0,93	1,32
64	D	1332487/4	08-04-2009	214,90	23,10	0,38	1,16
65	D	1332487/6	08-04-2009	174,10	40,80	-1,93	2,05
66	B	1333829/1	19-04-2009	150,10	7,50	-0,24	0,52
67	B	1333829/2	19-04-2009	167,70	17,60	1,13	1,21
68	B	1333829/3	19-04-2009	145,10	22,60	-0,63	1,56
69	B	1333829/4	19-04-2009	167,70	22,60	1,13	1,56
70	B	1333829/5	19-04-2009	160,20	7,50	0,54	0,52
71	B	1333829/6	19-04-2009	174,50	14,30	1,66	0,99
72	B	1333829/7	19-04-2009	146,60	27,90	-0,51	1,93
73	B	1333829/8	19-04-2009	157,90	11,30	0,37	0,78
74	E	1334375	21-04-2009	203,50	14,00	0,40	0,83
75	D	1335231/1	04-05-2009	174,65	0,55	-1,90	0,03
76	D	1335231/4	04-05-2009	194,50	19,85	-0,78	1,00
77	D	1335231/7	04-05-2009	215,70	21,20	0,42	1,07
78	D	1335231/10	04-05-2009	168,60	47,10	-2,25	2,37

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
79	D	1335231/12	04-05-2009	199,10	30,50	-0,52	1,53
80	E	1335888/1	11-05-2009	179,40	24,10	-1,22	1,44
81	E	1335888/4	11-05-2009	215,80	36,40	1,23	2,17
82	B	1336934/1	15-05-2009	140,50	17,40	-0,99	1,20
83	B	1336934/3	15-05-2009	158,10	17,60	0,38	1,21
84	B	1336934/6	15-05-2009	149,30	8,80	-0,30	0,61
85	E	1337335	18-05-2009	187,30	28,50	-0,69	1,70
86	D	1337709/1	25-05-2009	184,10	15,00	-1,37	0,75
87	D	1337709/4	25-05-2009	219,50	35,40	0,64	1,78
88	D	1337709/7	25-05-2009	174,80	44,70	-1,89	2,25
89	D	1337709/10	25-05-2009	189,70	14,90	-1,05	0,75
90	E	1337874/1	26-05-2009	197,10	9,80	-0,03	0,58
91	E	1337874/2	26-05-2009	212,10	15,00	0,98	0,89
92	E	1338452	01-06-2009	190,70	21,40	-0,46	1,27
93	E	1337874/4	02-06-2009	184,04	6,66	-0,91	0,40
94	E	1337874/7	02-06-2009	179,30	4,74	-1,23	0,28
95	E	1337874/9	02-06-2009	218,50	39,20	1,41	2,33
96	B	1338938/1	03-06-2009	158,40	9,10	0,40	0,63
97	B	1338938/4	03-06-2009	135,10	23,30	-1,41	1,61
98	D	1339148/1	16-06-2009	169,80	19,90	-2,18	1,00
99	D	1339148/3	16-06-2009	192,30	22,50	-0,90	1,13
100	D	1339148/6	16-06-2009	217,30	25,00	0,51	1,26
101	E	1340565	22-06-2009	183,70	34,80	-0,93	2,07
103	D	1341046/1	24-06-2009	185,70	31,60	-1,28	1,59
104	D	1341046/4	24-06-2009	204,30	18,60	-0,22	0,93
105	D	1341046/7	24-06-2009	184,20	20,10	-1,36	1,01
106	D	1341428/1	26-06-2009	172,00	12,20	-2,05	0,61
107	D	1341428/4	26-06-2009	195,50	23,50	-0,72	1,18
108	D	1341428/6	26-06-2009	173,10	22,40	-1,99	1,13
109	E	1341429	30-06-2009	215,70	32,00	1,22	1,91
110	E	1341430/1	30-06-2009	199,80	15,90	0,15	0,95
111	E	1341430/2	30-06-2009	229,00	29,20	2,11	1,74
112	A	1341431	30-06-2009	176,60	6,20	0,87	0,39
113	A	1341432	30-06-2009	159,20	17,40	-0,35	1,08
114	D	1341795/1	02-07-2009	185,00	11,90	-1,32	0,60
115	D	1341795/4	02-07-2009	208,00	23,00	-0,01	1,16
116	D	1341795/6	02-07-2009	209,90	1,90	0,10	0,10
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	198,20	11,70	-0,57	0,59
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	203,60	5,40	-0,26	0,27
119	D	1342063/3	03-07-2009	216,60	13,00	0,48	0,65
120	B	1342287/1	07-07-2009	140,70	5,60	-0,97	0,39
121	B	1342287/4	07-07-2009	133,80	6,90	-1,51	0,48
122	A	---	08-07-2009	163,90	4,70	-0,02	0,29
123	A	---	08-07-2009	158,20	5,70	-0,43	0,36
124	A	---	08-07-2009	167,50	9,30	0,23	0,58







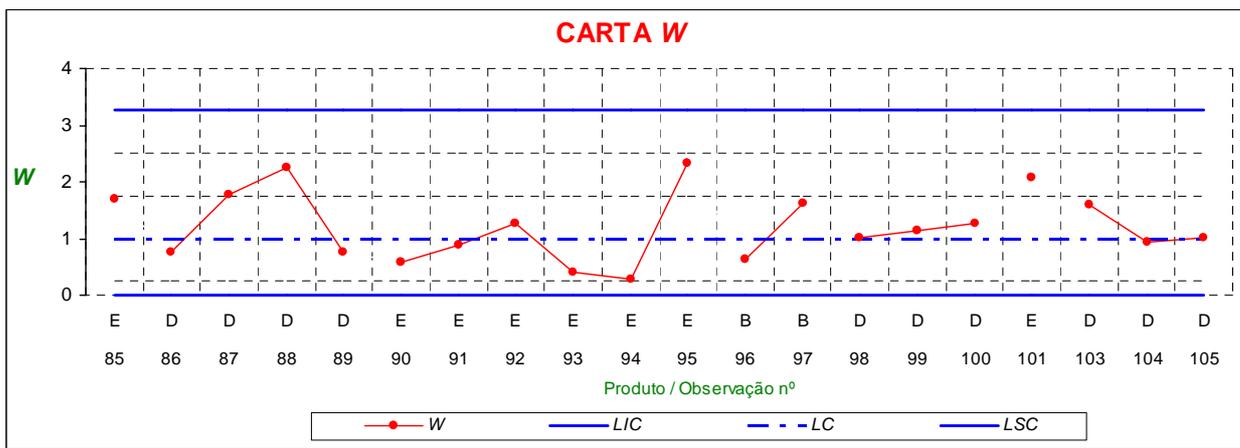


Figura IV.1 – Cartas de controlo Z/W para a textura dos quatro produtos.

IV.1.2. pH

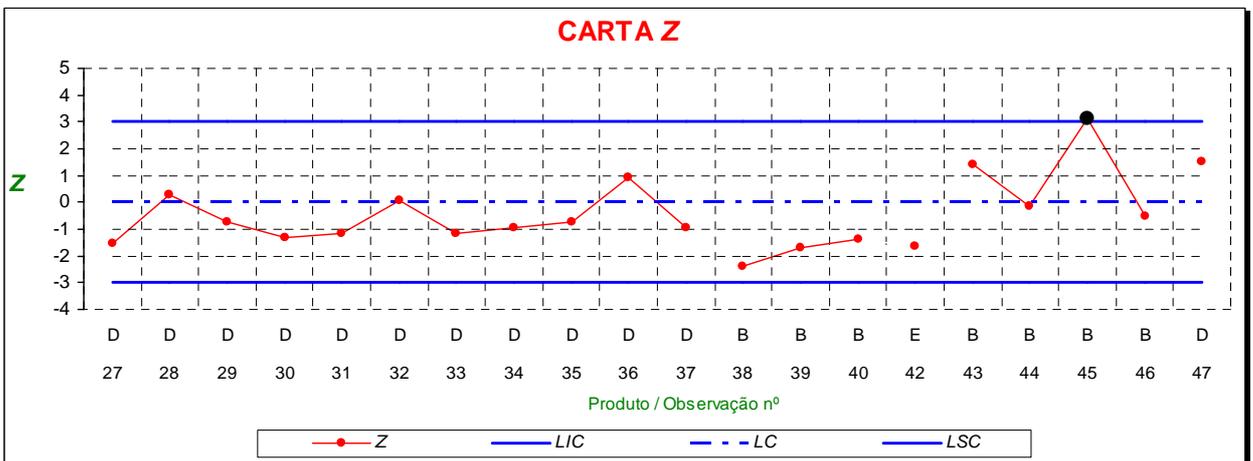
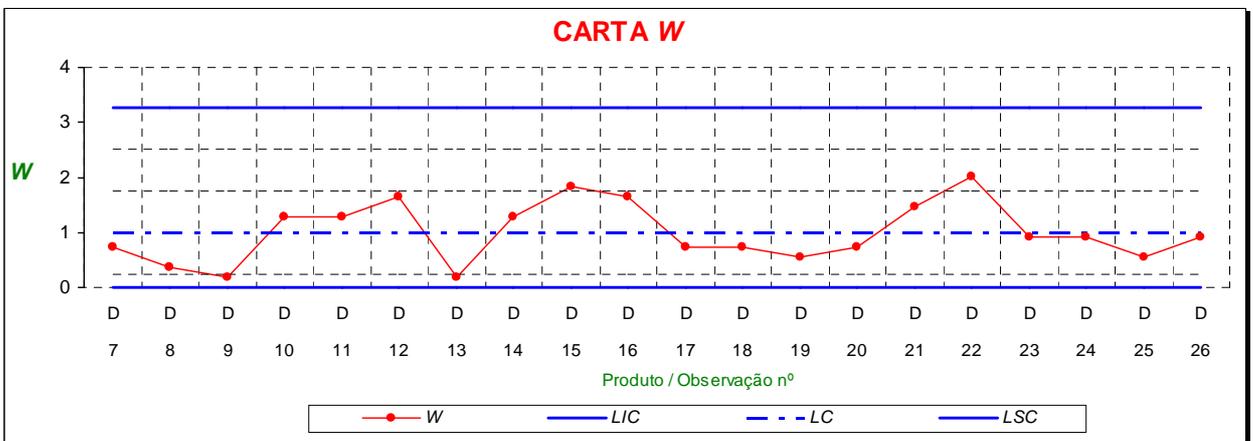
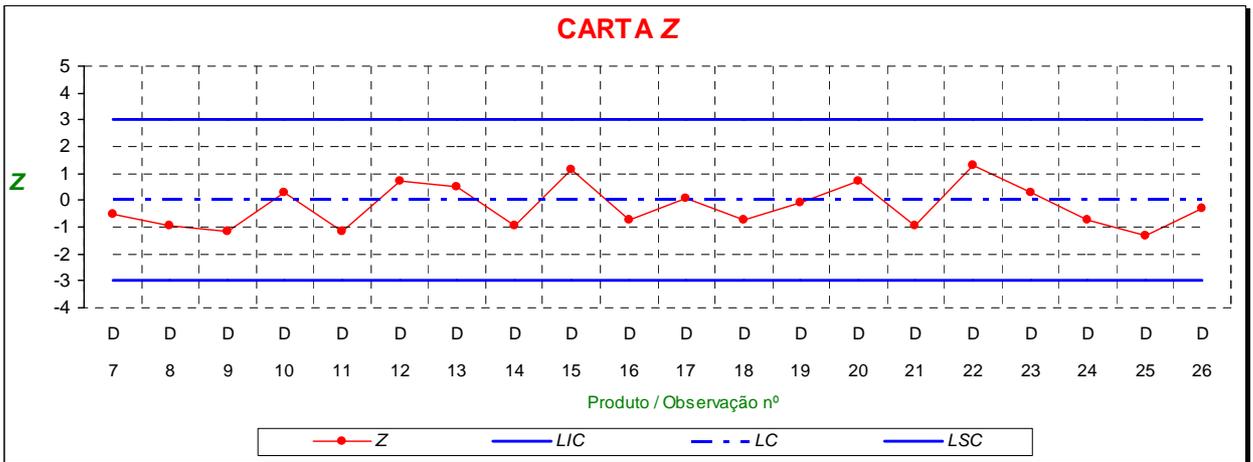
Quadro IV.2 – Especificações para o pH dos cinco produtos.

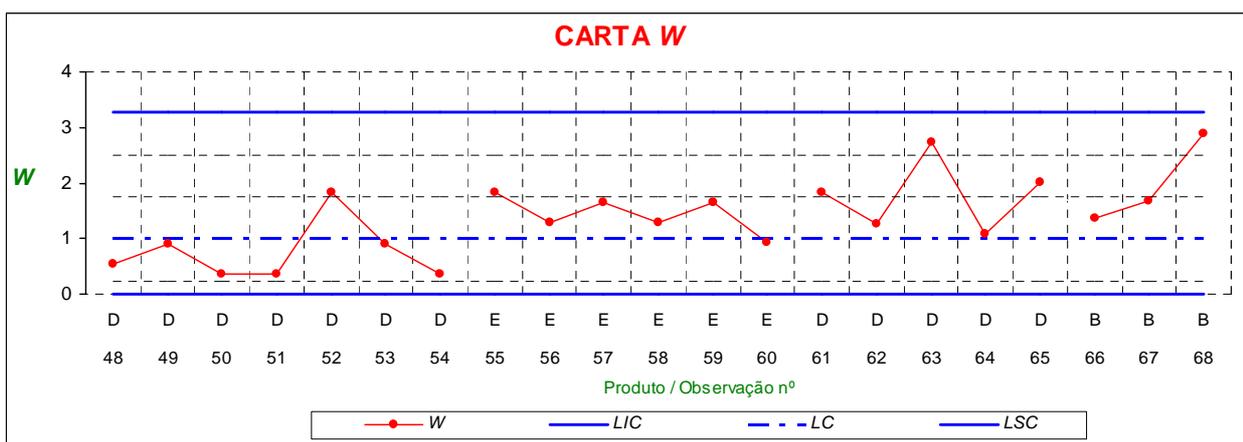
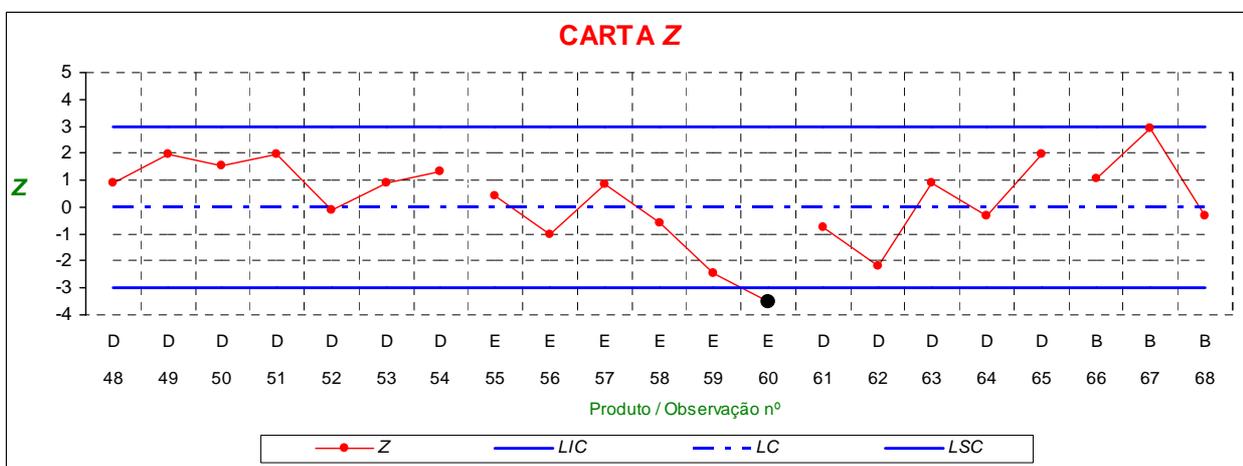
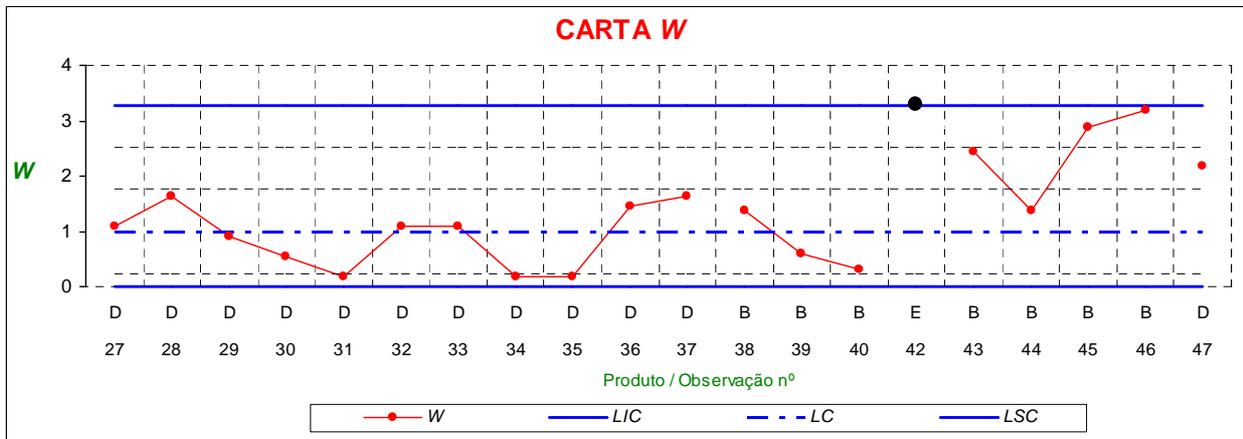
Produto	<i>LIE</i>	<i>LSE</i>
A	5,45	5,95
B	6,10	6,60
C	6,50	7,10
D	6,55	7,05
E	5,55	6,05

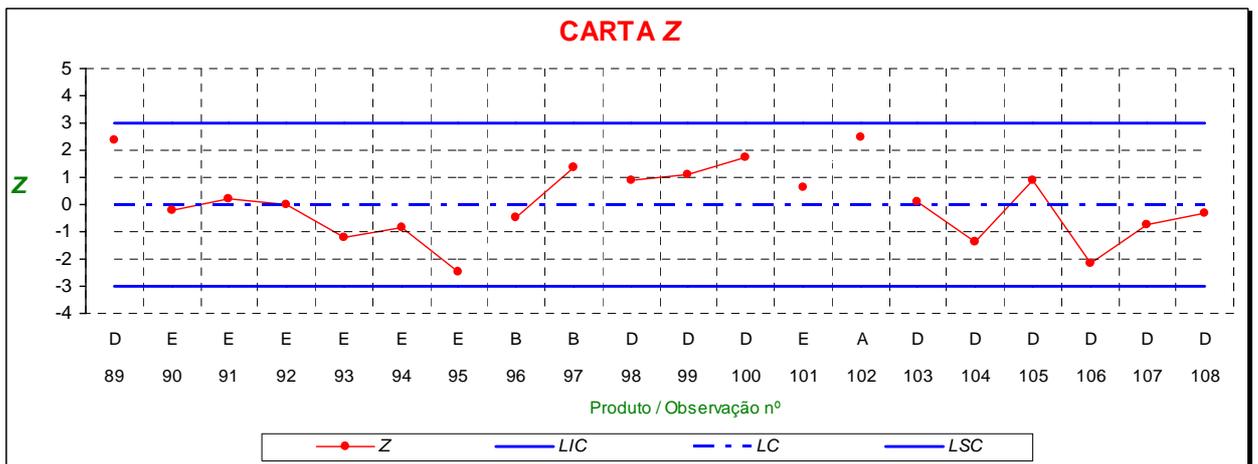
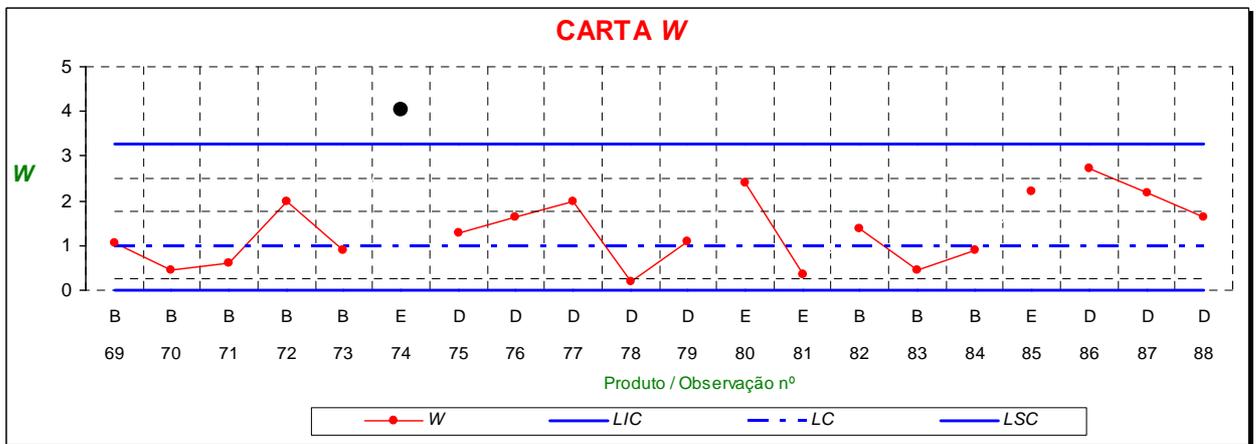
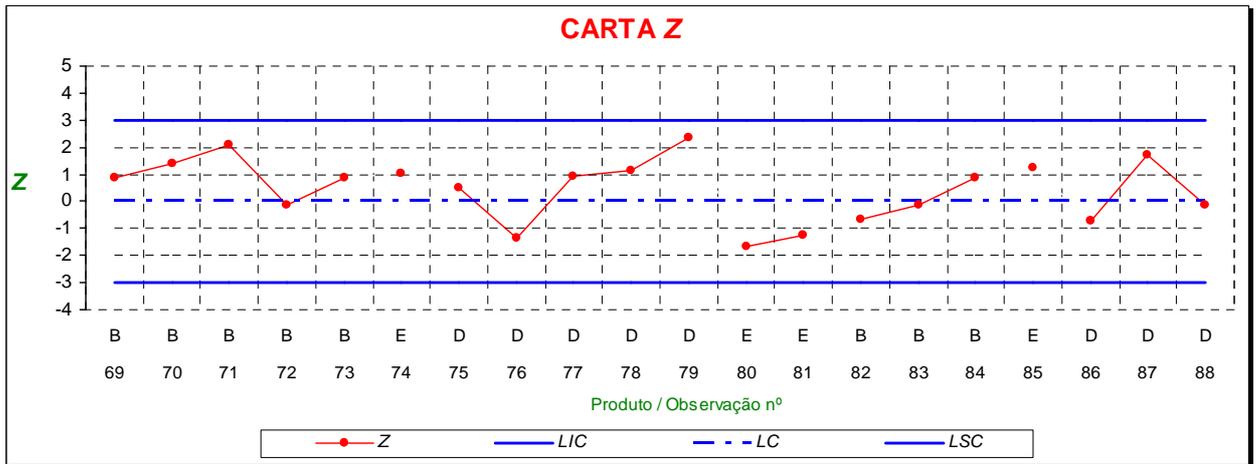
N.º	Produto	Lote	Data	<i>X</i>	<i>MR</i>	<i>Z</i>	<i>W</i>
7	D	1317687/3	05-11-2008	6,80	0,04	-0,52	0,73
8	D	1318305/1	11-11-2008	6,78	0,02	-0,93	0,36
9	D	1318305/2	11-11-2008	6,77	0,01	-1,14	0,18
10	D	1318305/3	11-11-2008	6,84	0,07	0,30	1,27
11	D	1318305/4	11-11-2008	6,77	0,07	-1,14	1,27
12	D	1318305/5	11-11-2008	6,86	0,09	0,71	1,64
13	D	1318305/6	11-11-2008	6,85	0,01	0,51	0,18
14	D	1319556/1	20-11-2008	6,78	0,07	-0,93	1,27
15	D	1319556/2	20-11-2008	6,88	0,10	1,12	1,82
16	D	1319556/3	20-11-2008	6,79	0,09	-0,73	1,64
17	D	1319556/4	20-11-2008	6,83	0,04	0,09	0,73
18	D	1319556/5	20-11-2008	6,79	0,04	-0,73	0,73
19	D	1319556/6	20-11-2008	6,82	0,03	-0,11	0,55
20	D	1320599/1	02-12-2008	6,86	0,04	0,71	0,73
21	D	1320599/2	02-12-2008	6,78	0,08	-0,93	1,46
22	D	1320599/3	02-12-2008	6,89	0,11	1,33	2,00
23	D	1320599/4	02-12-2008	6,84	0,05	0,30	0,91
24	D	1320599/5	02-12-2008	6,79	0,05	-0,73	0,91
25	D	1320599/6	02-12-2008	6,76	0,03	-1,34	0,55
26	D	1321586/1	05-12-2008	6,81	0,05	-0,32	0,91
27	D	1321586/2	05-12-2008	6,75	0,06	-1,55	1,09
28	D	1321586/3	05-12-2008	6,84	0,09	0,30	1,64
29	D	1321586/4	05-12-2008	6,79	0,05	-0,73	0,91
30	D	1321586/5	05-12-2008	6,76	0,03	-1,34	0,55
31	D	1321586/6	05-12-2008	6,77	0,01	-1,14	0,18
32	D	1321586/7	05-12-2008	6,83	0,06	0,09	1,09
33	D	1321586/8	05-12-2008	6,77	0,06	-1,14	1,09
34	D	1321586/9	05-12-2008	6,78	0,01	-0,93	0,18
35	D	1321586/10	05-12-2008	6,79	0,01	-0,73	0,18
36	D	1321586/11	05-12-2008	6,87	0,08	0,92	1,46
37	D	1321586/12	05-12-2008	6,78	0,09	-0,93	1,64
38	B	1327888/2	17-02-2009	6,20	0,09	-2,38	1,37
39	B	1327888/3	17-02-2009	6,24	0,04	-1,70	0,61
40	B	1327888/4	17-02-2009	6,26	0,02	-1,36	0,30
42	E	1329228/3	03-03-2009	5,75	0,18	-1,65	3,31
43	B	1330245/1	13-03-2009	6,42	0,16	1,39	2,43
44	B	1330245/2	13-03-2009	6,33	0,09	-0,16	1,37
45	B	1330245/3	13-03-2009	6,52	0,19	3,10	2,89
46	B	1330245/4	13-03-2009	6,31	0,21	-0,50	3,19

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
47	D	1330693/1	16-03-2009	6,90	0,12	1,53	2,18
48	D	1330693/2	16-03-2009	6,87	0,03	0,92	0,55
49	D	1330693/3	16-03-2009	6,92	0,05	1,94	0,91
50	D	1330693/4	16-03-2009	6,90	0,02	1,53	0,36
51	D	1330693/5	16-03-2009	6,92	0,02	1,94	0,36
52	D	1330693/6	16-03-2009	6,82	0,10	-0,11	1,82
53	D	1330693/7	16-03-2009	6,87	0,05	0,92	0,91
54	D	1330693/8	16-03-2009	6,89	0,02	1,33	0,36
55	E	1331013	18-03-2009	5,85	0,10	0,42	1,84
56	E	1330774	19-03-2009	5,78	0,07	-1,03	1,29
57	E	1331085/1	19-03-2009	5,87	0,09	0,84	1,65
58	E	1331085/2	19-03-2009	5,80	0,07	-0,61	1,29
59	E	1331085/3	19-03-2009	5,71	0,09	-2,48	1,65
60	E	1331085/4	19-03-2009	5,66	0,05	-3,51	0,92
61	D	1332070/1	08-04-2009	6,79	0,10	-0,73	1,82
62	D	1332070/4	08-04-2009	6,72	0,07	-2,16	1,27
63	D	1332487/1	08-04-2009	6,87	0,15	0,92	2,73
64	D	1332487/4	08-04-2009	6,81	0,06	-0,32	1,09
65	D	1332487/6	08-04-2009	6,92	0,11	1,94	2,00
66	B	1333829/1	19-04-2009	6,40	0,09	1,04	1,37
67	B	1333829/2	19-04-2009	6,51	0,11	2,93	1,67
68	B	1333829/3	19-04-2009	6,32	0,19	-0,33	2,89
69	B	1333829/4	19-04-2009	6,39	0,07	0,87	1,06
70	B	1333829/5	19-04-2009	6,42	0,03	1,39	0,46
71	B	1333829/6	19-04-2009	6,46	0,04	2,07	0,61
72	B	1333829/7	19-04-2009	6,33	0,13	-0,16	1,98
73	B	1333829/8	19-04-2009	6,39	0,06	0,87	0,91
74	E	1334375	21-04-2009	5,88	0,22	1,05	4,04
75	D	1335231/1	04-05-2009	6,85	0,07	0,51	1,27
76	D	1335231/4	04-05-2009	6,76	0,09	-1,34	1,64
77	D	1335231/7	04-05-2009	6,87	0,11	0,92	2,00
78	D	1335231/10	04-05-2009	6,88	0,01	1,12	0,18
79	D	1335231/12	04-05-2009	6,94	0,06	2,35	1,09
80	E	1335888/1	11-05-2009	5,75	0,13	-1,65	2,39
81	E	1335888/4	11-05-2009	5,77	0,02	-1,23	0,37
82	B	1336934/1	15-05-2009	6,30	0,09	-0,67	1,37
83	B	1336934/3	15-05-2009	6,33	0,03	-0,16	0,46
84	B	1336934/6	15-05-2009	6,39	0,06	0,87	0,91
85	E	1337335	18-05-2009	5,89	0,12	1,25	2,21
86	D	1337709/1	25-05-2009	6,79	0,15	-0,73	2,73
87	D	1337709/4	25-05-2009	6,91	0,12	1,74	2,18
88	D	1337709/7	25-05-2009	6,82	0,09	-0,11	1,64
89	D	1337709/10	25-05-2009	6,94	0,12	2,35	2,18
90	E	1337874/1	26-05-2009	5,82	0,07	-0,20	1,29
91	E	1337874/2	26-05-2009	5,84	0,02	0,22	0,37
92	E	1338452	01-06-2009	5,83	0,01	0,01	0,18
93	E	1337874/4	02-06-2009	5,77	0,06	-1,23	1,10
94	E	1337874/7	02-06-2009	5,79	0,02	-0,82	0,37
95	E	1337874/9	02-06-2009	5,71	0,08	-2,48	1,47
96	B	1338938/1	03-06-2009	6,31	0,08	-0,50	1,22
97	B	1338938/4	03-06-2009	6,42	0,11	1,39	1,67
98	D	1339148/1	16-06-2009	6,87	0,07	0,92	1,27
99	D	1339148/3	16-06-2009	6,88	0,01	1,12	0,18
100	D	1339148/6	16-06-2009	6,91	0,03	1,74	0,55
101	E	1340565	22-06-2009	5,86	0,15	0,63	2,76

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
102	A	1340885/5	24-06-2009	5,85	0,13	2,48	2,19
103	D	1341046/1	24-06-2009	6,83	0,08	0,09	1,46
104	D	1341046/4	24-06-2009	6,76	0,07	-1,34	1,27
105	D	1341046/7	24-06-2009	6,87	0,11	0,92	2,00
106	D	1341428/1	26-06-2009	6,72	0,15	-2,16	2,73
107	D	1341428/4	26-06-2009	6,79	0,07	-0,73	1,27
108	D	1341428/6	26-06-2009	6,81	0,02	-0,32	0,36
109	E	1341429	30-06-2009	5,80	0,06	-0,61	1,10
110	E	1341430/1	30-06-2009	5,77	0,03	-1,23	0,55
111	E	1341430/2	30-06-2009	5,73	0,04	-2,06	0,74
112	A	1341431	30-06-2009	5,77	0,08	0,95	1,35
113	A	1341432	30-06-2009	5,67	0,10	-0,95	1,69
114	D	1341795/1	02-07-2009	6,86	0,05	0,71	0,91
115	D	1341795/4	02-07-2009	6,77	0,09	-1,14	1,64
116	D	1341795/6	02-07-2009	6,77	0,00	-1,14	0,00
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	6,92	0,15	1,94	2,73
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	6,84	0,08	0,30	1,46
119	D	1342063/3	03-07-2009	6,83	0,01	0,09	0,18
120	B	1342287/1	07-07-2009	6,22	0,20	-2,04	3,04
121	B	1342287/4	07-07-2009	6,38	0,16	0,70	2,43
122	A	---	08-07-2009	5,72	0,05	0,00	0,84
123	A	---	08-07-2009	5,69	0,03	-0,57	0,51
124	A	---	08-07-2009	5,75	0,06	0,57	1,01







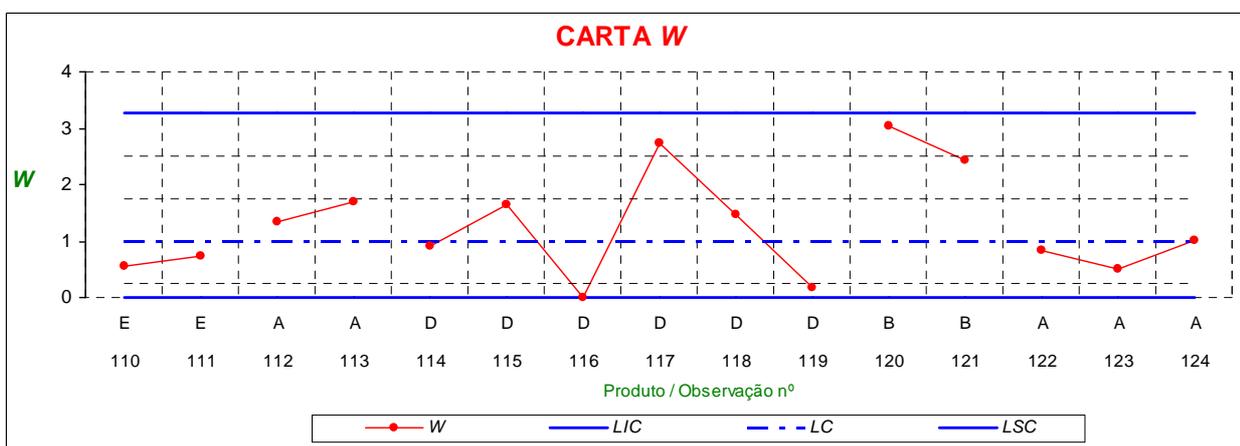
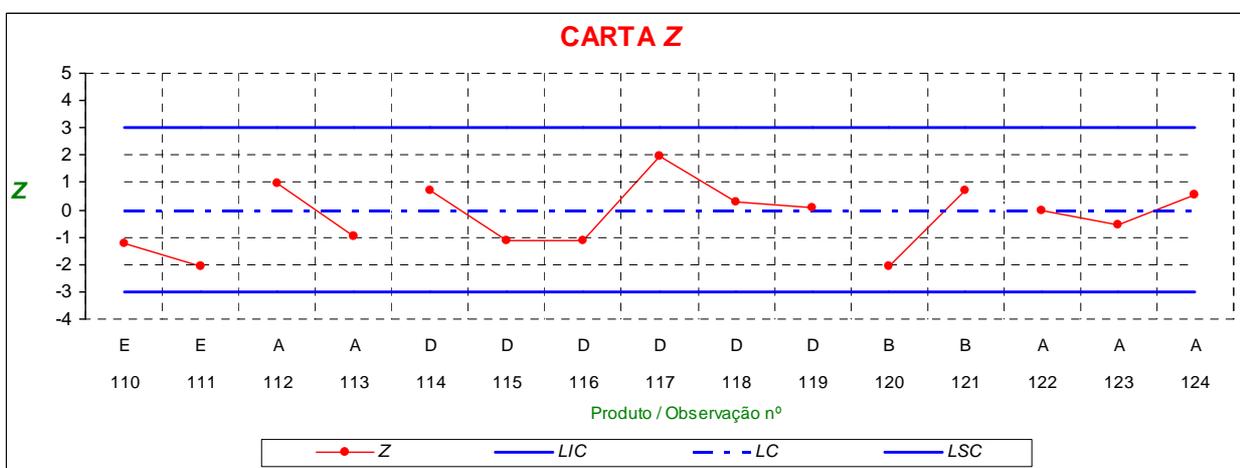
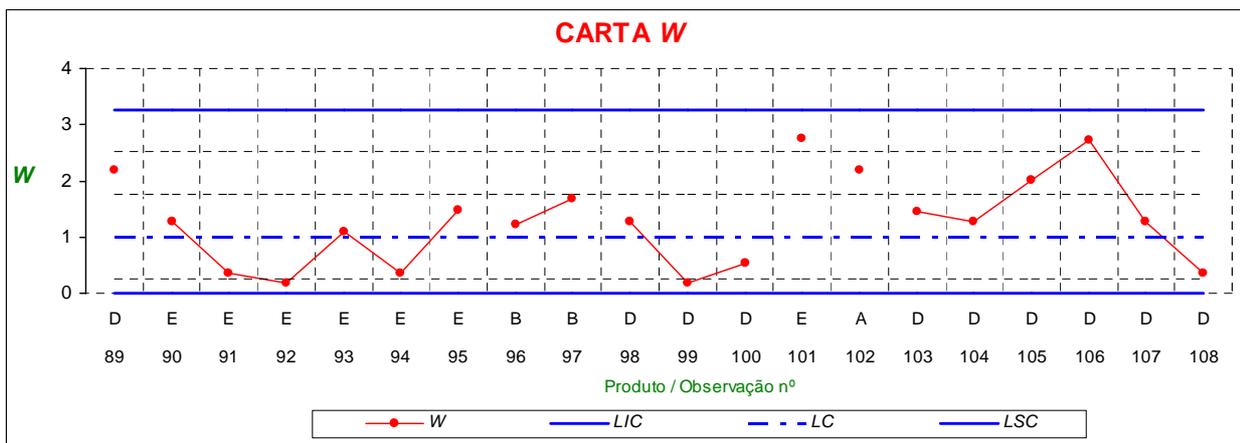


Figura IV.2 – Cartas de controlo Z/W para o pH dos quatro produtos.

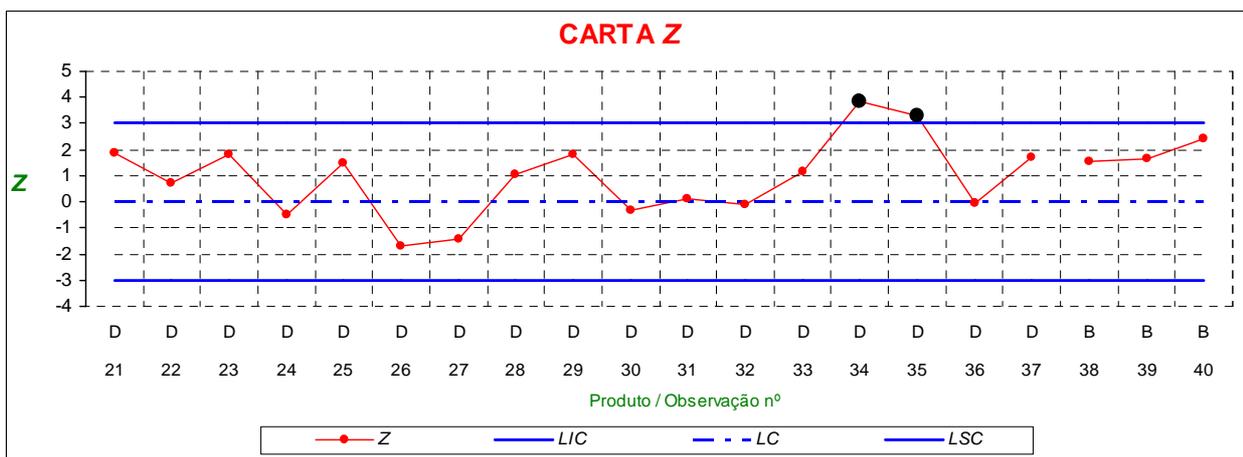
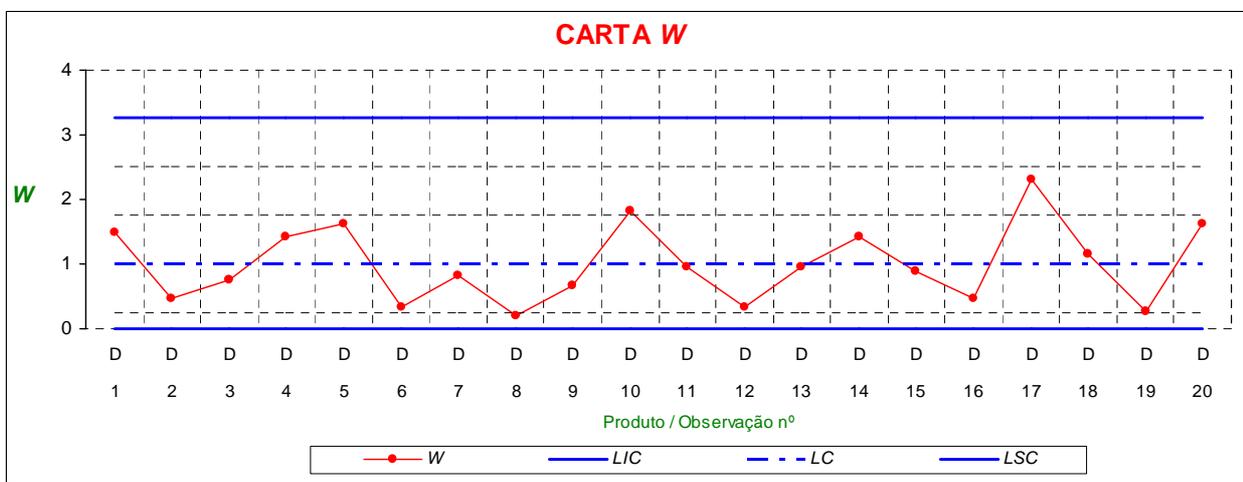
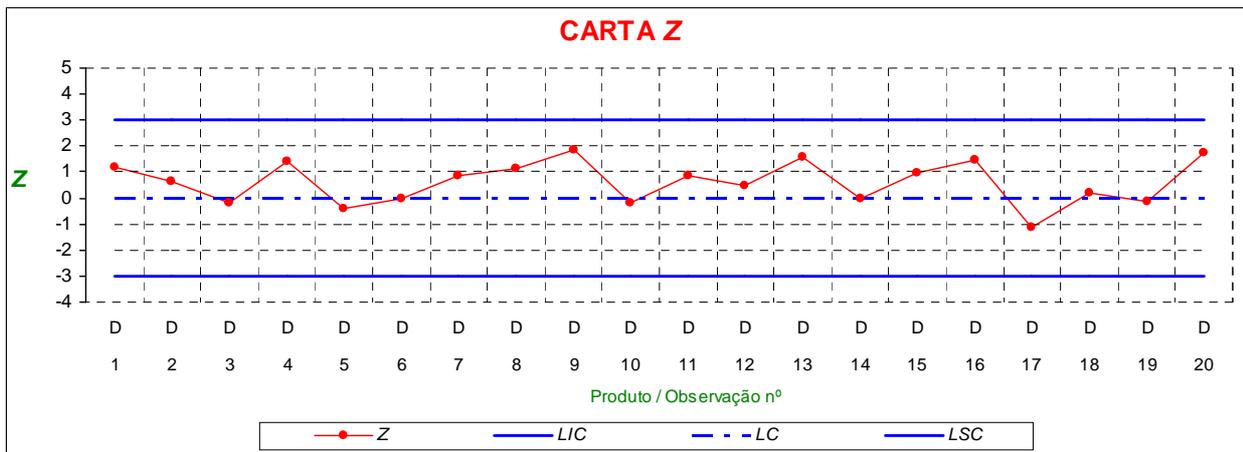
IV.1.3. Parâmetro da cor a^* Quadro IV.3 – Especificações para parâmetro da cor a^* dos cinco produtos.

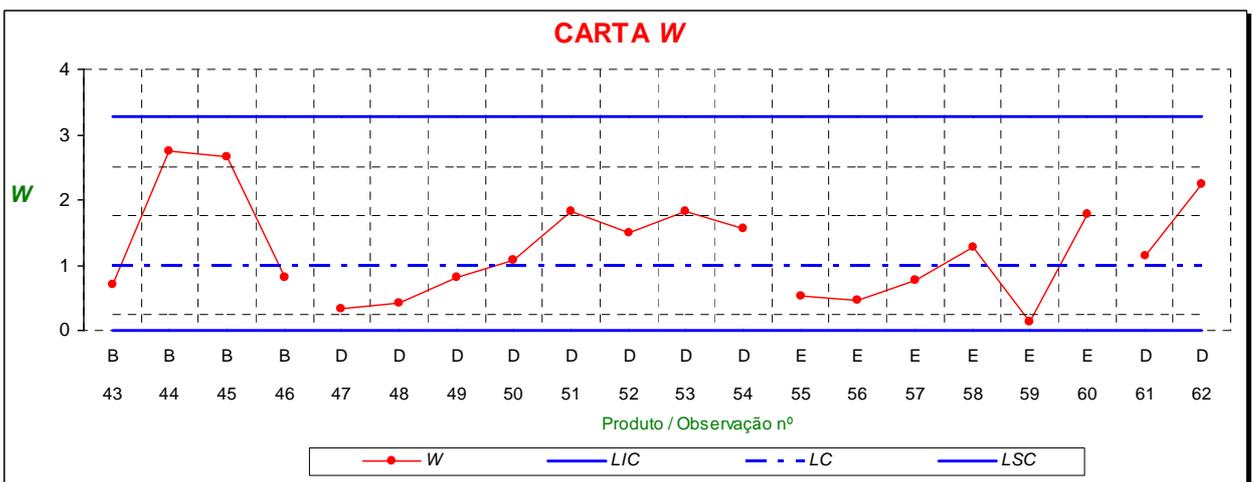
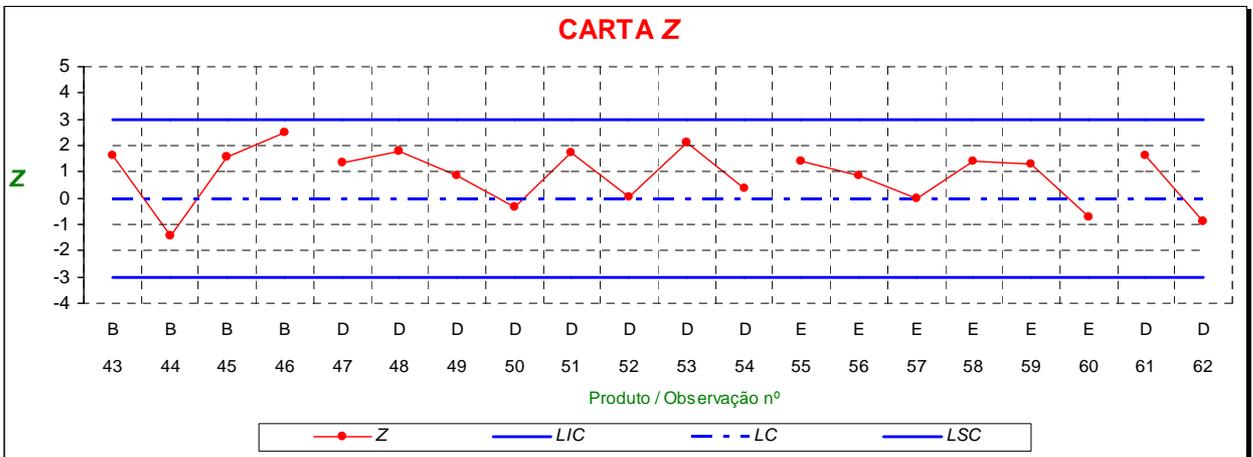
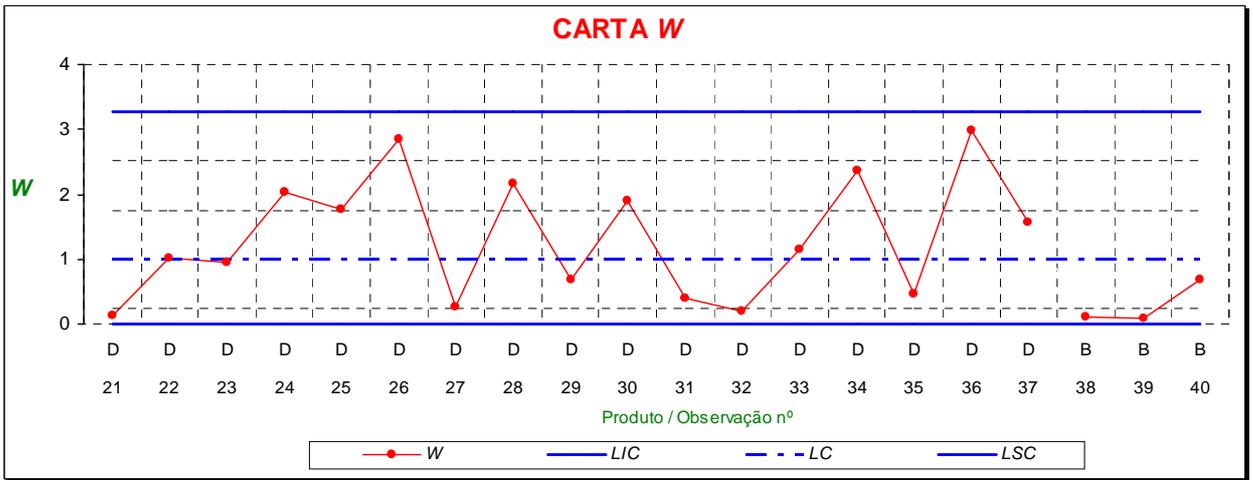
Produto	LIE	LSE
A	9,90	15,10
B	7,00	11,80
C	12,00	16,00
D	0,80	2,00
E	10,60	14,60

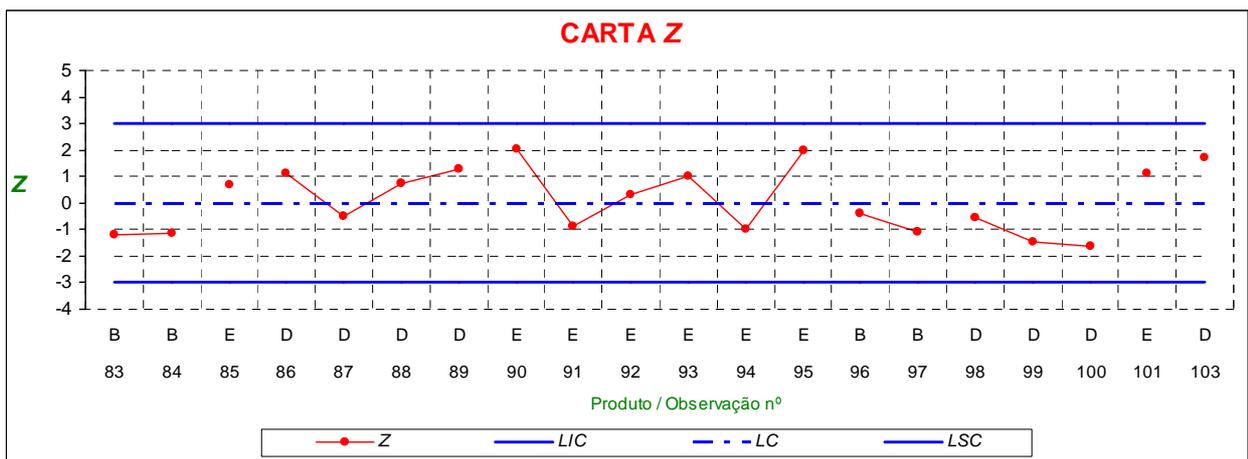
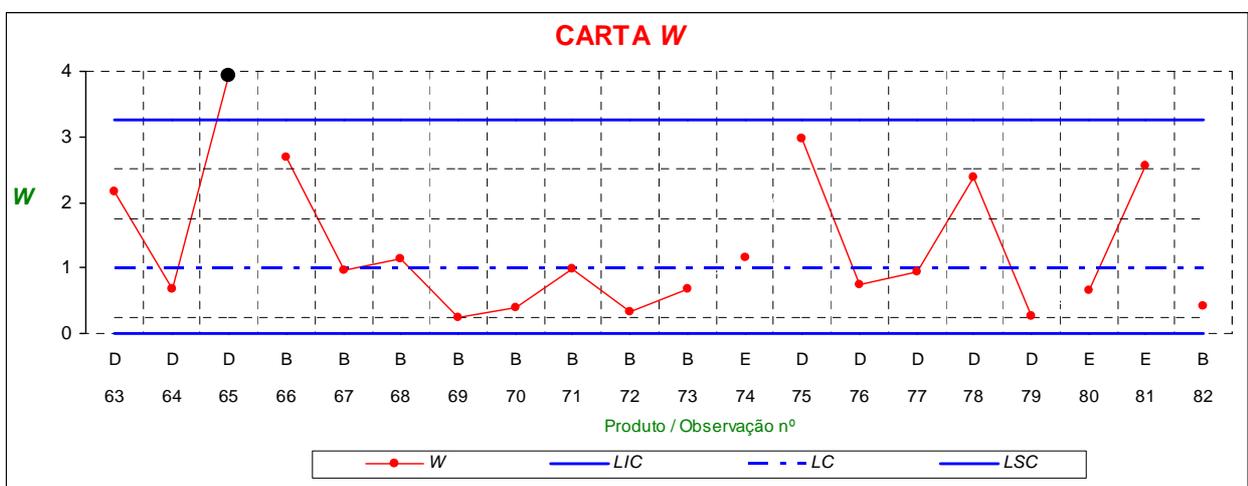
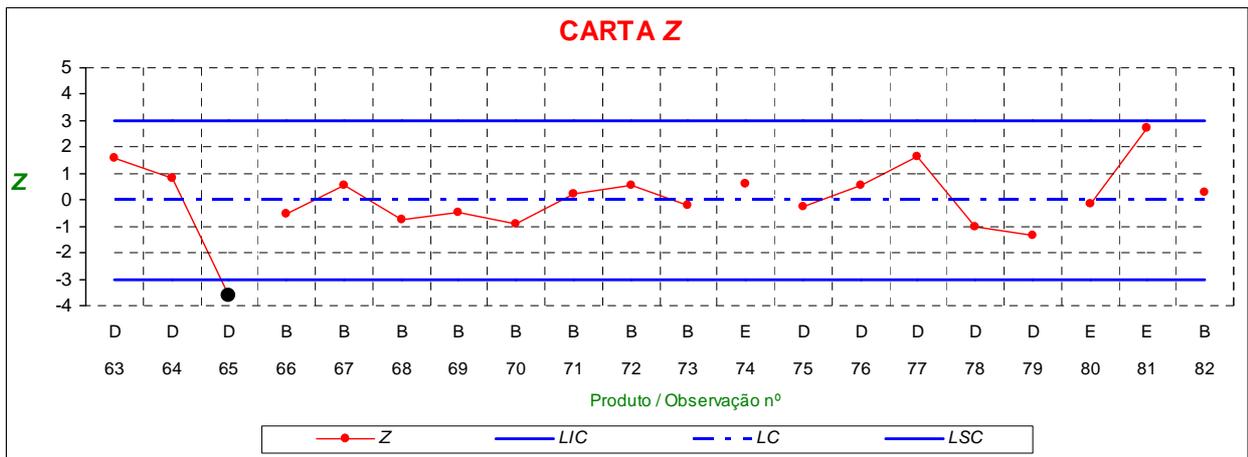
N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
1	D	1317009/4	27-10-2008	1,58	0,22	1,18	1,49
2	D	1317009/5	27-10-2008	1,51	0,07	0,65	0,47
3	D	1317687/4	03-11-2008	1,40	0,11	-0,19	0,75
4	D	1317687/5	03-11-2008	1,61	0,21	1,41	1,42
5	D	1317687/1	05-11-2008	1,37	0,24	-0,42	1,63
6	D	1317687/2	05-11-2008	1,42	0,05	-0,04	0,34
7	D	1317687/3	05-11-2008	1,54	0,12	0,88	0,81
8	D	1318305/1	11-11-2008	1,57	0,03	1,11	0,20
9	D	1318305/2	11-11-2008	1,67	0,10	1,87	0,68
10	D	1318305/3	11-11-2008	1,40	0,27	-0,19	1,83
11	D	1318305/4	11-11-2008	1,54	0,14	0,88	0,95
12	D	1318305/5	11-11-2008	1,49	0,05	0,50	0,34
13	D	1318305/6	11-11-2008	1,63	0,14	1,57	0,95
14	D	1319556/1	20-11-2008	1,42	0,21	-0,04	1,42
15	D	1319556/2	20-11-2008	1,55	0,13	0,95	0,88
16	D	1319556/3	20-11-2008	1,62	0,07	1,49	0,47
17	D	1319556/4	20-11-2008	1,28	0,34	-1,11	2,30
18	D	1319556/5	20-11-2008	1,45	0,17	0,19	1,15
19	D	1319556/6	20-11-2008	1,41	0,04	-0,12	0,27
20	D	1320599/1	02-12-2008	1,65	0,24	1,72	1,63
21	D	1320599/2	02-12-2008	1,67	0,02	1,87	0,14
22	D	1320599/3	02-12-2008	1,52	0,15	0,73	1,02
23	D	1320599/4	02-12-2008	1,66	0,14	1,80	0,95
24	D	1320599/5	02-12-2008	1,36	0,30	-0,50	2,03
25	D	1320599/6	02-12-2008	1,62	0,26	1,49	1,76
26	D	1321586/1	05-12-2008	1,20	0,42	-1,72	2,85
27	D	1321586/2	05-12-2008	1,24	0,04	-1,42	0,27
28	D	1321586/3	05-12-2008	1,56	0,32	1,03	2,17
29	D	1321586/4	05-12-2008	1,66	0,10	1,80	0,68
30	D	1321586/5	05-12-2008	1,38	0,28	-0,34	1,90
31	D	1321586/6	05-12-2008	1,44	0,06	0,11	0,41
32	D	1321586/7	05-12-2008	1,41	0,03	-0,12	0,20
33	D	1321586/8	05-12-2008	1,58	0,17	1,18	1,15
34	D	1321586/9	05-12-2008	1,93	0,35	3,86	2,37
35	D	1321586/10	05-12-2008	1,86	0,07	3,32	0,47
36	D	1321586/11	05-12-2008	1,42	0,44	-0,04	2,98
37	D	1321586/12	05-12-2008	1,65	0,23	1,72	1,56
38	B	1327888/2	17-02-2009	10,23	0,07	1,55	0,11
39	B	1327888/3	17-02-2009	10,29	0,06	1,66	0,09

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
40	B	1327888/4	17-02-2009	10,73	0,44	2,43	0,69
43	B	1330245/1	13-03-2009	10,28	0,45	1,64	0,70
44	B	1330245/2	13-03-2009	8,53	1,75	-1,45	2,74
45	B	1330245/3	13-03-2009	10,23	1,70	1,55	2,66
46	B	1330245/4	13-03-2009	10,75	0,52	2,47	0,81
47	D	1330693/1	16-03-2009	1,60	0,05	1,34	0,34
48	D	1330693/2	16-03-2009	1,66	0,06	1,80	0,41
49	D	1330693/3	16-03-2009	1,54	0,12	0,88	0,81
50	D	1330693/4	16-03-2009	1,38	0,16	-0,34	1,08
51	D	1330693/5	16-03-2009	1,65	0,27	1,72	1,83
52	D	1330693/6	16-03-2009	1,43	0,22	0,04	1,49
53	D	1330693/7	16-03-2009	1,70	0,27	2,10	1,83
54	D	1330693/8	16-03-2009	1,47	0,23	0,34	1,56
55	E	1331013	18-03-2009	13,26	0,26	1,38	0,52
56	E	1330774	19-03-2009	13,03	0,23	0,86	0,46
57	E	1331085/1	19-03-2009	12,65	0,38	-0,01	0,77
58	E	1331085/2	19-03-2009	13,28	0,63	1,42	1,27
59	E	1331085/3	19-03-2009	13,21	0,07	1,27	0,14
60	E	1331085/4	19-03-2009	12,33	0,88	-0,73	1,77
61	D	1332070/1	08-04-2009	1,64	0,17	1,64	1,15
62	D	1332070/4	08-04-2009	1,31	0,33	-0,88	2,24
63	D	1332487/1	08-04-2009	1,63	0,32	1,57	2,17
64	D	1332487/4	08-04-2009	1,53	0,10	0,80	0,68
65	D	1332487/6	08-04-2009	0,95	0,58	-3,63	3,93
66	B	1333829/1	19-04-2009	9,04	1,71	-0,55	2,68
67	B	1333829/2	19-04-2009	9,66	0,62	0,54	0,97
68	B	1333829/3	19-04-2009	8,94	0,72	-0,73	1,13
69	B	1333829/4	19-04-2009	9,09	0,15	-0,46	0,23
70	B	1333829/5	19-04-2009	8,84	0,25	-0,90	0,39
71	B	1333829/6	19-04-2009	9,47	0,63	0,21	0,99
72	B	1333829/7	19-04-2009	9,68	0,21	0,58	0,33
73	B	1333829/8	19-04-2009	9,25	0,43	-0,18	0,67
74	E	1334375	21-04-2009	12,91	0,58	0,58	1,17
75	D	1335231/1	04-05-2009	1,39	0,44	-0,27	2,98
76	D	1335231/4	04-05-2009	1,50	0,11	0,57	0,75
77	D	1335231/7	04-05-2009	1,64	0,14	1,64	0,95
78	D	1335231/10	04-05-2009	1,29	0,35	-1,03	2,37
79	D	1335231/12	04-05-2009	1,25	0,04	-1,34	0,27
80	E	1335888/1	11-05-2009	12,58	0,33	-0,17	0,66
81	E	1335888/4	11-05-2009	13,85	1,27	2,72	2,56
82	B	1336934/1	15-05-2009	9,51	0,26	0,28	0,41
83	B	1336934/3	15-05-2009	8,66	0,85	-1,22	1,33
84	B	1336934/6	15-05-2009	8,70	0,04	-1,15	0,06
85	E	1337335	18-05-2009	12,95	0,90	0,67	1,81
86	D	1337709/1	25-05-2009	1,57	0,32	1,11	2,17
87	D	1337709/4	25-05-2009	1,36	0,21	-0,50	1,42
88	D	1337709/7	25-05-2009	1,52	0,16	0,73	1,08
89	D	1337709/10	25-05-2009	1,59	0,07	1,26	0,47
90	E	1337874/1	26-05-2009	13,56	0,61	2,06	1,23
91	E	1337874/2	26-05-2009	12,27	1,29	-0,87	2,60
92	E	1338452	01-06-2009	12,80	0,53	0,33	1,07
93	E	1337874/4	02-06-2009	13,11	0,31	1,04	0,62
94	E	1337874/7	02-06-2009	12,21	0,90	-1,01	1,81
95	E	1337874/9	02-06-2009	13,52	1,31	1,97	2,64
96	B	1338938/1	03-06-2009	9,13	0,43	-0,39	0,67

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
97	B	1338938/4	03-06-2009	8,72	0,41	-1,12	0,64
98	D	1339148/1	16-06-2009	1,35	0,24	-0,57	1,63
99	D	1339148/3	16-06-2009	1,23	0,12	-1,49	0,81
100	D	1339148/6	16-06-2009	1,21	0,02	-1,64	0,14
101	E	1340565	22-06-2009	13,15	0,37	1,13	0,75
103	D	1341046/1	24-06-2009	1,65	0,44	1,72	2,98
104	D	1341046/4	24-06-2009	1,47	0,18	0,34	1,22
105	D	1341046/7	24-06-2009	1,62	0,15	1,49	1,02
106	D	1341428/1	26-06-2009	1,78	0,16	2,71	1,08
107	D	1341428/4	26-06-2009	1,73	0,05	2,33	0,34
108	D	1341428/6	26-06-2009	1,64	0,09	1,64	0,61
109	E	1341429	30-06-2009	12,72	0,43	0,15	0,87
110	E	1341430/1	30-06-2009	11,75	0,97	-2,05	1,95
111	E	1341430/2	30-06-2009	12,62	0,87	-0,07	1,75
112	A	1341431	30-06-2009	12,61	1,10	0,15	1,52
113	A	1341432	30-06-2009	12,17	0,44	-0,53	0,61
114	D	1341795/1	02-07-2009	1,50	0,14	0,57	0,95
115	D	1341795/4	02-07-2009	1,56	0,06	1,03	0,41
116	D	1341795/6	02-07-2009	1,26	0,30	-1,26	2,03
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	1,81	0,55	2,94	3,73
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	1,37	0,44	-0,42	2,98
119	D	1342063/3	03-07-2009	1,15	0,22	-2,10	1,49
120	B	1342287/1	07-07-2009	9,29	0,57	-0,11	0,89
121	B	1342287/4	07-07-2009	9,73	0,44	0,67	0,69
122	A	---	08-07-2009	12,47	0,30	-0,07	0,41
123	A	---	08-07-2009	11,93	0,54	-0,91	0,75
124	A	---	08-07-2009	12,75	0,82	0,37	1,13







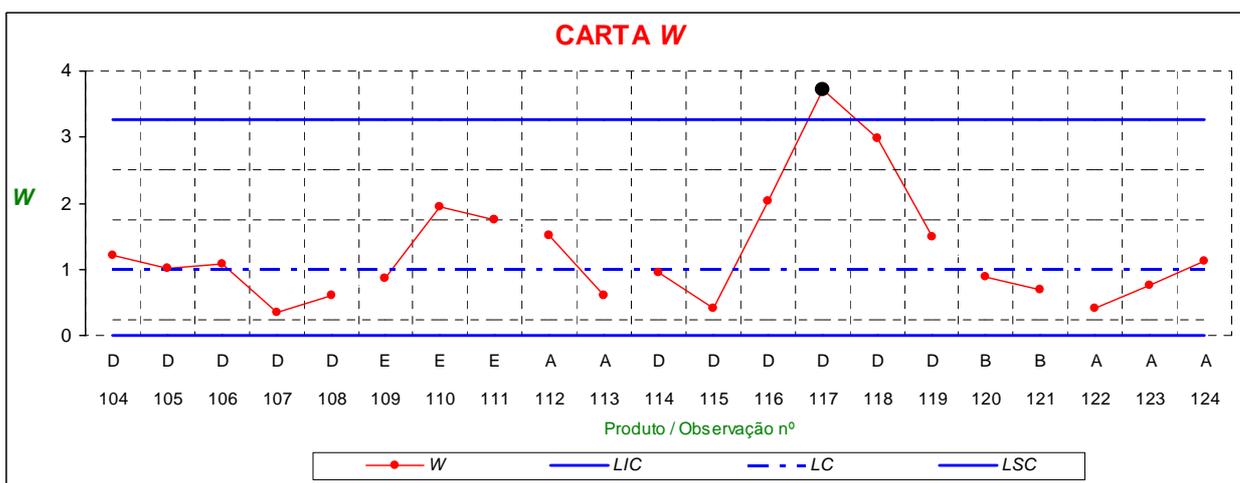
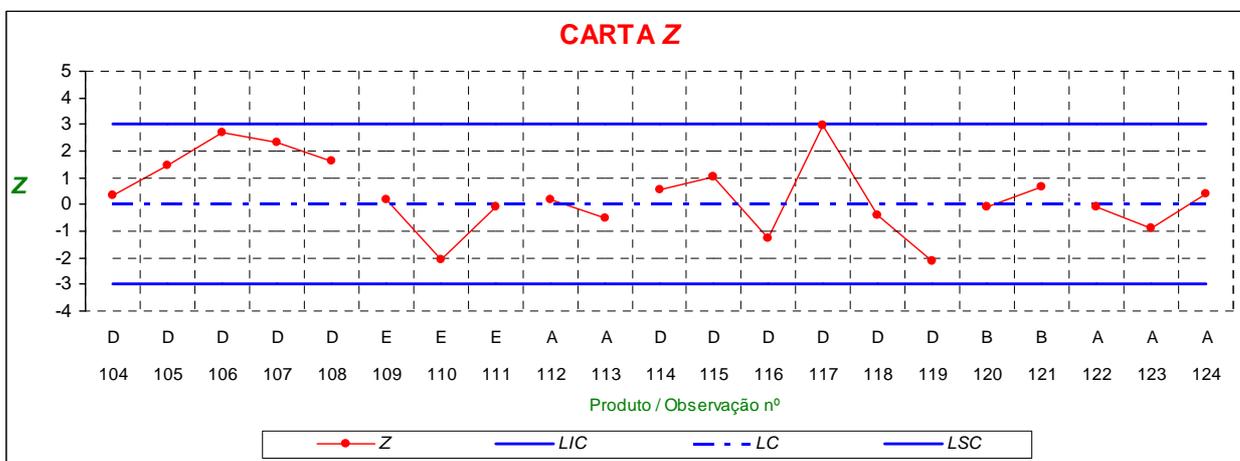
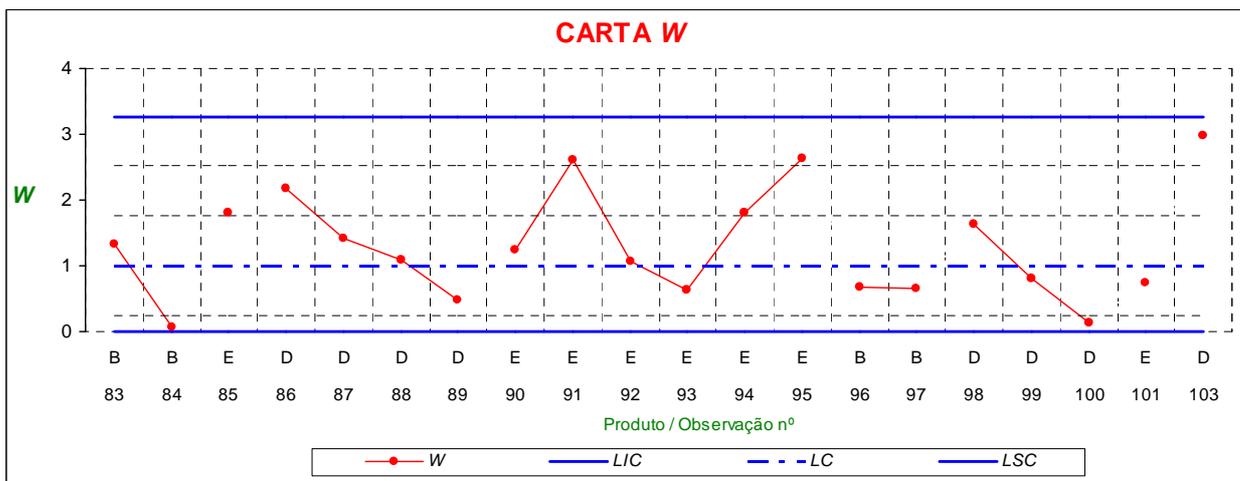


Figura IV.3 – Cartas de controlo Z/W para o parâmetro da cor a^* dos quatro produtos.

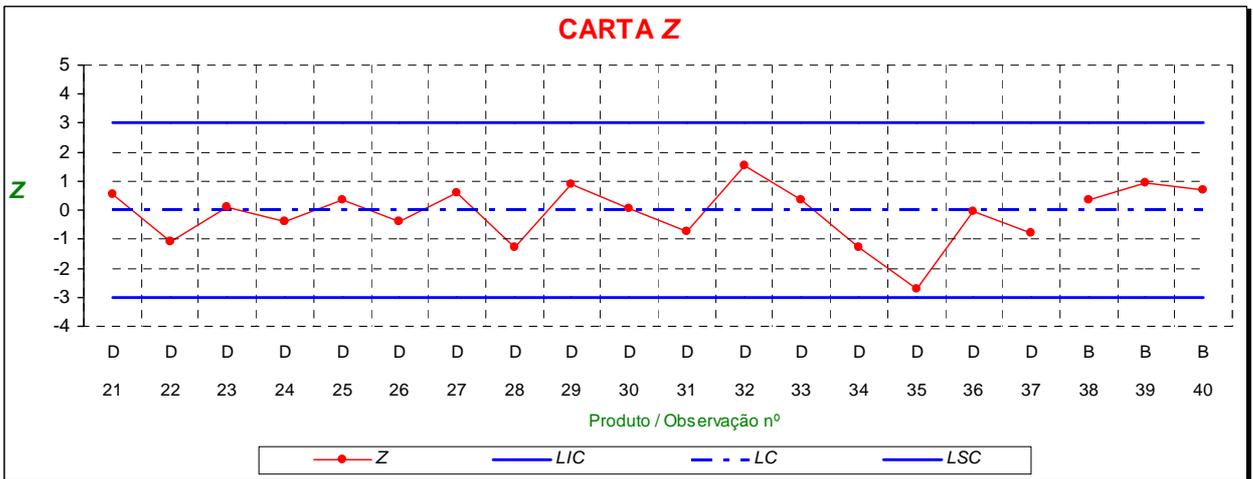
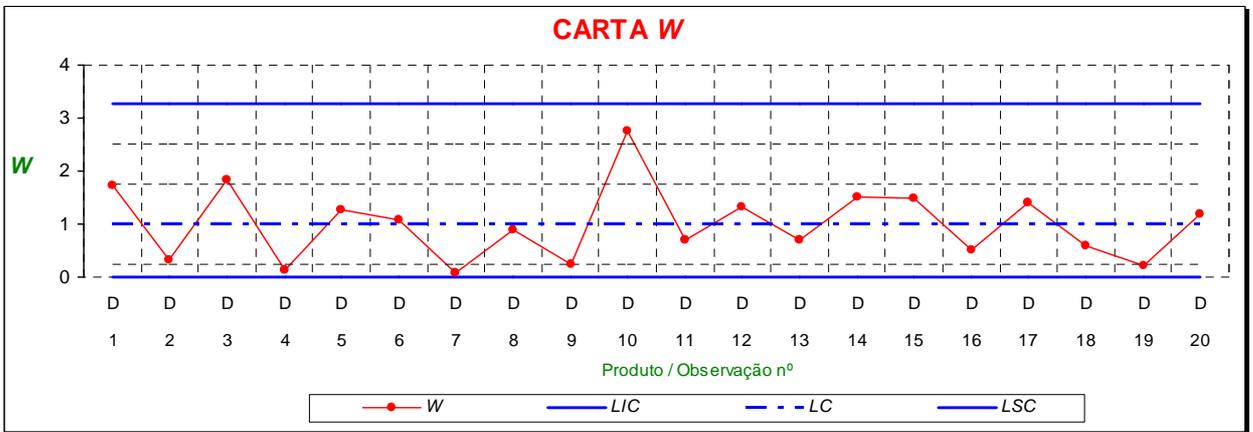
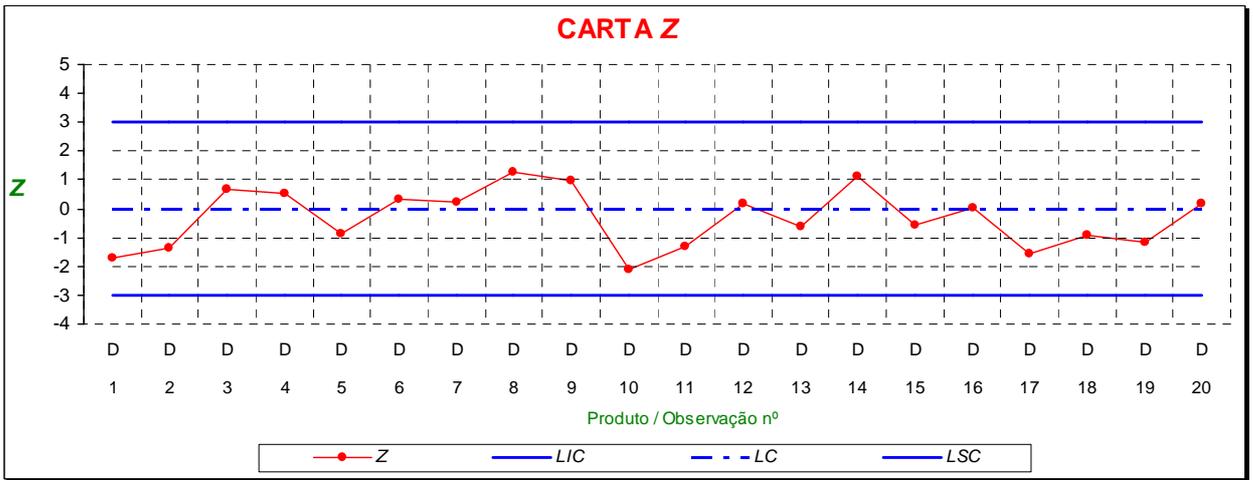
IV.1.4. Parâmetro da cor b^* Quadro IV.4 – Especificações para parâmetro da cor b^* dos cinco produtos.

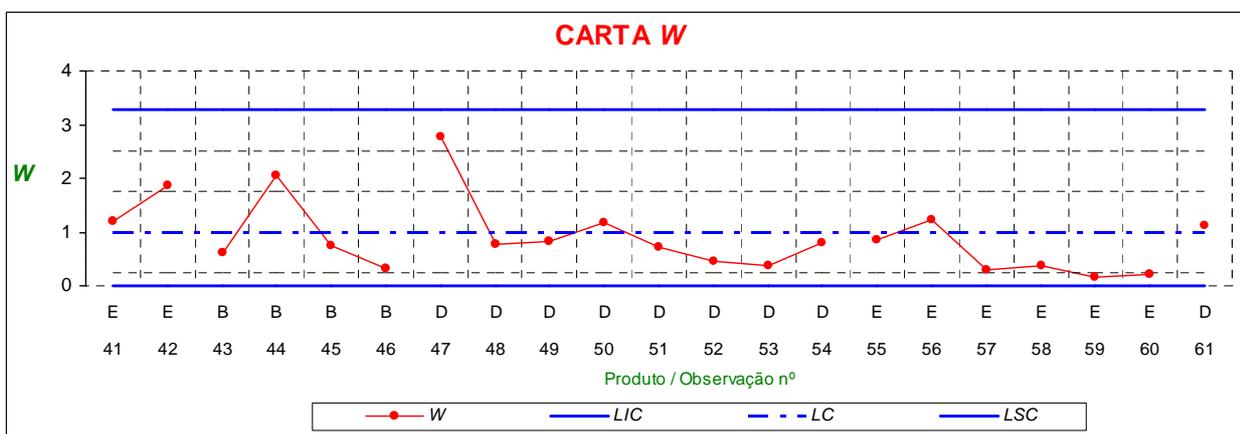
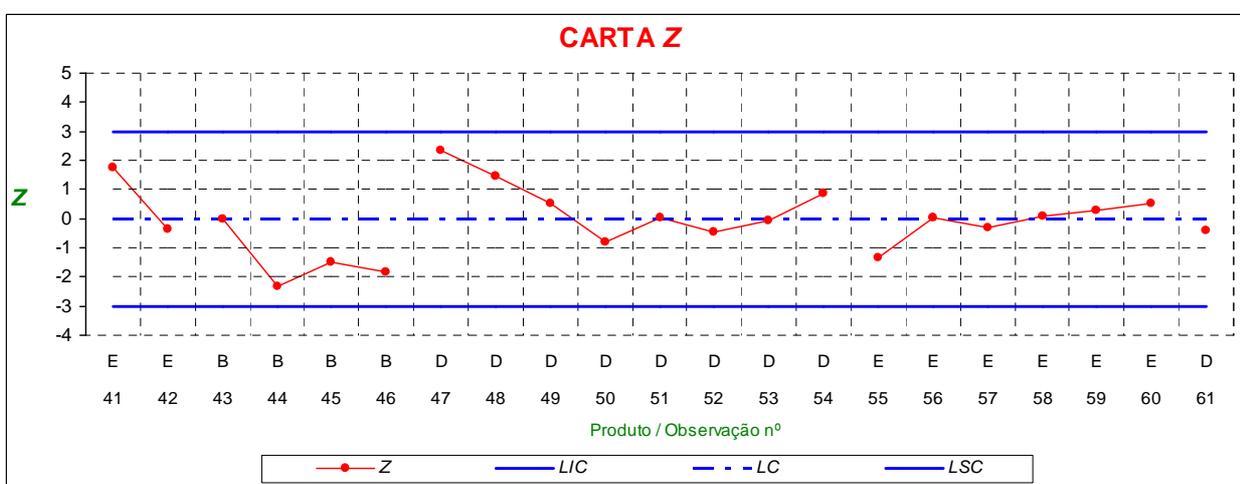
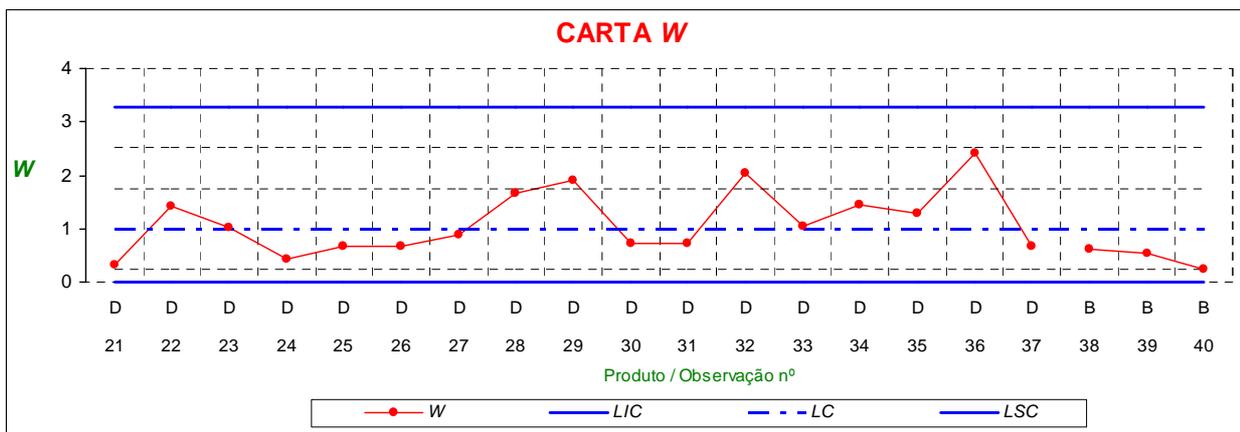
Produto	LIE	LSE
A	45,00	65,00
B	50,00	64,00
C	51,00	65,00
D	26,00	38,00
E	39,00	71,00

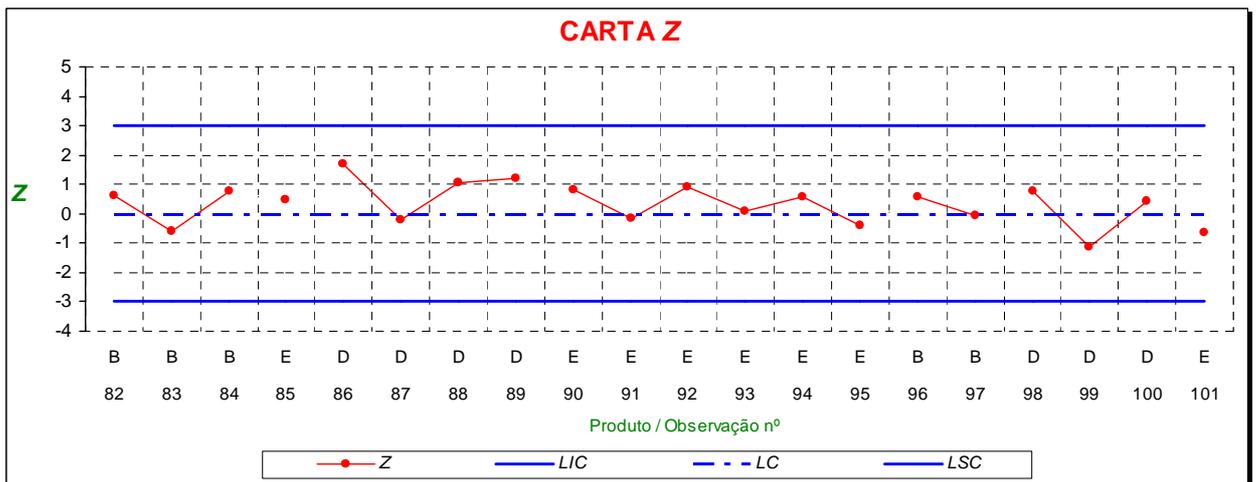
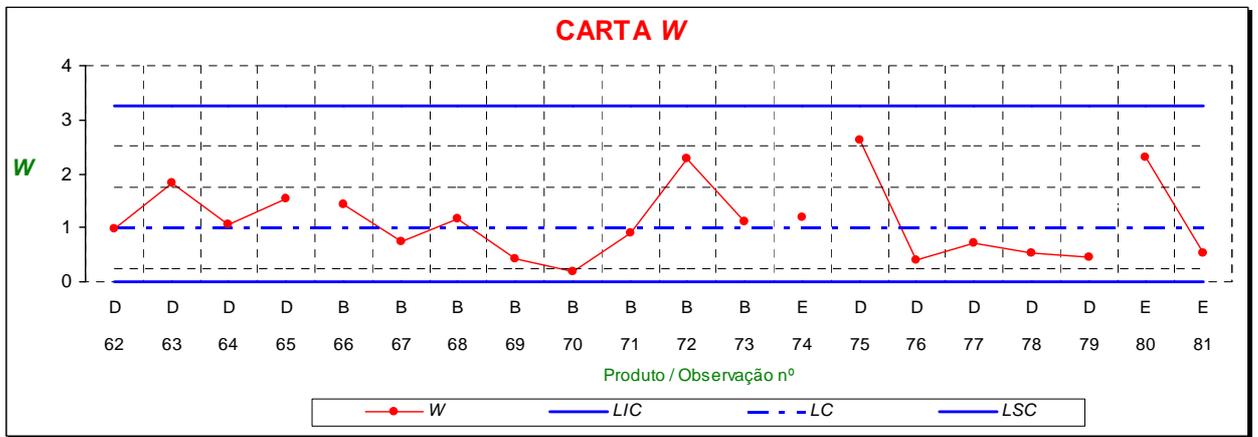
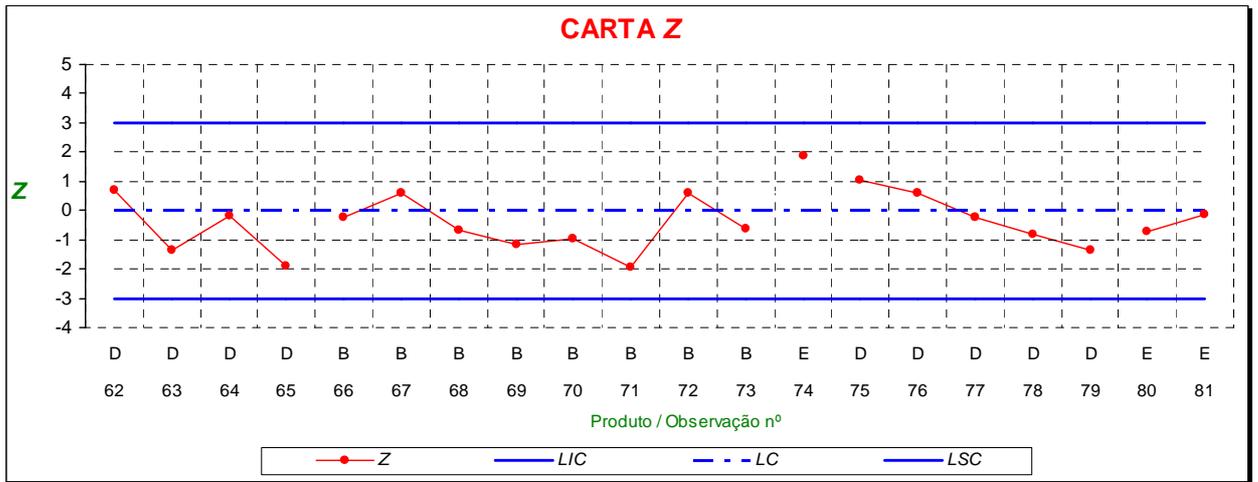
N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
1	D	1317009/4	27-10-2008	30,58	2,19	-1,73	1,72
2	D	1317009/5	27-10-2008	30,98	0,40	-1,38	0,31
3	D	1317687/4	03-11-2008	33,31	2,33	0,69	1,83
4	D	1317687/5	03-11-2008	33,14	0,17	0,54	0,13
5	D	1317687/1	05-11-2008	31,54	1,60	-0,88	1,26
6	D	1317687/2	05-11-2008	32,92	1,38	0,34	1,09
7	D	1317687/3	05-11-2008	32,81	0,11	0,25	0,09
8	D	1318305/1	11-11-2008	33,94	1,13	1,25	0,89
9	D	1318305/2	11-11-2008	33,63	0,31	0,97	0,24
10	D	1318305/3	11-11-2008	30,14	3,49	-2,12	2,74
11	D	1318305/4	11-11-2008	31,04	0,90	-1,32	0,71
12	D	1318305/5	11-11-2008	32,74	1,70	0,18	1,34
13	D	1318305/6	11-11-2008	31,86	0,88	-0,60	0,69
14	D	1319556/1	20-11-2008	33,78	1,92	1,11	1,51
15	D	1319556/2	20-11-2008	31,89	1,89	-0,57	1,49
16	D	1319556/3	20-11-2008	32,55	0,66	0,02	0,52
17	D	1319556/4	20-11-2008	30,75	1,80	-1,58	1,42
18	D	1319556/5	20-11-2008	31,50	0,75	-0,92	0,59
19	D	1319556/6	20-11-2008	31,21	0,29	-1,17	0,23
20	D	1320599/1	02-12-2008	32,73	1,52	0,18	1,20
21	D	1320599/2	02-12-2008	33,14	0,41	0,54	0,32
22	D	1320599/3	02-12-2008	31,33	1,81	-1,07	1,42
23	D	1320599/4	02-12-2008	32,64	1,31	0,10	1,03
24	D	1320599/5	02-12-2008	32,09	0,55	-0,39	0,43
25	D	1320599/6	02-12-2008	32,94	0,85	0,36	0,67
26	D	1321586/1	05-12-2008	32,08	0,86	-0,40	0,68
27	D	1321586/2	05-12-2008	33,22	1,14	0,61	0,90
28	D	1321586/3	05-12-2008	31,11	2,11	-1,26	1,66
29	D	1321586/4	05-12-2008	33,53	2,42	0,89	1,90
30	D	1321586/5	05-12-2008	32,61	0,92	0,07	0,72
31	D	1321586/6	05-12-2008	31,68	0,93	-0,76	0,73
32	D	1321586/7	05-12-2008	34,27	2,59	1,54	2,04
33	D	1321586/8	05-12-2008	32,93	1,34	0,35	1,05
34	D	1321586/9	05-12-2008	31,10	1,83	-1,27	1,44
35	D	1321586/10	05-12-2008	29,45	1,65	-2,73	1,30
36	D	1321586/11	05-12-2008	32,51	3,06	-0,02	2,41
37	D	1321586/12	05-12-2008	31,65	0,86	-0,78	0,68
38	B	1327888/2	17-02-2009	57,48	1,17	0,35	0,61
39	B	1327888/3	17-02-2009	58,49	1,01	0,94	0,53

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
40	B	1327888/4	17-02-2009	58,05	0,44	0,68	0,23
41	E	1329228/2	03-03-2009	61,31	5,20	1,74	1,21
42	E	1329228/3	03-03-2009	53,23	8,08	-0,37	1,87
43	B	1330245/1	13-03-2009	56,87	1,18	-0,01	0,61
44	B	1330245/2	13-03-2009	52,93	3,94	-2,32	2,05
45	B	1330245/3	13-03-2009	54,35	1,42	-1,49	0,74
46	B	1330245/4	13-03-2009	53,76	0,59	-1,83	0,31
47	D	1330693/1	16-03-2009	35,16	3,51	2,33	2,76
48	D	1330693/2	16-03-2009	34,16	1,00	1,44	0,79
49	D	1330693/3	16-03-2009	33,12	1,04	0,52	0,82
50	D	1330693/4	16-03-2009	31,64	1,48	-0,79	1,16
51	D	1330693/5	16-03-2009	32,57	0,93	0,03	0,73
52	D	1330693/6	16-03-2009	32,00	0,57	-0,47	0,45
53	D	1330693/7	16-03-2009	32,48	0,48	-0,05	0,38
54	D	1330693/8	16-03-2009	33,51	1,03	0,87	0,81
55	E	1331013	18-03-2009	49,50	3,73	-1,35	0,86
56	E	1330774	19-03-2009	54,78	5,28	0,03	1,22
57	E	1331085/1	19-03-2009	53,46	1,32	-0,31	0,31
58	E	1331085/2	19-03-2009	55,07	1,61	0,11	0,37
59	E	1331085/3	19-03-2009	55,78	0,71	0,29	0,16
60	E	1331085/4	19-03-2009	56,69	0,91	0,53	0,21
61	D	1332070/1	08-04-2009	32,09	1,42	-0,39	1,12
62	D	1332070/4	08-04-2009	33,32	1,23	0,70	0,97
63	D	1332487/1	08-04-2009	30,98	2,34	-1,38	1,84
64	D	1332487/4	08-04-2009	32,32	1,34	-0,19	1,05
65	D	1332487/6	08-04-2009	30,37	1,95	-1,92	1,53
66	B	1333829/1	19-04-2009	56,53	2,77	-0,21	1,44
67	B	1333829/2	19-04-2009	57,94	1,41	0,62	0,73
68	B	1333829/3	19-04-2009	55,72	2,22	-0,68	1,15
69	B	1333829/4	19-04-2009	54,91	0,81	-1,16	0,42
70	B	1333829/5	19-04-2009	55,28	0,37	-0,94	0,19
71	B	1333829/6	19-04-2009	53,54	1,74	-1,96	0,91
72	B	1333829/7	19-04-2009	57,94	4,40	0,62	2,29
73	B	1333829/8	19-04-2009	55,82	2,12	-0,63	1,10
74	E	1334375	21-04-2009	61,78	5,09	1,86	1,18
75	D	1335231/1	04-05-2009	33,71	3,34	1,04	2,63
76	D	1335231/4	04-05-2009	33,19	0,52	0,58	0,41
77	D	1335231/7	04-05-2009	32,28	0,91	-0,22	0,72
78	D	1335231/10	04-05-2009	31,59	0,69	-0,84	0,54
79	D	1335231/12	04-05-2009	31,02	0,57	-1,34	0,45
80	E	1335888/1	11-05-2009	51,85	9,93	-0,74	2,30
81	E	1335888/4	11-05-2009	54,14	2,29	-0,14	0,53
82	B	1336934/1	15-05-2009	57,97	2,15	0,64	1,12
83	B	1336934/3	15-05-2009	55,91	2,06	-0,57	1,07
84	B	1336934/6	15-05-2009	58,19	2,28	0,76	1,19
85	E	1337335	18-05-2009	56,51	2,37	0,48	0,55
86	D	1337709/1	25-05-2009	34,43	3,41	1,68	2,68
87	D	1337709/4	25-05-2009	32,29	2,14	-0,21	1,68
88	D	1337709/7	25-05-2009	33,73	1,44	1,06	1,13
89	D	1337709/10	25-05-2009	33,88	0,15	1,20	0,12
90	E	1337874/1	26-05-2009	57,78	1,27	0,81	0,29
91	E	1337874/2	26-05-2009	54,04	3,74	-0,16	0,87
92	E	1338452	01-06-2009	58,24	4,20	0,94	0,97
93	E	1337874/4	02-06-2009	54,97	3,27	0,08	0,76
94	E	1337874/7	02-06-2009	56,82	1,85	0,56	0,43

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
95	E	1337874/9	02-06-2009	53,04	3,78	-0,42	0,88
96	B	1338938/1	03-06-2009	57,89	0,30	0,59	0,16
97	B	1338938/4	03-06-2009	56,82	1,07	-0,04	0,56
98	D	1339148/1	16-06-2009	33,40	0,48	0,77	0,38
99	D	1339148/3	16-06-2009	31,25	2,15	-1,14	1,69
100	D	1339148/6	16-06-2009	33,02	1,77	0,43	1,39
101	E	1340565	22-06-2009	52,24	0,80	-0,63	0,19
103	D	1341046/1	24-06-2009	34,00	0,98	1,30	0,77
104	D	1341046/4	24-06-2009	31,41	2,59	-1,00	2,04
105	D	1341046/7	24-06-2009	32,32	0,91	-0,19	0,72
106	D	1341428/1	26-06-2009	34,41	2,09	1,67	1,64
107	D	1341428/4	26-06-2009	33,66	0,75	1,00	0,59
108	D	1341428/6	26-06-2009	35,33	1,67	2,48	1,31
109	E	1341429	30-06-2009	57,38	5,14	0,71	1,19
110	E	1341430/1	30-06-2009	57,18	0,20	0,66	0,05
111	E	1341430/2	30-06-2009	55,16	2,02	0,13	0,47
112	A	1341431	30-06-2009	57,23	1,12	0,92	0,46
113	A	1341432	30-06-2009	58,27	1,04	1,40	0,43
114	D	1341795/1	02-07-2009	32,47	2,86	-0,05	2,25
115	D	1341795/4	02-07-2009	32,59	0,12	0,05	0,09
116	D	1341795/6	02-07-2009	33,04	0,45	0,45	0,35
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	33,24	0,20	0,63	0,16
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	34,11	0,87	1,40	0,68
119	D	1342063/3	03-07-2009	31,76	2,35	-0,68	1,85
120	B	1342287/1	07-07-2009	53,35	3,47	-2,08	1,81
121	B	1342287/4	07-07-2009	56,85	3,50	-0,02	1,82
122	A	---	08-07-2009	54,90	3,37	-0,16	1,38
123	A	---	08-07-2009	54,52	0,38	-0,34	0,16
124	A	---	08-07-2009	55,34	0,82	0,04	0,34







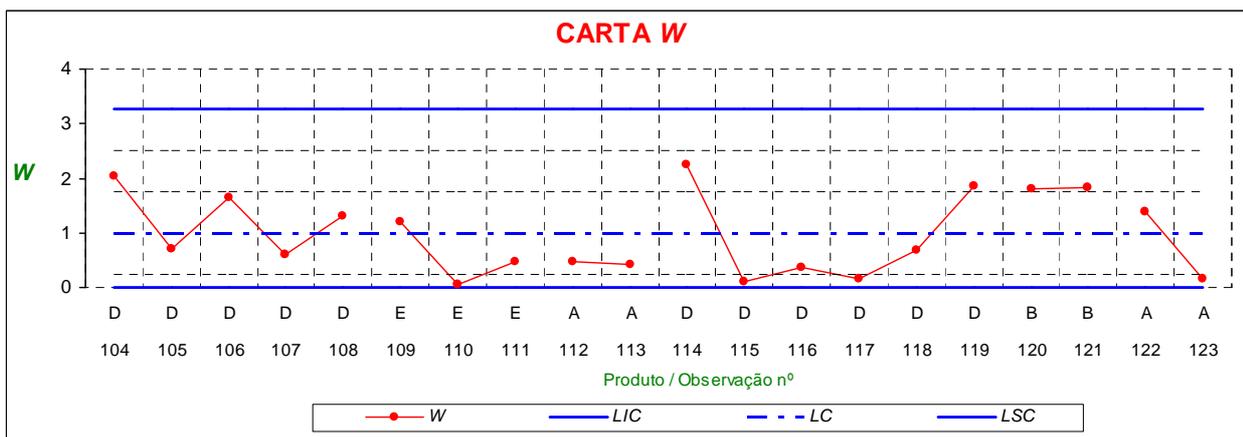
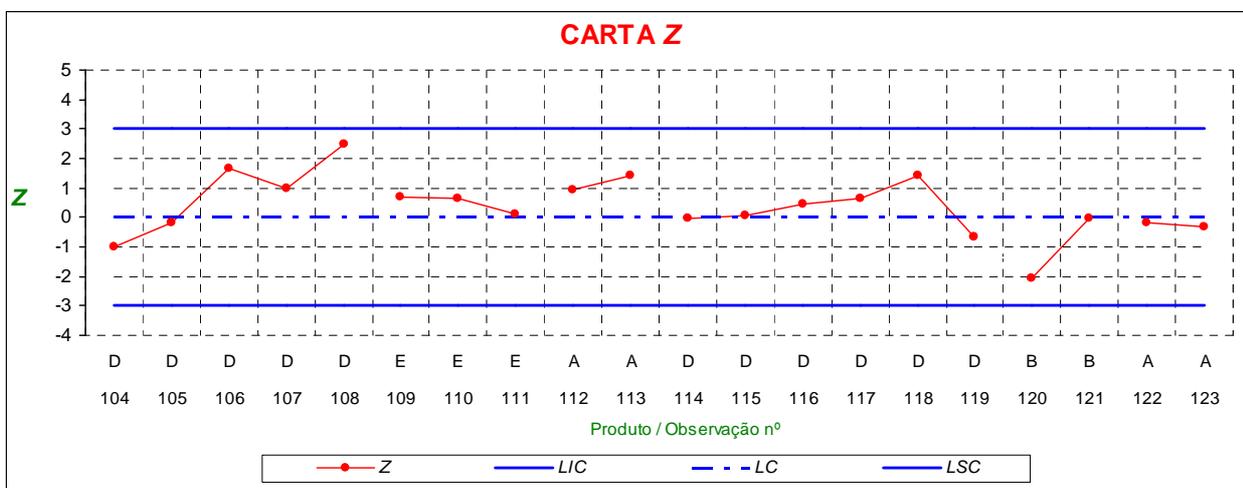
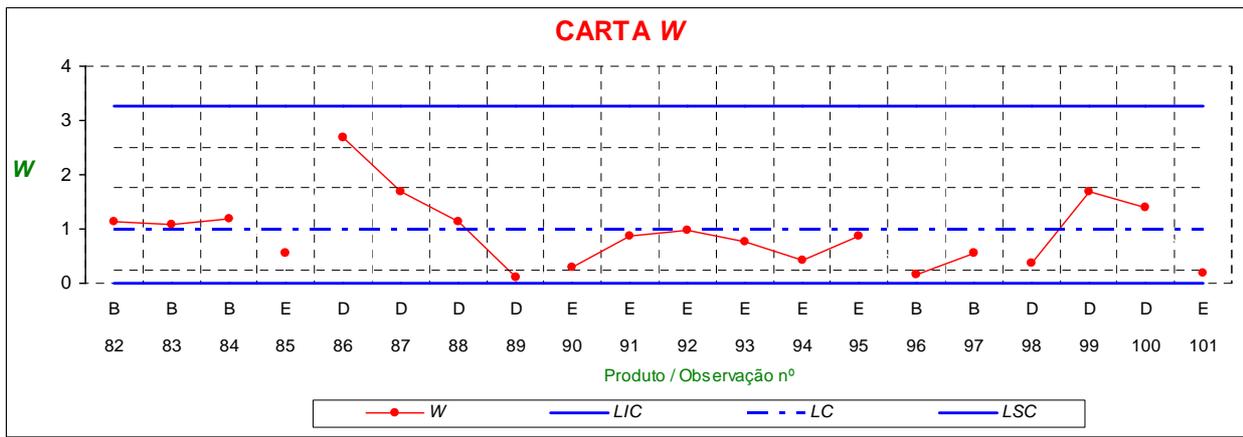


Figura IV.4 – Cartas de controle Z/W para o parâmetro da cor b^* dos quatro produtos.

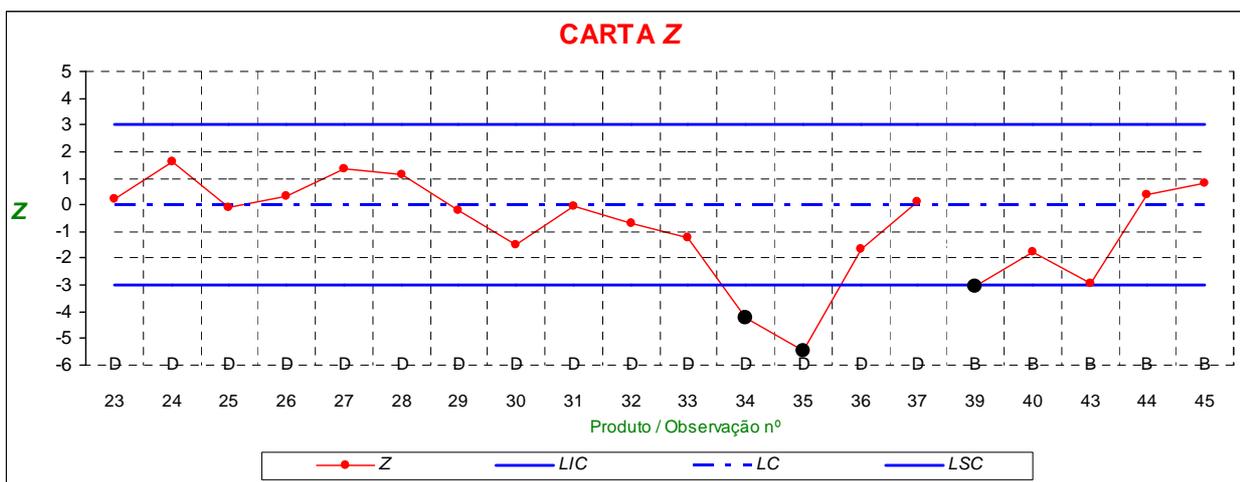
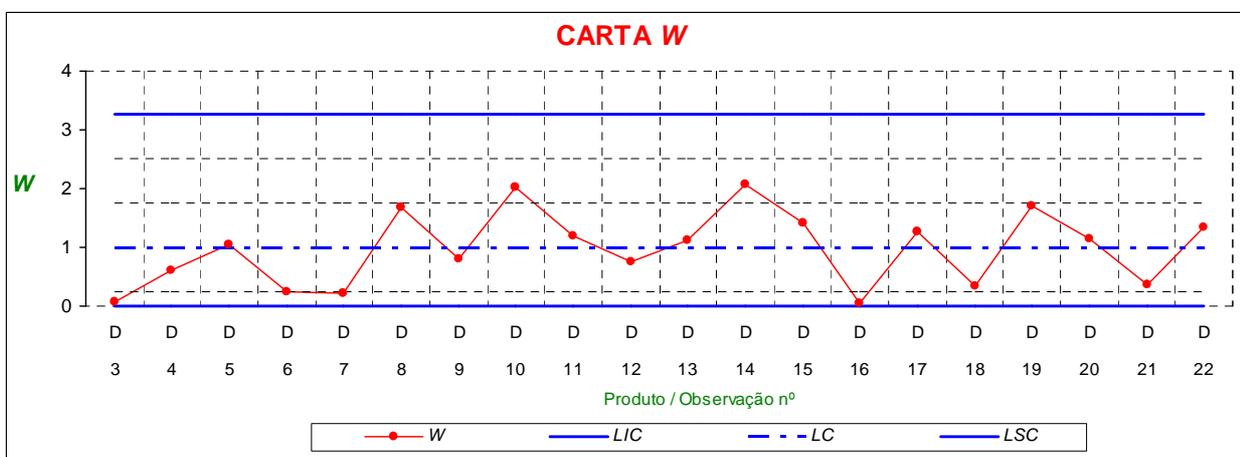
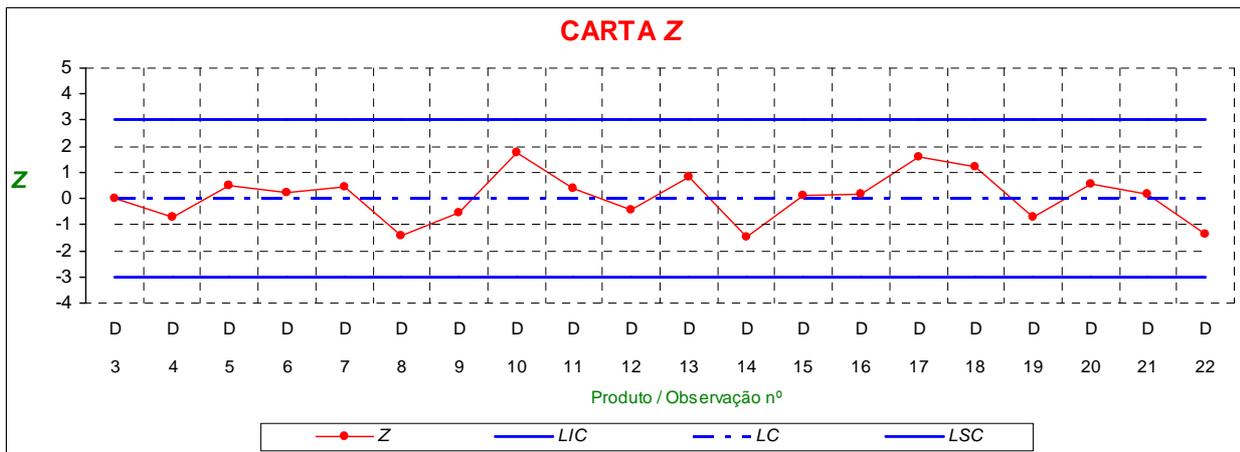
Parâmetro da cor L^* Quadro IV.5 – Especificações para parâmetro da cor L^* dos cinco produtos.

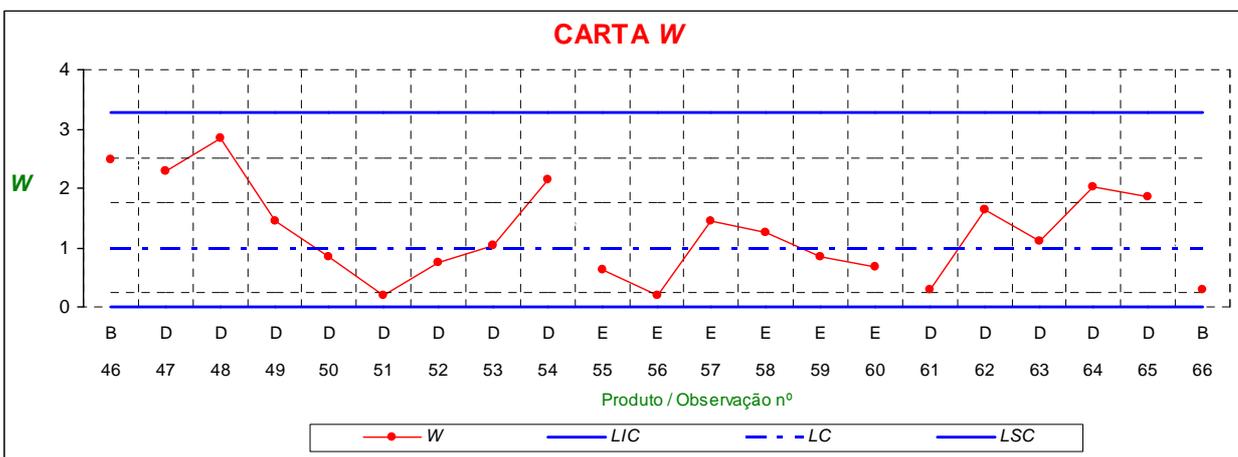
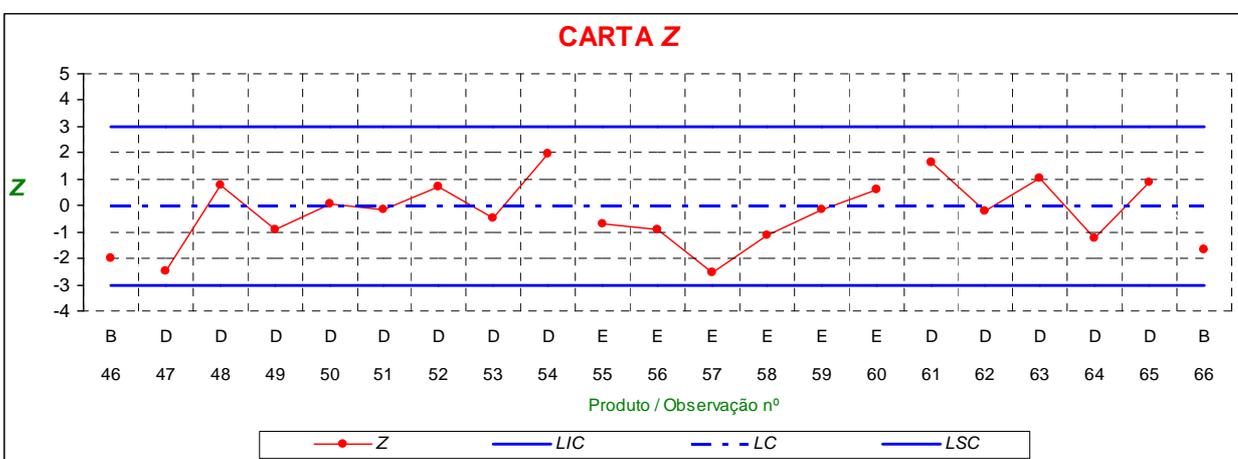
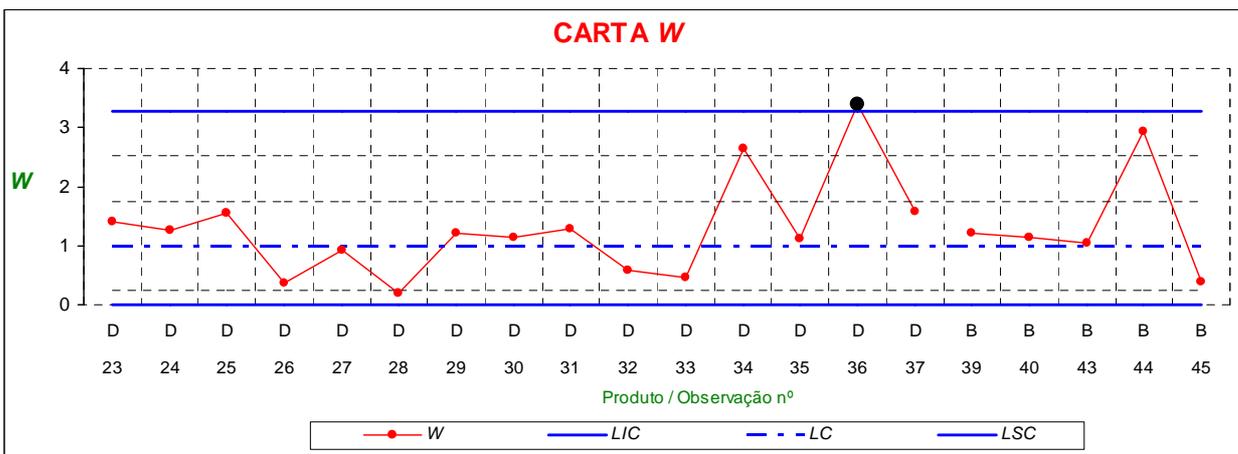
Produto	LIE	LSE
A	67,00	75,00
B	71,00	83,00
C	72,00	78,00
D	72,00	78,00
E	66,00	78,00

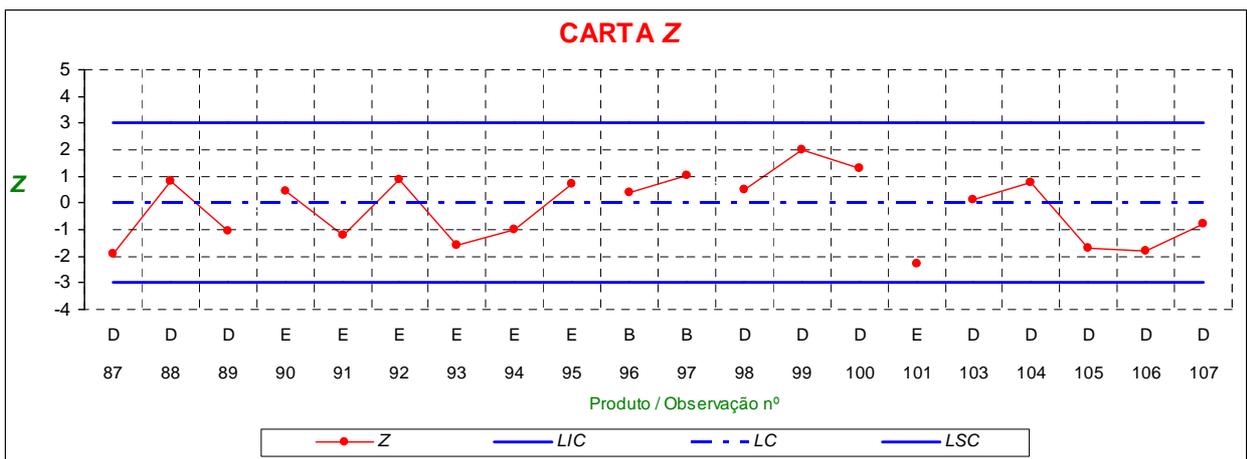
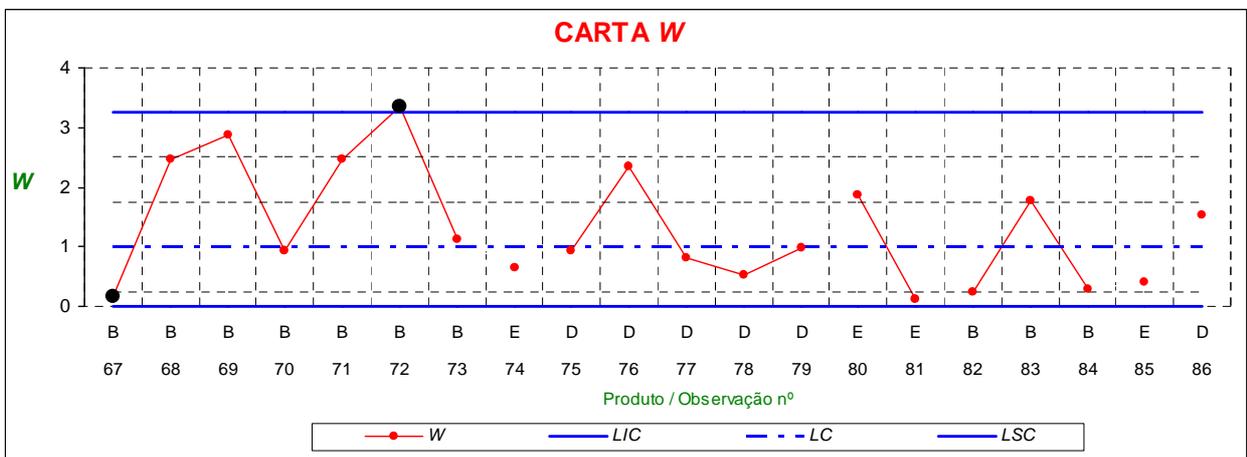
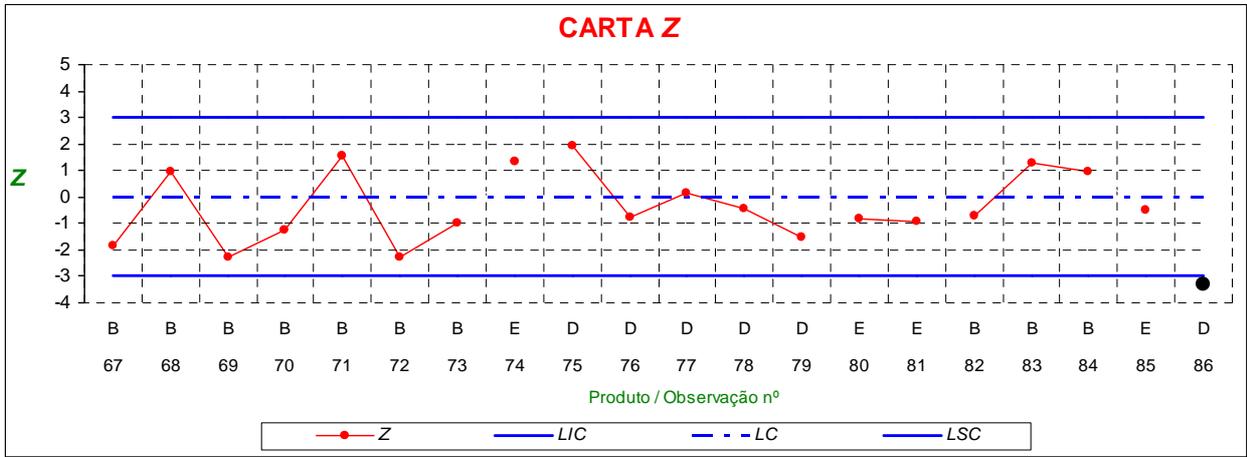
N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
3	D	1317687/4	03-11-2008	74,85	0,05	-0,01	0,06
4	D	1317687/5	03-11-2008	74,38	0,47	-0,68	0,60
5	D	1317687/1	05-11-2008	75,20	0,82	0,49	1,04
6	D	1317687/2	05-11-2008	75,01	0,19	0,22	0,24
7	D	1317687/3	05-11-2008	75,18	0,17	0,47	0,22
8	D	1318305/1	11-11-2008	73,86	1,32	-1,43	1,68
9	D	1318305/2	11-11-2008	74,49	0,63	-0,53	0,80
10	D	1318305/3	11-11-2008	76,08	1,59	1,76	2,02
11	D	1318305/4	11-11-2008	75,14	0,94	0,41	1,20
12	D	1318305/5	11-11-2008	74,55	0,59	-0,44	0,75
13	D	1318305/6	11-11-2008	75,44	0,89	0,84	1,13
14	D	1319556/1	20-11-2008	73,81	1,63	-1,50	2,08
15	D	1319556/2	20-11-2008	74,93	1,12	0,11	1,43
16	D	1319556/3	20-11-2008	74,97	0,04	0,16	0,05
17	D	1319556/4	20-11-2008	75,96	0,99	1,59	1,26
18	D	1319556/5	20-11-2008	75,70	0,26	1,21	0,33
19	D	1319556/6	20-11-2008	74,35	1,35	-0,73	1,72
20	D	1320599/1	02-12-2008	75,25	0,90	0,57	1,15
21	D	1320599/2	02-12-2008	74,96	0,29	0,15	0,37
22	D	1320599/3	02-12-2008	73,91	1,05	-1,36	1,34
23	D	1320599/4	02-12-2008	75,01	1,10	0,22	1,40
24	D	1320599/5	02-12-2008	76,00	0,99	1,64	1,26
25	D	1320599/6	02-12-2008	74,79	1,21	-0,09	1,54
26	D	1321586/1	05-12-2008	75,08	0,29	0,32	0,37
27	D	1321586/2	05-12-2008	75,81	0,73	1,37	0,93
28	D	1321586/3	05-12-2008	75,65	0,16	1,14	0,20
29	D	1321586/4	05-12-2008	74,70	0,95	-0,22	1,21
30	D	1321586/5	05-12-2008	73,81	0,89	-1,50	1,13
31	D	1321586/6	05-12-2008	74,81	1,00	-0,07	1,27
32	D	1321586/7	05-12-2008	74,36	0,45	-0,71	0,57
33	D	1321586/8	05-12-2008	73,99	0,37	-1,24	0,47
34	D	1321586/9	05-12-2008	71,91	2,08	-4,23	2,65
35	D	1321586/10	05-12-2008	71,04	0,87	-5,48	1,11
36	D	1321586/11	05-12-2008	73,71	2,67	-1,65	3,40
37	D	1321586/12	05-12-2008	74,94	1,23	0,12	1,57
39	B	1327888/3	17-02-2009	73,23	1,87	-3,05	1,20
40	B	1327888/4	17-02-2009	74,99	1,76	-1,77	1,13
43	B	1330245/1	13-03-2009	73,38	1,61	-2,94	1,04
44	B	1330245/2	13-03-2009	77,94	4,56	0,37	2,94

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
45	B	1330245/3	13-03-2009	78,55	0,61	0,82	0,39
46	B	1330245/4	13-03-2009	74,71	3,84	-1,97	2,47
47	D	1330693/1	16-03-2009	73,14	1,80	-2,46	2,29
48	D	1330693/2	16-03-2009	75,38	2,24	0,75	2,85
49	D	1330693/3	16-03-2009	74,24	1,14	-0,88	1,45
50	D	1330693/4	16-03-2009	74,91	0,67	0,08	0,85
51	D	1330693/5	16-03-2009	74,76	0,15	-0,14	0,19
52	D	1330693/6	16-03-2009	75,35	0,59	0,71	0,75
53	D	1330693/7	16-03-2009	74,53	0,82	-0,47	1,04
54	D	1330693/8	16-03-2009	76,22	1,69	1,96	2,15
55	E	1331013	18-03-2009	71,19	0,98	-0,70	0,63
56	E	1330774	19-03-2009	70,89	0,30	-0,92	0,19
57	E	1331085/1	19-03-2009	68,65	2,24	-2,54	1,44
58	E	1331085/2	19-03-2009	70,61	1,96	-1,12	1,26
59	E	1331085/3	19-03-2009	71,92	1,31	-0,17	0,84
60	E	1331085/4	19-03-2009	72,96	1,04	0,58	0,67
61	D	1332070/1	08-04-2009	75,99	0,23	1,63	0,29
62	D	1332070/4	08-04-2009	74,70	1,29	-0,22	1,64
63	D	1332487/1	08-04-2009	75,58	0,88	1,04	1,12
64	D	1332487/4	08-04-2009	73,99	1,59	-1,24	2,02
65	D	1332487/6	08-04-2009	75,45	1,46	0,85	1,86
66	B	1333829/1	19-04-2009	75,15	0,44	-1,65	0,28
67	B	1333829/2	19-04-2009	74,90	0,25	-1,83	0,16
68	B	1333829/3	19-04-2009	78,72	3,82	0,94	2,46
69	B	1333829/4	19-04-2009	74,27	4,45	-2,29	2,87
70	B	1333829/5	19-04-2009	75,71	1,44	-1,25	0,93
71	B	1333829/6	19-04-2009	79,53	3,82	1,53	2,46
72	B	1333829/7	19-04-2009	74,33	5,20	-2,25	3,35
73	B	1333829/8	19-04-2009	76,07	1,74	-0,98	1,12
74	E	1334375	21-04-2009	73,97	1,01	1,31	0,65
75	D	1335231/1	04-05-2009	76,18	0,73	1,90	0,93
76	D	1335231/4	04-05-2009	74,33	1,85	-0,76	2,36
77	D	1335231/7	04-05-2009	74,97	0,64	0,16	0,81
78	D	1335231/10	04-05-2009	74,56	0,41	-0,43	0,52
79	D	1335231/12	04-05-2009	73,78	0,78	-1,55	0,99
80	E	1335888/1	11-05-2009	71,05	2,92	-0,80	1,87
81	E	1335888/4	11-05-2009	70,85	0,20	-0,95	0,13
82	B	1336934/1	15-05-2009	76,43	0,36	-0,72	0,23
83	B	1336934/3	15-05-2009	79,17	2,74	1,27	1,77
84	B	1336934/6	15-05-2009	78,73	0,44	0,95	0,28
85	E	1337335	18-05-2009	71,48	0,63	-0,49	0,40
86	D	1337709/1	25-05-2009	72,57	1,21	-3,28	1,54
87	D	1337709/4	25-05-2009	73,51	0,94	-1,93	1,20
88	D	1337709/7	25-05-2009	75,44	1,93	0,84	2,46
89	D	1337709/10	25-05-2009	74,11	1,33	-1,07	1,69
90	E	1337874/1	26-05-2009	72,80	1,32	0,47	0,85
91	E	1337874/2	26-05-2009	70,49	2,31	-1,21	1,48
92	E	1338452	01-06-2009	73,38	2,89	0,89	1,85
93	E	1337874/4	02-06-2009	69,98	3,40	-1,58	2,18
94	E	1337874/7	02-06-2009	70,74	0,76	-1,03	0,49
95	E	1337874/9	02-06-2009	73,12	2,38	0,70	1,53
96	B	1338938/1	03-06-2009	77,95	0,78	0,38	0,50
97	B	1338938/4	03-06-2009	78,86	0,91	1,04	0,59
98	D	1339148/1	16-06-2009	75,20	1,09	0,49	1,39
99	D	1339148/3	16-06-2009	76,23	1,03	1,97	1,31

N.º	Produto	Lote	Data	X	MR	Z	W
100	D	1339148/6	16-06-2009	75,77	0,46	1,31	0,59
101	E	1340565	22-06-2009	69,02	4,10	-2,27	2,63
103	D	1341046/1	24-06-2009	74,96	0,81	0,15	1,03
104	D	1341046/4	24-06-2009	75,40	0,44	0,78	0,56
105	D	1341046/7	24-06-2009	73,67	1,73	-1,70	2,20
106	D	1341428/1	26-06-2009	73,61	0,06	-1,79	0,08
107	D	1341428/4	26-06-2009	74,31	0,70	-0,78	0,89
108	D	1341428/6	26-06-2009	73,94	0,37	-1,32	0,47
109	E	1341429	30-06-2009	71,79	2,77	-0,27	1,78
110	E	1341430/1	30-06-2009	72,43	0,64	0,20	0,41
111	E	1341430/2	30-06-2009	72,66	0,23	0,36	0,15
112	A	1341431	30-06-2009	69,43	2,39	-2,76	3,12
113	A	1341432	30-06-2009	70,77	1,34	-0,79	1,75
114	D	1341795/1	02-07-2009	75,58	1,64	1,04	2,09
115	D	1341795/4	02-07-2009	75,05	0,53	0,28	0,67
116	D	1341795/6	02-07-2009	74,63	0,42	-0,32	0,53
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	74,17	0,46	-0,99	0,59
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	74,27	0,10	-0,84	0,13
119	D	1342063/3	03-07-2009	75,46	1,19	0,87	1,52
120	B	1342287/1	07-07-2009	73,77	5,09	-2,66	3,28
121	B	1342287/4	07-07-2009	76,01	2,24	-1,03	1,44
122	A	---	08-07-2009	71,51	0,74	0,30	0,97
123	A	---	08-07-2009	71,67	0,16	0,54	0,21
124	A	---	08-07-2009	70,94	0,73	-0,54	0,95







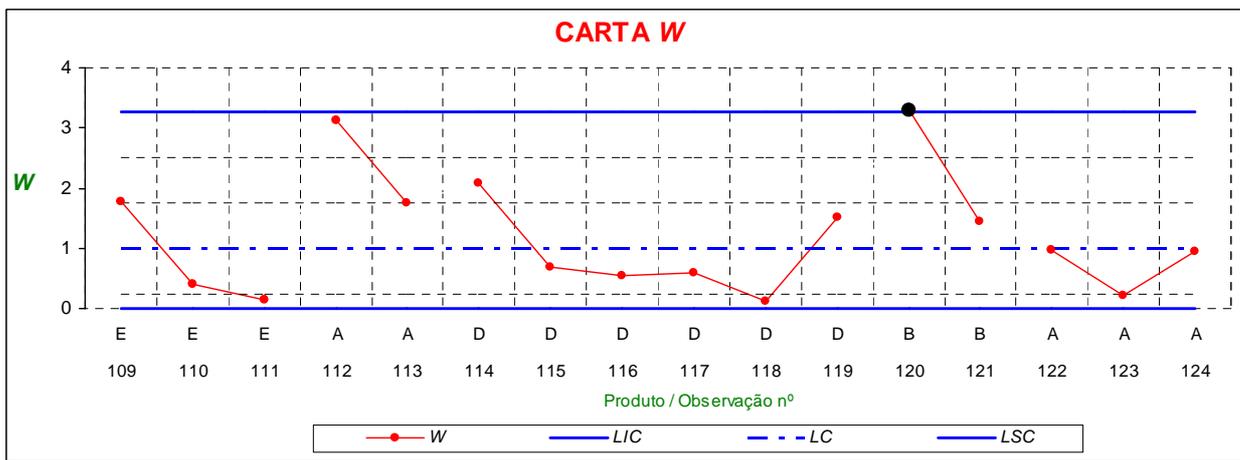
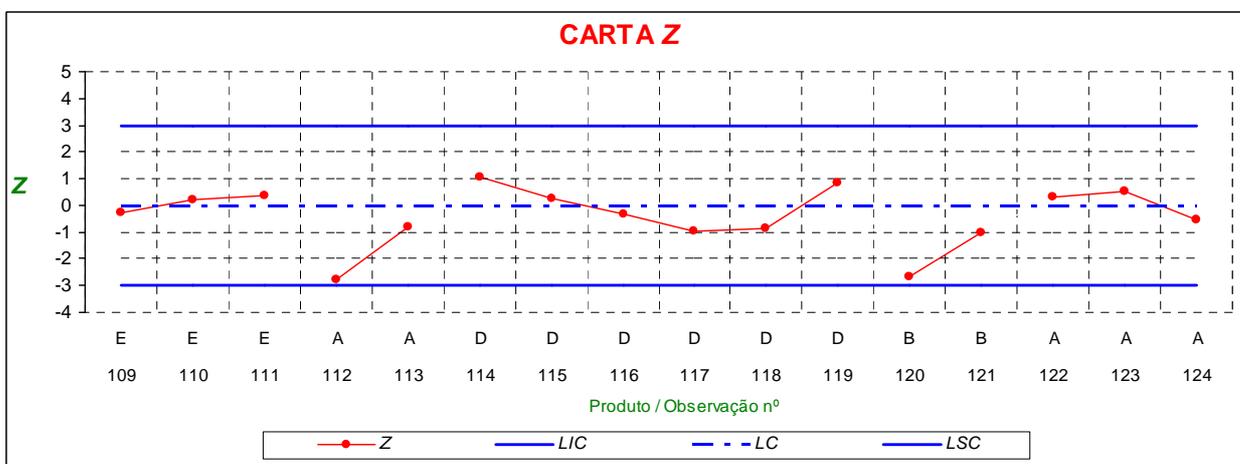
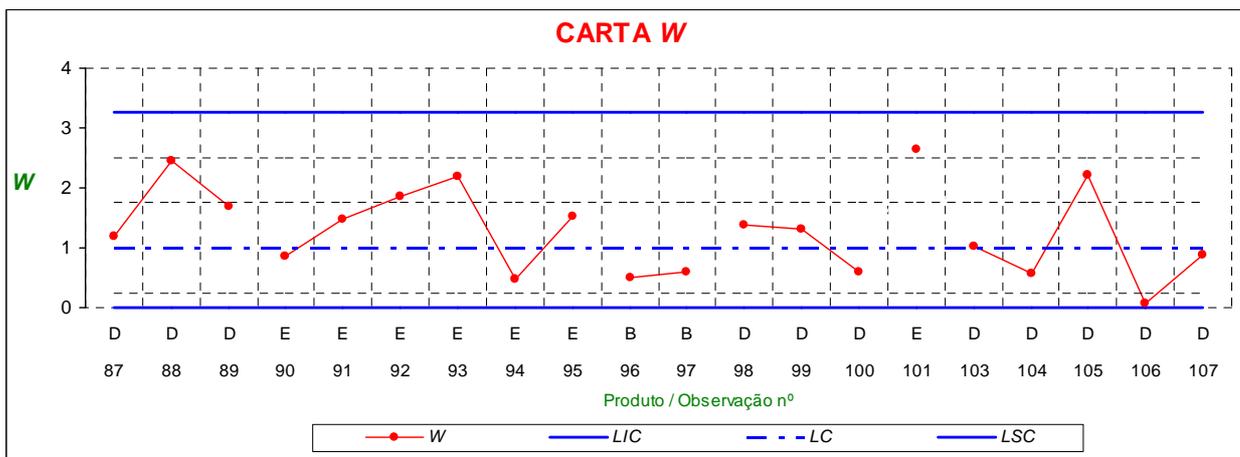


Figura IV.5 – Cartas de controle Z/W para o parâmetro da cor L^* dos quatro produtos.

ANEXO V

CONTROLO ESTATÍSTICO MULTIVARIADO DO PROCESSO – FASE 1

- **Cartas multivariadas iniciais**
- **Cartas multivariadas revistas**
- **Estudo da Capacidade do processo**

Anexo V. Controlo Estatístico Multivariado do Processo – Fase 1

V.1. Cartas Multivariadas T^2 iniciais

LSC = 13,53

N.º	T^2				
	A	B	C	D	E
1	2,80	13,79	3,52	7,56	9,94
2	5,40	2,19	4,23	2,82	4,60
3	5,83	2,30	2,67	4,03	5,96
4	1,63	7,04	7,01	3,11	2,06
5	5,81	4,99	4,37	7,00	18,28
6	2,37	3,26	2,49	3,93	6,38
7	0,89	8,71	3,09	2,08	2,11
8	6,31	20,49	4,16	2,21	1,33
9	14,01	7,11	3,10	2,16	1,81
10	0,89	10,88	10,80	2,53	17,90
11	5,91	0,48	1,86	12,18	3,02
12	3,91	3,28	2,77	2,09	34,92
13	14,87	3,29	6,06	2,92	0,86
14	1,71	2,47	3,11	2,44	5,48
15	10,95	2,26	21,67	3,34	2,96
16	1,97	1,08	8,28	3,53	14,10
17	4,03	2,94	5,36	3,49	6,18
18	11,67	1,35	2,88	2,84	0,92
19	1,82	2,86	1,87	13,95	4,35
20	3,06	2,12	4,93	13,81	1,64
21	1,32	2,38	3,86	5,99	1,90
22	24,89	3,72	1,93	9,83	7,16
23	4,23	2,40	0,85	9,61	2,59
24	3,88	3,68	2,47	7,13	9,13
25	4,08	0,14	4,23	4,88	2,98
26	1,86	0,98	1,81	1,11	2,90
27	20,70	4,32	7,79	15,46	4,85
28	3,37	3,09	2,30	3,34	3,14
29	1,38	3,70	4,29	9,12	0,47
30	2,26	3,50	2,25	4,74	7,41
31	4,88	2,03	6,19	1,43	2,96
32	5,62	0,48	5,64	7,78	2,11
33	2,98	1,64	3,88	2,40	4,43
34	0,47	1,47	5,11	1,28	3,50
35	2,30	1,48	4,70	4,86	2,53
36	3,67	1,48	0,92	2,45	1,29
37	2,87	2,89	8,56	5,13	3,01
38	3,53	3,40	5,35	3,99	2,50
39	0,61	3,72	2,29	4,03	2,45
40	2,17	2,12	5,66	2,41	1,29
41	8,06	0,66	4,68	4,92	2,61
42	3,56	1,91	2,88	0,54	4,93
43	6,45	1,23	11,06	2,83	3,09

N.º	T ²				
	A	B	C	D	E
44	3,98	14,97	19,47	0,36	3,19
45	0,30	5,51	3,65	2,49	4,93
46	25,33	2,84	4,63	11,91	2,42
47	2,08	2,69	1,40	0,59	3,79
48	4,32	1,99	0,47	1,50	8,38
49	2,78	4,20	28,52	7,46	9,19
50	2,18	1,89	3,99	2,03	8,19
51	3,46	1,75	2,12	1,53	1,49
52	3,39	2,08	2,33	0,59	4,74
53	3,65	3,40	6,29	6,44	3,36
54	2,61	2,60	3,75	1,16	2,00
55	4,41	32,50	3,77	2,97	1,93
56	2,62	3,81	2,51	18,36	4,74
57	0,97	6,28	1,72	4,12	6,27
58	6,90	4,75	1,94	3,59	8,15
59	4,82	2,01	0,72	5,08	2,98
60	3,61	3,02	1,74	5,25	3,61
61	2,36	2,07	25,30	34,39	5,04
62	6,99	13,38	7,33	1,63	2,38
63	0,99	4,53	2,22	10,57	2,25
64	2,77	2,10	2,62	2,30	16,97
65	5,00	1,16	7,26	3,02	5,25
66	11,59	2,13	2,33	5,92	3,67
67	3,56	1,64	2,32	1,61	3,91
68	4,52	1,67	2,99	0,78	9,32
69	3,56	0,70	5,39	4,02	2,99
70	3,19	2,68	8,76	1,55	6,87
71	1,18	4,51	10,83	6,07	1,49
72	1,43	1,59	0,89	5,05	3,13
73	13,53	6,74	0,69	5,94	0,70
74	13,85	64,66	3,17	6,53	3,94
75	6,29	3,10	1,21	3,94	3,19
76	0,75	15,50	6,37	0,57	1,77
77	4,68	7,12	2,14	3,61	7,63
78	4,43	2,50	5,60	5,50	5,68
79	3,77	2,89	1,03	1,83	2,75
80	2,24	2,70	4,59	1,46	2,64

V.1.1. Produto A

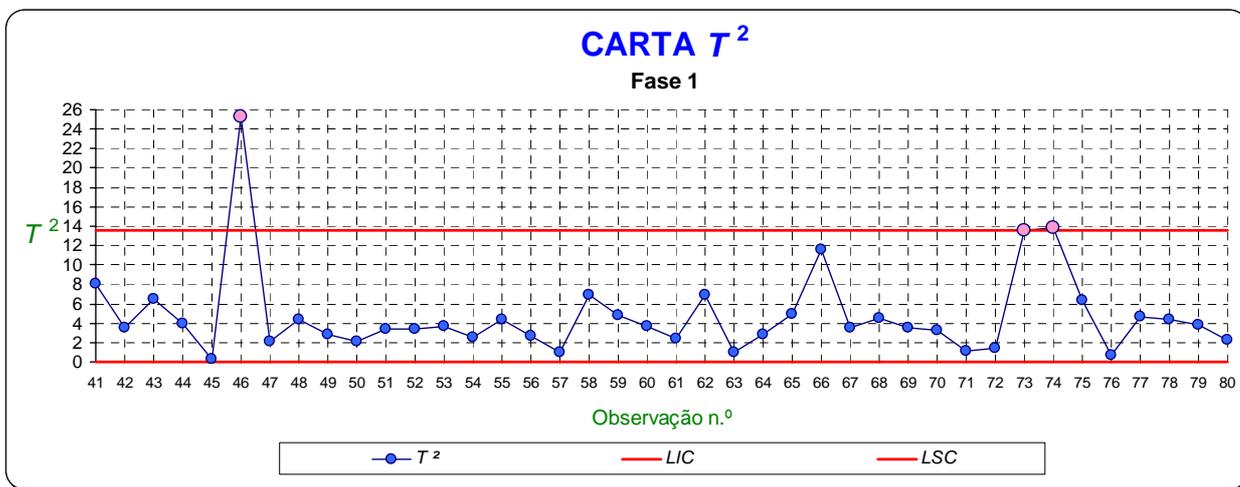
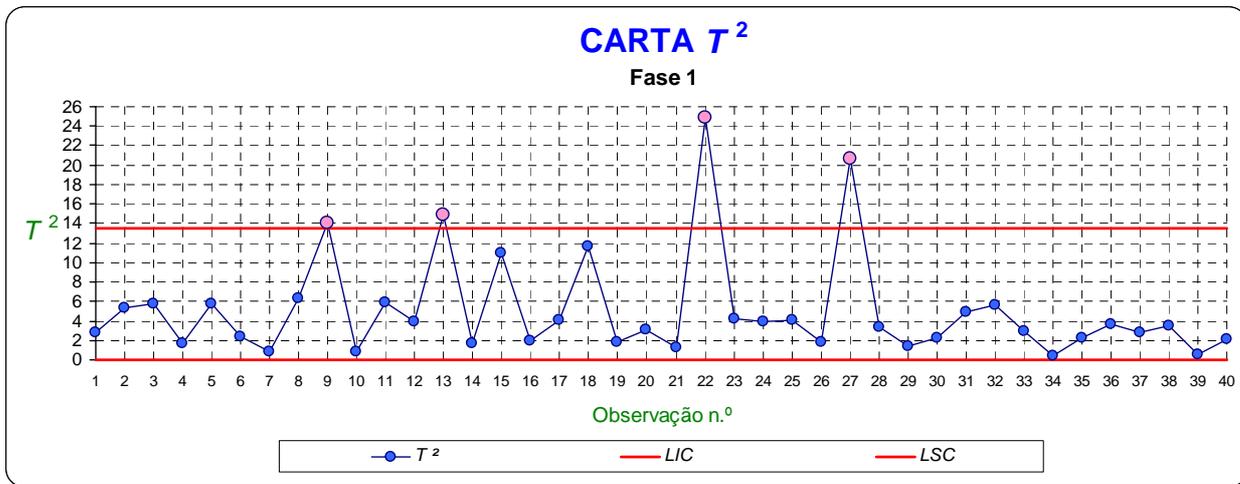


Figura V.1 – Fase 1 – Carta multivariada para o produto A.

V.1.2. Produto B

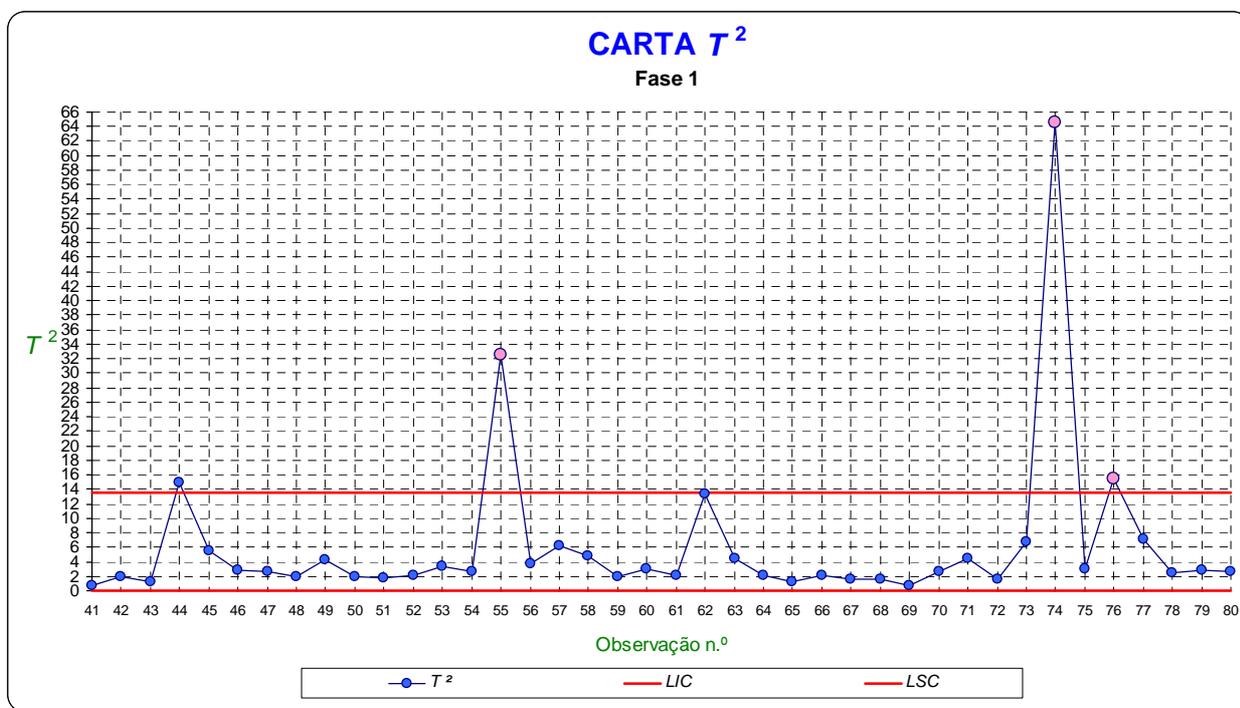
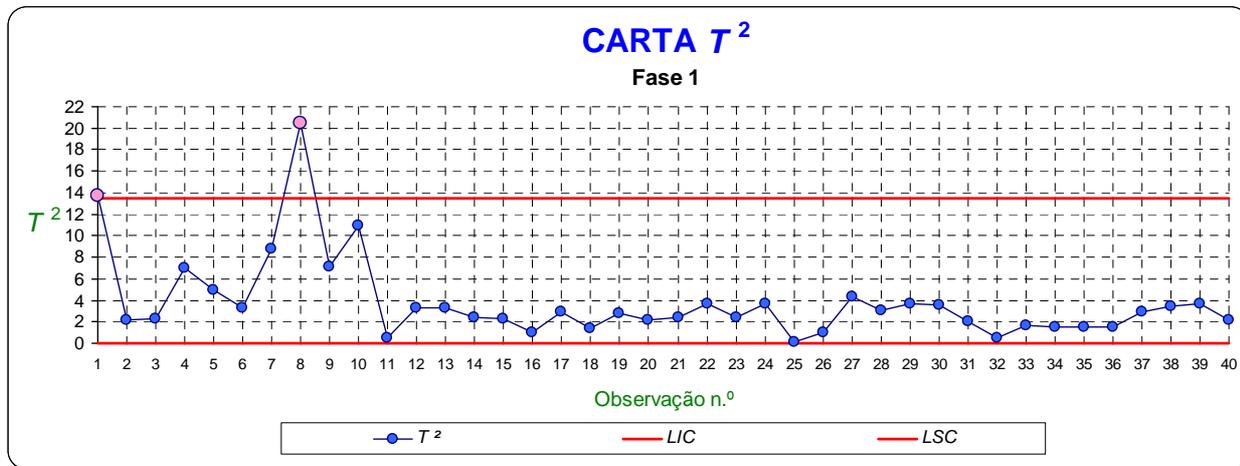


Figura V.2 – Fase 1 – Carta multivariada para o produto B.

V.1.3. Produto C

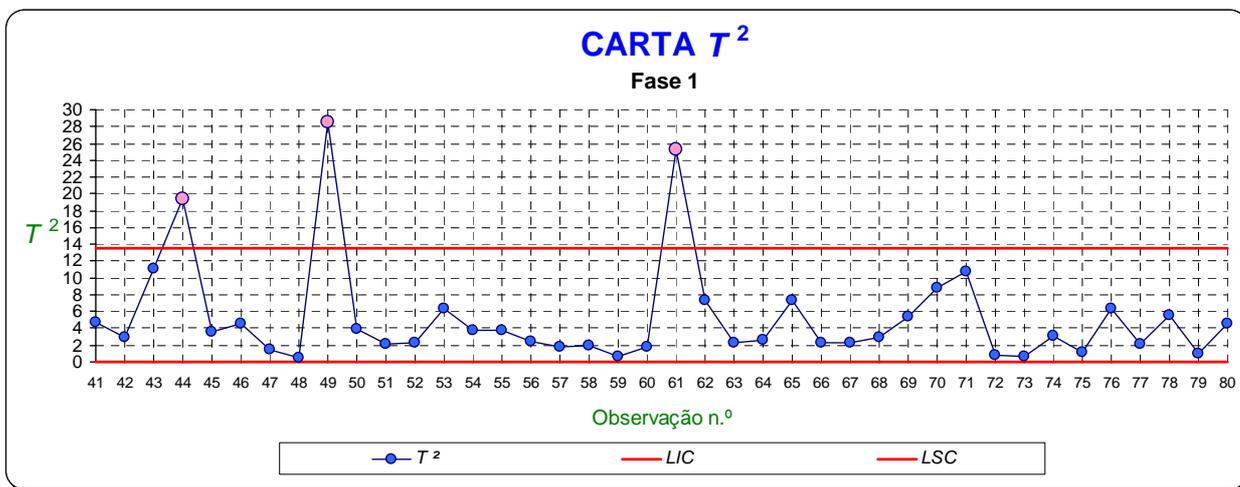
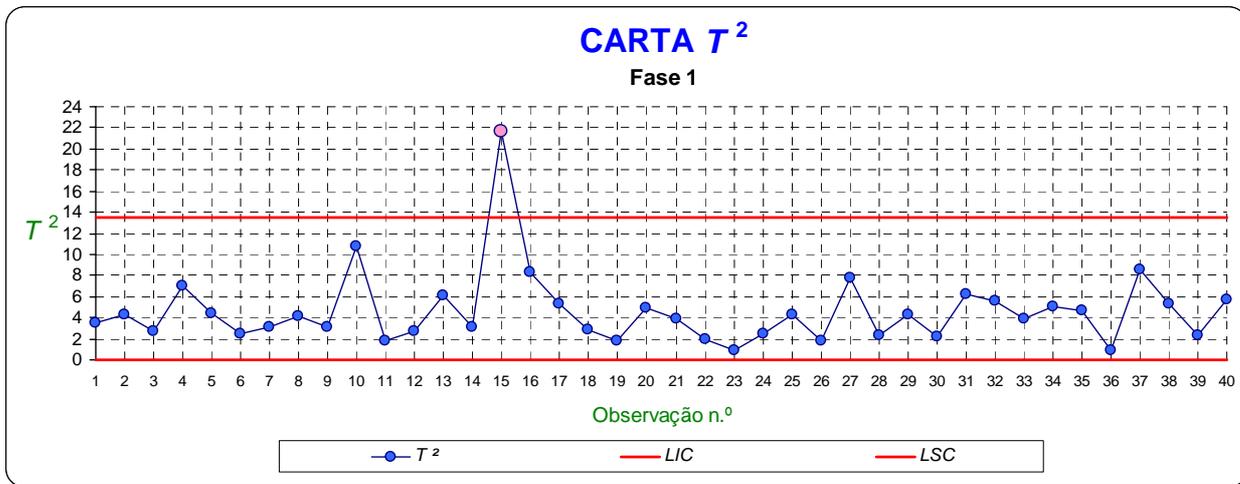


Figura V.3 – Fase 1 – Carta multivariada inicial para o produto C.

V.1.4. Produto E

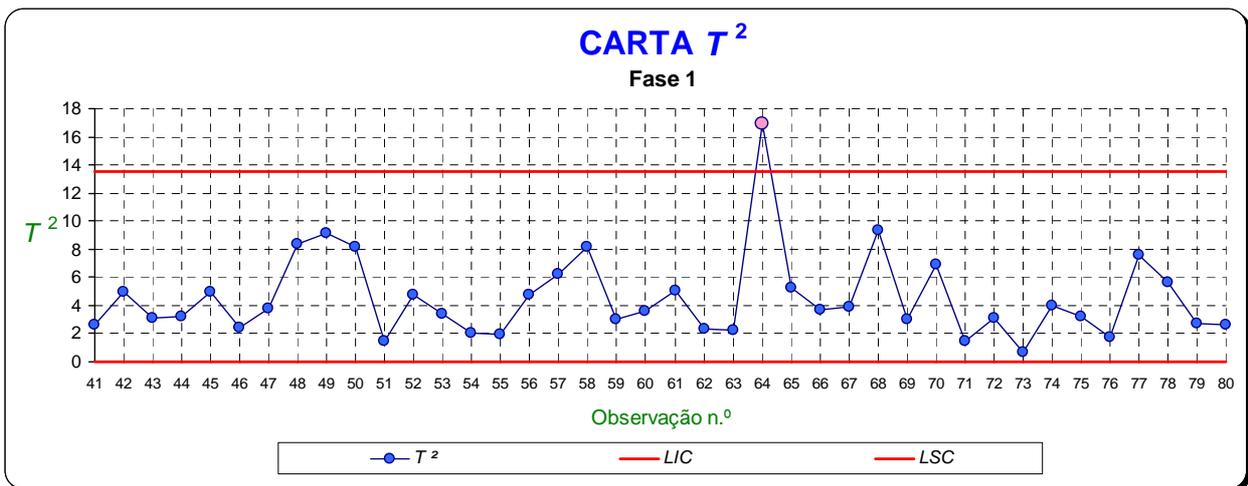
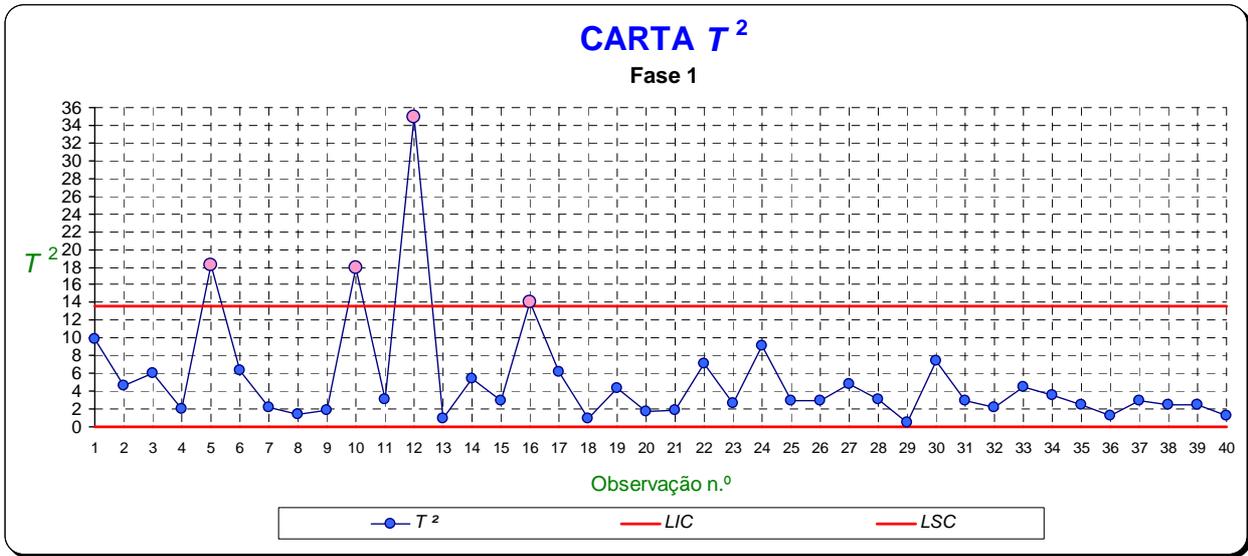


Figura V.4 – Fase 1 – Carta multivariada inicial para o produto E.

V.2. Cartas 7² revistas

V.2.1. Produto A

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LTC
1	1293552	08-02-2008	162,50	5,70	12,83	58,94	70,75	2,80	13,53	0
2	1293938	14-02-2008	180,10	5,78	13,11	56,86	70,14	5,40	13,53	0
3	1299568	24-04-2008	142,60	5,80	12,63	58,59	70,68	5,83	13,53	0
4	1300385	01-05-2008	186,60	5,71	12,65	55,85	71,07	1,63	13,53	0
5	1301115	12-05-2008	199,90	5,63	12,58	55,77	72,07	5,81	13,53	0
6	1301870/1	20-05-2008	175,40	5,69	11,87	56,29	70,85	2,37	13,53	0
7	1301870/2	20-05-2008	163,90	5,68	12,95	54,31	71,65	0,89	13,53	0
8	1301870/3	20-05-2008	171,80	5,59	13,99	58,27	70,94	6,31	13,53	0
9	1304500/1	18-06-2008	162,30	5,64	13,62	60,87	74,43	14,01	13,53	0
10	1304500/2	18-06-2008	151,50	5,73	12,64	56,20	71,62	0,89	13,53	0
11	1304500/3	19-06-2008	138,10	5,66	12,48	58,56	71,67	5,91	13,53	0
12	1304812	19-06-2008	137,70	5,73	13,09	55,10	71,01	3,91	13,53	0
13	1306013/1	04-07-2008	215,00	5,68	14,21	59,31	69,63	14,87	13,53	0
14	1306013/2	08-07-2008	170,90	5,68	12,23	51,91	71,05	1,71	13,53	0
15	1306013/3	08-07-2008	188,50	5,67	11,68	46,75	70,21	10,95	13,53	0
16	1307856	23-07-2008	173,00	5,77	12,42	56,78	71,02	1,97	13,53	0
17	1309320	07-08-2008	194,20	5,65	12,80	52,69	71,62	4,03	13,53	0
18	1309321	07-08-2008	182,70	5,68	11,36	46,09	71,51	11,67	13,53	0
19	1309322	07-08-2008	160,20	5,70	11,65	55,27	70,91	1,82	13,53	0
20	1309323	07-08-2008	168,50	5,74	11,83	54,01	69,88	3,06	13,53	0
21	1309324	07-08-2008	175,30	5,74	13,24	55,95	71,32	1,32	13,53	0
22	1310385	01-09-2008	196,80	5,67	16,85	58,95	72,62	24,89	13,53	0
23	1310386	01-09-2008	181,40	5,76	12,53	58,87	72,05	4,23	13,53	0
24	1311773	05-09-2008	181,10	5,68	12,71	59,38	72,12	3,88	13,53	0
25	1311772	05-09-2008	176,40	5,60	13,19	57,24	71,39	4,08	13,53	0
26	1311386	15-09-2008	166,20	5,66	12,36	56,99	71,59	1,86	13,53	0
27	1308826	19-09-2008	229,70	5,81	12,32	50,91	71,03	20,70	13,53	0
28	1313537/1	22-09-2008	144,50	5,74	11,13	54,36	71,53	3,37	13,53	0
29	1313537/2	22-09-2008	170,30	5,71	11,71	52,70	71,46	1,38	13,53	0
30	1313537/3	22-09-2008	182,80	5,70	12,97	55,19	70,33	2,26	13,53	0
31	1313537/4	22-09-2008	186,40	5,61	12,97	57,97	71,92	4,88	13,53	0
32	1313537/5	22-09-2008	197,20	5,63	12,87	58,06	71,09	5,62	13,53	0
33	1313537/6	22-09-2008	163,60	5,64	12,09	54,65	70,71	2,98	13,53	0
34	1314968/1	07-10-2008	169,30	5,73	12,33	53,85	70,89	0,47	13,53	0
35	1314968/2	07-10-2008	163,10	5,69	11,55	54,34	71,91	2,30	13,53	0
36	1314968/3	07-10-2008	176,50	5,76	11,68	57,28	71,23	3,67	13,53	0
37	1314968/4	07-10-2008	155,10	5,70	11,57	56,49	71,05	2,87	13,53	0
38	1315333/1	14-10-2008	163,30	5,81	12,23	54,47	72,39	3,53	13,53	0
39	1315333/2	14-10-2008	172,10	5,71	12,72	54,20	71,89	0,61	13,53	0
40	1316424/1	21-10-2008	148,50	5,79	11,86	54,80	71,03	2,17	13,53	0
41	1316424/2	21-10-2008	145,70	5,72	11,29	50,51	72,95	8,06	13,53	0
42	1317153/1	28-10-2008	155,10	5,77	12,42	58,63	72,43	3,56	13,53	0
43	1317153/2	29-10-2008	138,70	5,82	11,41	57,59	71,24	6,45	13,53	0
44	1317153/3	29-10-2008	159,60	5,69	13,44	59,19	72,73	3,98	13,53	0
45	1317153/4	29-10-2008	157,70	5,72	12,28	54,43	71,50	0,30	13,53	0
46	1319165/1	18-11-2008	165,90	5,78	11,92	55,87	75,98	25,33	13,53	0

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T²	LSC	LIC
47	1319165/2	18-11-2008	167,30	5,69	13,73	57,34	71,95	2,08	13,53	0
48	1319165/3	18-11-2008	170,80	5,79	13,21	58,31	72,26	4,32	13,53	0
49	1319165/4	18-11-2008	159,30	5,79	13,05	56,93	71,91	2,78	13,53	0
50	1319165/5	19-11-2008	148,00	5,70	13,13	56,17	71,07	2,18	13,53	0
51	1319165/6	19-11-2008	148,00	5,74	13,03	58,38	70,79	3,46	13,53	0
52	1320378/1	28-11-2008	166,00	5,72	13,90	54,99	72,00	3,39	13,53	0
53	1320378/2	28-11-2008	189,00	5,64	13,12	57,47	70,83	3,65	13,53	0
54	1320378/3	28-11-2008	141,40	5,71	12,23	53,67	71,79	2,61	13,53	0
55	1320378/4	28-11-2008	158,20	5,64	12,73	52,92	72,36	4,41	13,53	0
56	1320378/5	28-11-2008	147,30	5,77	12,36	53,38	72,15	2,62	13,53	0
57	1320378/6	28-11-2008	171,60	5,73	12,06	53,39	71,85	0,97	13,53	0
58	1322960	22-12-2008	132,80	5,76	12,46	57,29	70,05	6,90	13,53	0
59	1323424 m	07-01-2009	153,70	5,69	12,44	50,60	72,18	4,82	13,53	0
60	1324213/1	14-01-2009	143,90	5,73	13,27	53,92	71,27	3,61	13,53	0
61	1324213/2	14-01-2009	169,00	5,70	12,93	51,70	71,57	2,36	13,53	0
62	1324213/3	14-01-2009	159,40	5,72	13,78	51,30	71,88	6,99	13,53	0
63	1324213/4	14-01-2009	153,20	5,75	12,53	54,27	71,03	0,99	13,53	0
64	1329259/1	03-03-2009	176,70	5,77	13,08	53,53	71,55	2,77	13,53	0
65	1329259/2	03-03-2009	147,70	5,81	12,33	51,24	70,95	5,00	13,53	0
66	1329259/3	03-03-2009	140,30	5,85	12,62	49,50	71,01	11,59	13,53	0
67	1330582	16-03-2009	173,90	5,68	11,53	55,28	72,11	3,56	13,53	0
68	1333063	13-04-2009	157,50	5,70	13,17	51,27	70,60	4,52	13,53	0
69	1333064	13-04-2009	165,60	5,77	11,87	53,22	69,85	3,56	13,53	0
70	1334474/1	22-04-2009	149,30	5,74	11,58	56,16	70,53	3,19	13,53	0
71	1334474/5	22-04-2009	166,90	5,71	13,19	54,56	70,82	1,18	13,53	0
72	1334475	22-04-2009	153,70	5,72	12,50	56,13	70,64	1,43	13,53	0
73	1336163	07-05-2009	176,70	5,81	9,75	53,79	72,06	13,53	13,53	0
74	1335889/1	11-05-2009	158,70	5,53	12,90	52,74	70,05	13,85	13,53	0
75	1335889/4	11-05-2009	159,80	5,65	11,54	50,29	70,18	6,29	13,53	0
76	1335889/6	11-05-2009	166,80	5,67	13,00	55,34	71,41	0,75	13,53	0
77	1337478	19-05-2009	183,60	5,77	11,48	51,47	70,48	4,68	13,53	0
78	1338753/1	08-06-2009	145,30	5,81	11,53	55,94	70,70	4,43	13,53	0
79	1338753/4	08-06-2009	168,90	5,82	12,39	53,06	71,39	3,77	13,53	0
80	1338753/6	08-06-2009	157,80	5,75	11,21	53,54	70,93	2,24	13,53	0
81	1340885/1	24-06-2009	138,30	5,72	11,93	56,11	71,61	4,17	13,53	0
82	1340885/5	24-06-2009	170,40	5,85	13,71	56,11	71,82	11,80	13,53	0
83	1341431	30-06-2009	176,60	5,77	12,61	57,23	69,43	9,82	13,53	0
84	1341432	30-06-2009	159,20	5,67	12,17	58,27	70,77	4,07	13,53	0
85	---	08-07-2009	163,90	5,72	12,47	54,90	71,31	0,00	13,53	0
86	---	08-07-2009	158,20	5,69	11,93	54,52	71,67	1,67	13,53	0
87	---	08-07-2009	167,50	5,75	12,75	55,34	70,94	0,92	13,53	0

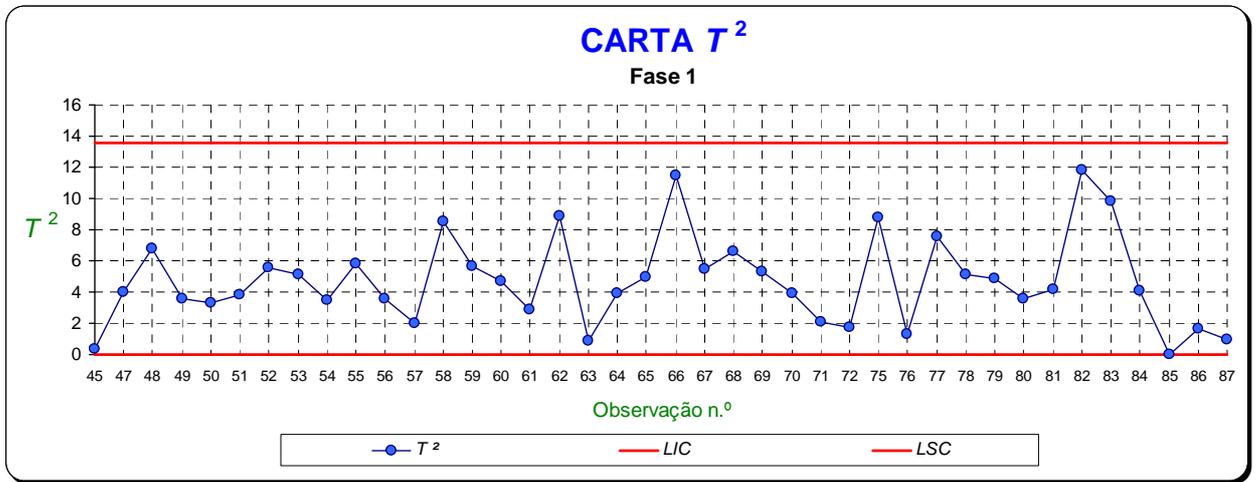
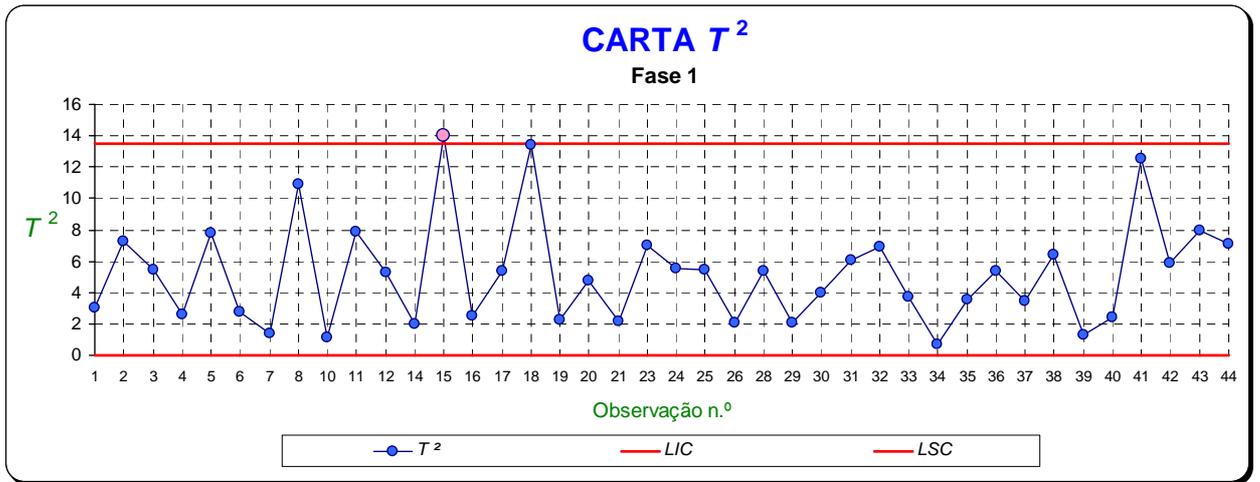


Figura V.5 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto A.

V.2.2. Produto B

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
1	1293243/2	07-02-2008	170,30	6,47	9,00	63,75	77,25	13,79	13,53	0
2	1293243/3	07-02-2008	156,80	6,34	8,93	59,58	77,99	2,19	13,53	0
3	1293770/1	14-02-2008	164,20	6,37	8,43	56,87	79,72	2,30	13,53	0
4	1293770/2	14-02-2008	169,30	6,23	10,34	61,10	74,80	7,04	13,53	0
5	1296176/1	14-03-2008	185,10	6,30	9,86	56,16	76,54	4,99	13,53	0
6	1296176/2	14-03-2008	150,60	6,33	9,83	59,46	75,27	3,26	13,53	0
7	1296309/1	17-03-2008	160,00	6,37	10,67	53,35	72,75	8,71	13,53	0
8	1296309/3	18-03-2008	165,70	6,41	12,54	56,67	69,41	20,49	13,53	0
9	1299422/1	23-04-2008	190,90	6,31	9,73	59,07	75,66	7,11	13,53	0
10	1299422/2	23-04-2008	199,80	6,29	9,40	57,91	79,12	10,88	13,53	0
11	1299422/3	23-04-2008	146,90	6,30	9,47	57,50	76,78	0,48	13,53	0
12	1301006	09-05-2008	172,30	6,23	9,14	54,95	76,75	3,28	13,53	0
13	1301544	14-05-2008	173,10	6,28	10,10	56,72	74,93	3,29	13,53	0
14	1303474/4	04-06-2008	155,10	6,30	10,49	57,74	76,18	2,47	13,53	0
15	1304289/1	13-06-2008	149,60	6,37	9,73	58,09	75,22	2,26	13,53	0
16	1304289/2	13-06-2008	154,50	6,25	9,92	56,84	76,99	1,08	13,53	0
17	1307647/1	21-07-2008	158,40	6,32	9,47	58,13	75,25	2,94	13,53	0
18	1307647/2	21-07-2008	153,70	6,39	8,61	55,88	78,69	1,35	13,53	0
19	1307647/3	21-07-2008	159,40	6,36	8,28	58,04	78,84	2,86	13,53	0
20	1308693	04-08-2008	158,60	6,41	9,41	55,05	78,43	2,12	13,53	0
21	1308694	04-08-2008	146,50	6,45	10,30	55,69	74,99	2,38	13,53	0
22	1308695	04-08-2008	129,60	6,37	9,91	56,08	75,24	3,72	13,53	0
23	1308696	04-08-2008	133,30	6,31	9,80	58,51	77,19	2,40	13,53	0
24	1308697	04-08-2008	139,90	6,44	10,16	54,58	74,92	3,68	13,53	0
25	1308698	04-08-2008	154,50	6,39	9,26	57,14	78,08	0,14	13,53	0
26	1308699	04-08-2008	147,30	6,44	8,94	56,64	79,01	0,98	13,53	0
27	1308700	04-08-2008	133,60	6,36	9,88	55,70	74,60	4,32	13,53	0
28	1310462/1	21-08-2008	168,70	6,46	8,75	59,39	78,69	3,09	13,53	0
29	1310462/2	22-08-2008	160,40	6,44	8,21	58,81	79,83	3,70	13,53	0
30	1310462/3	22-08-2008	170,00	6,33	9,15	60,19	77,61	3,50	13,53	0
31	1311012	28-08-2008	147,40	6,42	8,57	57,36	78,12	2,03	13,53	0
32	1311013	28-08-2008	163,90	6,38	9,41	56,72	77,45	0,48	13,53	0
33	1311015	28-08-2008	138,80	6,46	9,84	56,17	76,05	1,64	13,53	0
34	1311016	28-08-2008	153,80	6,37	9,36	59,08	76,83	1,47	13,53	0
35	1311017	28-08-2008	149,40	6,39	10,12	58,09	75,47	1,48	13,53	0
36	1311018	28-08-2008	147,40	6,44	9,23	54,83	77,94	1,48	13,53	0
37	1311019	28-08-2008	145,10	6,41	8,62	54,31	78,52	2,89	13,53	0
38	1315042/1	09-10-2008	164,80	6,23	9,52	59,79	78,65	3,40	13,53	0
39	1315042/2	09-10-2008	158,50	6,31	8,23	59,00	79,11	3,72	13,53	0
40	1315042/3	09-10-2008	156,00	6,27	8,38	57,67	79,60	2,12	13,53	0
41	1315042/4	09-10-2008	151,90	6,24	8,99	57,33	78,46	0,66	13,53	0
42	1315347	13-10-2008	140,10	6,31	8,87	56,15	77,27	1,91	13,53	0
43	1315348	13-10-2008	165,10	6,26	8,87	57,14	78,44	1,23	13,53	0
44	1315566/1	13-10-2008	185,50	7,05	10,66	56,85	77,46	14,97	13,53	0
45	1316422/1	21-10-2008	142,60	6,37	9,92	52,80	75,25	5,51	13,53	0
46	1316422/2	21-10-2008	128,20	6,34	9,82	56,29	76,88	2,84	13,53	0
47	1316422/3	21-10-2008	160,10	6,39	10,53	58,55	76,02	2,69	13,53	0
48	1316422/4	21-10-2008	135,40	6,37	9,79	56,06	75,97	1,99	13,53	0
49	1316422/5	21-10-2008	146,10	6,33	9,19	52,92	77,45	4,20	13,53	0
50	1316422/6	21-10-2008	132,10	6,35	9,67	57,14	77,30	1,89	13,53	0
51	1317013/1	29-10-2008	164,40	6,32	9,87	55,47	76,06	1,75	13,53	0

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T²	LSC	LIC
52	1317013/2	29-10-2008	137,50	6,34	9,35	59,03	78,15	2,08	13,53	0
53	1317013/3	29-10-2008	143,20	6,30	9,58	60,54	77,55	3,40	13,53	0
54	1317013/4	29-10-2008	149,50	6,45	9,53	58,89	79,24	2,60	13,53	0
55	1317154	29-10-2008	128,70	6,27	11,85	64,41	78,07	32,50	13,53	0
56	1317709/1	05-11-2008	133,60	6,22	8,53	56,56	80,03	3,81	13,53	0
57	1317709/2	05-11-2008	147,60	6,32	8,29	57,23	76,79	6,28	13,53	0
58	1317709/3	05-11-2008	139,70	6,26	9,32	57,56	80,18	4,75	13,53	0
59	1317709/4	05-11-2008	156,60	6,39	9,08	55,34	79,13	2,01	13,53	0
60	1317709/5	05-11-2008	141,30	6,22	8,53	54,84	78,54	3,02	13,53	0
61	1317709/6	05-11-2008	146,70	6,29	8,53	57,56	79,85	2,07	13,53	0
62	1320474/1	02-12-2008	101,60	6,37	9,06	59,05	77,26	13,38	13,53	0
63	1320474/2	02-12-2008	129,30	6,43	10,24	58,08	77,56	4,53	13,53	0
64	1320474/3	02-12-2008	141,40	6,40	9,08	55,68	79,20	2,10	13,53	0
65	1320474/4	02-12-2008	145,40	6,39	9,30	56,04	78,60	1,16	13,53	0
66	1321771/1	09-12-2008	147,70	6,28	9,63	54,41	76,87	2,13	13,53	0
67	1321771/2	10-12-2008	145,30	6,33	9,67	54,93	77,16	1,64	13,53	0
68	1321771/3	10-12-2008	170,30	6,37	9,41	55,89	77,60	1,67	13,53	0
69	1321771/4	10-12-2008	146,90	6,33	9,12	56,12	77,19	0,70	13,53	0
70	1321771/5	10-12-2008	154,50	6,30	9,69	54,75	77,83	2,68	13,53	0
71	1321771/6	10-12-2008	172,40	6,40	9,63	54,09	77,50	4,51	13,53	0
72	1322652/1	18-12-2008	160,60	6,33	8,87	58,77	79,07	1,59	13,53	0
73	1322652/2	18-12-2008	188,90	6,30	8,59	57,01	79,66	6,74	13,53	0
74	1322652/3	18-12-2008	158,20	8,32	9,66	57,12	78,50	64,66	13,53	0
75	1322652/4	18-12-2008	168,50	6,28	8,67	56,55	79,87	3,10	13,53	0
76	1322652/5	18-12-2008	140,10	6,35	9,18	55,33	82,60	15,50	13,53	0
77	1322652/6	18-12-2008	161,50	6,24	7,98	54,75	77,43	7,12	13,53	0
78	1324791/1	19-01-2009	168,10	6,21	9,76	57,03	75,32	2,50	13,53	0
79	1324791/2	19-01-2009	141,50	6,31	8,27	56,37	79,01	2,89	13,53	0
80	1324791/3	19-01-2009	156,10	6,35	9,78	57,37	74,69	2,70	13,53	0
81	1327888/1 i	17-02-2009	137,70	6,23	8,91	53,86	77,60	7,75	13,53	0
82	1327888/1	17-02-2009	143,00	6,29	10,30	58,65	74,61	4,35	13,53	0
83	1327888/2	17-02-2009	166,00	6,20	10,23	57,48	75,10	5,95	13,53	0
84	1327888/3	17-02-2009	163,70	6,24	10,29	58,49	73,23	8,20	13,53	0
85	1327888/4	17-02-2009	158,00	6,26	10,73	58,05	74,99	5,99	13,53	0
86	1330245/1	13-03-2009	141,50	6,42	10,28	56,87	73,38	7,14	13,53	0

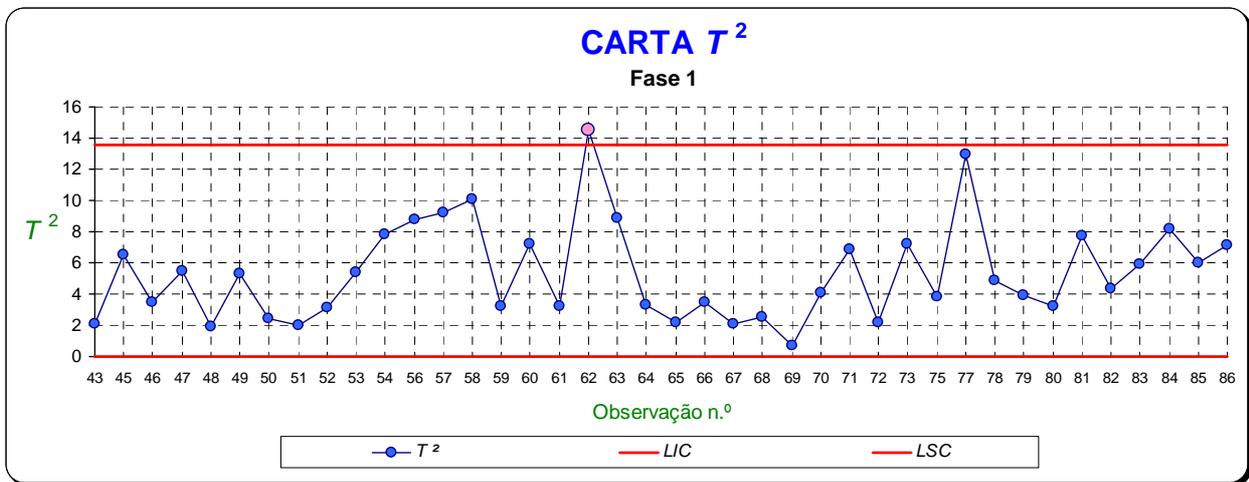
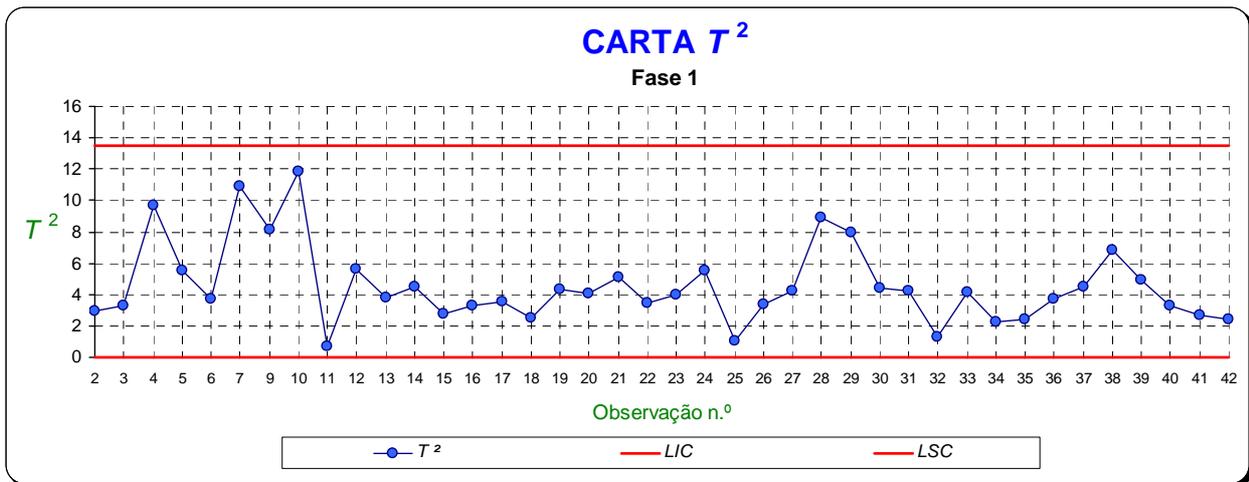


Figura V.6 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto B.

V.2.3. Produto C

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
1	1293246	09-02-2008	206,50	6,77	14,16	59,81	74,76	3,52	13,53	0
2	1293248 m	08-02-2008	181,10	6,84	14,66	61,46	75,00	4,23	13,53	0
3	1293248 f	08-02-2008	180,40	6,81	14,10	61,46	75,00	2,67	13,53	0
4	1296178/1	17-03-2008	181,60	6,83	15,05	60,63	75,37	7,01	13,53	0
5	1296178/2	17-03-2008	170,40	6,72	14,47	58,65	75,82	4,37	13,53	0
6	1296178/3	17-03-2008	172,30	6,71	14,18	57,69	75,72	2,49	13,53	0
7	1300007/1	09-05-2008	156,80	6,69	13,52	57,00	75,28	3,09	13,53	0
8	1300007/2	09-05-2008	182,70	6,80	13,60	59,87	76,37	4,16	13,53	0
9	1301703/1	14-05-2008	189,40	6,68	13,79	56,09	75,48	3,10	13,53	0
10	1301703/2	14-05-2008	235,31	6,85	13,47	55,43	75,34	10,80	13,53	0
11	1304432/3	17-06-2008	180,10	6,76	13,76	59,35	76,04	1,86	13,53	0
12	1304432/4	17-06-2008	200,80	6,69	13,85	57,63	75,32	2,77	13,53	0
13	1304432/1	17-06-2008	218,40	6,81	14,31	59,51	76,35	6,06	13,53	0
14	1304432/2	17-06-2008	199,70	6,72	13,91	59,98	75,07	3,11	13,53	0
15	1305871	30-06-2008	189,30	7,10	14,44	60,56	75,66	21,67	13,53	0
16	1305848/1	01-07-2008	221,80	6,84	13,03	56,55	76,32	8,28	13,53	0
17	1307355/1	16-07-2008	182,50	6,78	13,26	56,08	74,95	5,36	13,53	0
18	1307355/2	17-07-2008	212,70	6,76	13,73	58,45	75,75	2,88	13,53	0
19	1307355/3	17-07-2008	200,90	6,79	13,79	59,34	75,23	1,87	13,53	0
20	1307639	21-07-2008	175,00	6,69	14,47	56,87	74,84	4,93	13,53	0
21	1307640	21-07-2008	196,00	6,78	13,65	54,71	75,99	3,86	13,53	0
22	1307641	22-07-2008	167,60	6,81	14,31	59,24	75,36	1,93	13,53	0
23	1307642	22-07-2008	187,30	6,73	14,22	58,66	75,36	0,85	13,53	0
24	1307643	22-07-2008	192,70	6,80	14,62	60,11	75,04	2,47	13,53	0
25	1307644	22-07-2008	218,70	6,82	13,78	57,04	76,37	4,23	13,53	0
26	1313660/2	23-09-2008	175,30	6,70	14,05	57,38	75,56	1,81	13,53	0
27	1313660/3	23-09-2008	180,20	6,76	13,83	54,63	76,63	7,79	13,53	0
28	1313660/4	23-09-2008	186,10	6,69	14,01	59,80	75,43	2,30	13,53	0
29	1313660/5	23-09-2008	225,40	6,83	14,18	58,76	75,88	4,29	13,53	0
30	1314435/1	01-10-2008	198,00	6,75	14,29	58,34	74,82	2,25	13,53	0
31	1314435/2	01-10-2008	171,30	6,82	14,82	58,26	75,23	6,19	13,53	0
32	1314435/3	01-10-2008	210,20	6,70	14,28	58,84	74,61	5,64	13,53	0
33	1314435/4	01-10-2008	197,60	6,71	14,30	56,92	74,85	3,88	13,53	0
34	1315043/1	09-10-2008	215,30	6,71	13,99	59,39	75,11	5,11	13,53	0
35	1315043/2	09-10-2008	220,00	6,79	13,88	59,59	75,25	4,70	13,53	0
36	1315043/3	09-10-2008	168,10	6,72	13,95	59,35	75,20	0,92	13,53	0
37	1316423/1	21-10-2008	156,40	6,71	12,76	55,88	76,35	8,56	13,53	0
38	1316423/2	21-10-2008	152,30	6,77	13,62	56,25	74,91	5,35	13,53	0
39	1316423/3	21-10-2008	161,50	6,77	13,48	59,10	75,82	2,29	13,53	0
40	1317711/1	05-11-2008	223,20	6,90	13,90	58,24	76,19	5,66	13,53	0
41	1317711/2	05-11-2008	186,10	6,83	13,18	57,60	76,51	4,68	13,53	0
42	1317711/3	05-11-2008	171,20	6,82	13,24	57,33	75,77	2,88	13,53	0
43	1320475/1	02-12-2008	152,30	6,77	13,95	58,13	76,84	11,06	13,53	0
44	1320475/2	02-12-2008	174,80	6,79	13,09	50,17	76,00	19,47	13,53	0
45	1320475/3	02-12-2008	185,00	6,82	13,60	55,39	76,19	3,65	13,53	0
46	1322141/1	15-12-2008	150,88	6,70	13,90	56,41	75,15	4,63	13,53	0
47	1322141/2	15-12-2008	161,10	6,78	13,92	58,56	75,58	1,40	13,53	0
48	1322141/3	15-12-2008	175,30	6,77	13,83	59,54	75,42	0,47	13,53	0
49	1323340/1 i	05-01-2009	102,90	6,82	12,80	62,86	74,25	28,52	13,53	0
50	1323340/1 m	05-01-2009	159,40	6,76	13,86	61,00	75,83	3,99	13,53	0
51	1323340/2	05-01-2009	174,80	6,73	14,13	58,04	75,88	2,12	13,53	0

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
52	1323340/3 m	05-01-2009	158,30	6,76	14,32	59,83	75,13	2,33	13,53	0
53	1323340/3 f	05-01-2009	186,30	6,86	13,99	59,46	74,36	6,29	13,53	0
54	1325182/1	27-01-2009	185,50	6,72	14,67	60,37	75,34	3,75	13,53	0
55	1325182/2	27-01-2009	165,30	6,83	14,16	61,77	75,22	3,77	13,53	0
56	1325182/3	27-01-2009	158,20	6,79	14,17	60,46	75,36	2,51	13,53	0
57	1325182/4	27-01-2009	167,90	6,82	14,07	58,64	75,65	1,72	13,53	0
58	1328013/1	17-02-2009	177,90	6,76	13,76	58,51	76,16	1,94	13,53	0
59	1328013/2	17-02-2009	180,20	6,72	14,04	58,18	75,17	0,72	13,53	0
60	1328013/3	17-02-2009	177,40	6,76	14,01	57,32	74,89	1,74	13,53	0
61	1330343	16-03-2009	150,84	6,46	13,53	62,36	74,59	25,30	13,53	0
62	1330343/2	16-03-2009	155,30	6,86	13,24	60,55	75,35	7,33	13,53	0
63	1330343/3	16-03-2009	197,30	6,83	13,47	56,78	75,82	2,22	13,53	0
64	1330343/4	16-03-2009	181,70	6,75	13,37	59,03	75,96	2,62	13,53	0
65	1331655/1	30-03-2009	162,70	6,80	14,44	59,67	74,00	7,26	13,53	0
66	1331655/4	30-03-2009	164,00	6,69	14,21	59,45	74,87	2,33	13,53	0
67	1336779/1	15-05-2009	162,20	6,74	13,55	59,97	75,51	2,32	13,53	0
68	1336779/3	15-05-2009	200,70	6,84	13,69	57,40	76,38	2,99	13,53	0
69	1336779/5	15-05-2009	218,90	6,87	14,01	60,49	75,53	5,39	13,53	0
70	1340553/1	22-06-2009	166,30	6,72	13,78	55,34	74,34	8,76	13,53	0
71	1340553/4	22-06-2009	194,50	6,84	15,11	58,76	74,19	10,83	13,53	0
72	1334841/1	26-06-2009	183,40	6,79	14,21	57,80	75,30	0,89	13,53	0
73	1334841/5	26-06-2009	185,90	6,72	13,92	58,04	75,52	0,69	13,53	0
74	1344168/6	20-08-2009	180,90	6,68	13,48	57,57	75,08	3,17	13,53	0
75	1346401/1	20-08-2009	201,60	6,82	14,14	58,28	75,74	1,21	13,53	0
76	1346401/2	20-08-2009	182,20	6,84	13,26	57,39	74,86	6,37	13,53	0
77	1347906/1	08-09-2009	183,90	6,73	14,25	58,34	75,85	2,14	13,53	0
78	1347906/3	08-09-2009	193,50	6,81	13,24	60,02	76,12	5,60	13,53	0
79	---	10-09-2009	170,30	6,76	14,02	58,99	74,88	1,03	13,53	0
80	---	10-09-2009	189,70	6,74	14,81	61,27	74,93	4,59	13,53	0
81	---	10-09-2009	212,40	6,81	13,95	58,42	75,46	2,11	13,53	0
82	---	11-09-2009	184,20	6,73	14,18	58,47	75,98	2,65	13,53	0
83	---	12-09-2009	190,10	6,77	13,77	57,82	74,70	3,04	13,53	0
84	---	13-09-2009	179,50	6,82	14,01	58,01	76,03	2,58	13,53	0

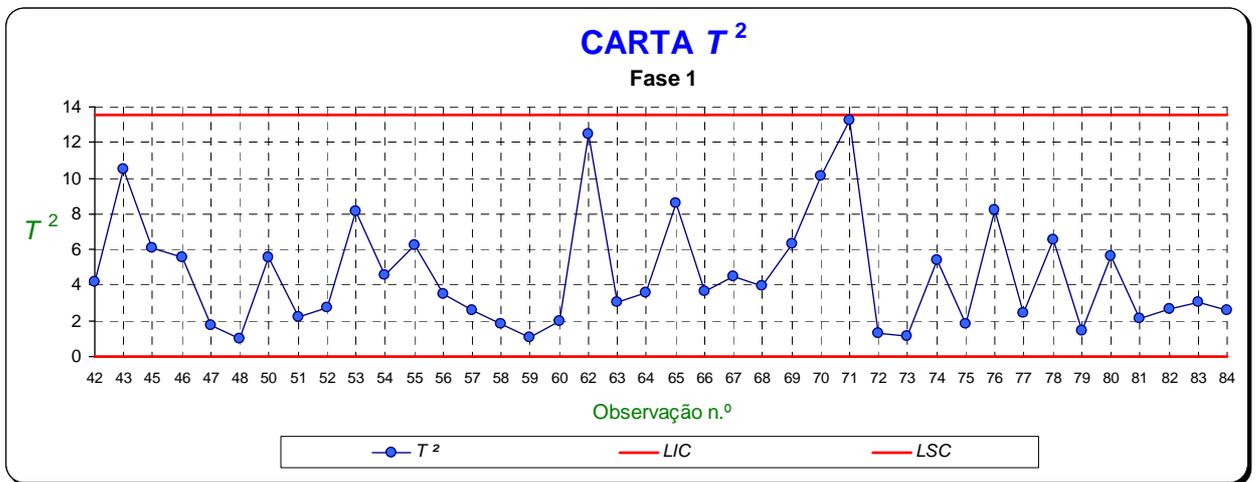
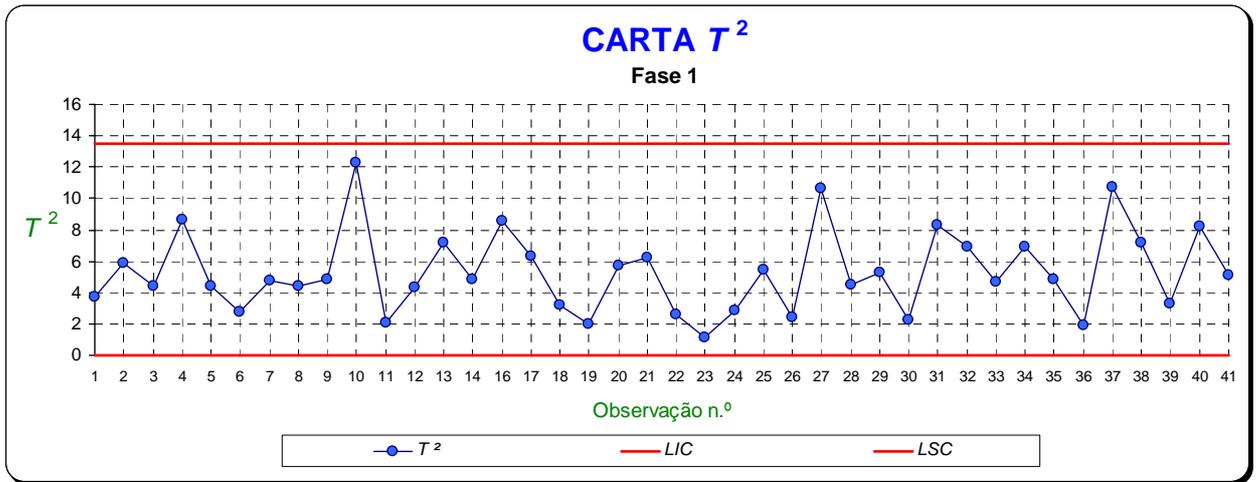


Figura V.7 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto C.

V.2.4. Produto D

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
1	1293767/3	13-02-2008	166,10	6,78	1,64	33,40	74,87	7,56	13,53	0
2	1297185/2	02-04-2008	230,30	6,89	1,56	32,95	75,36	2,82	13,53	0
3	1297185/3	02-04-2008	243,20	6,82	1,46	33,33	74,32	4,03	13,53	0
4	1298356/1	15-04-2008	193,40	6,75	1,41	33,18	75,16	3,11	13,53	0
5	1298356/2	15-04-2008	173,20	6,76	1,57	31,27	75,73	7,00	13,53	0
6	1298356/3	15-04-2008	180,40	6,80	1,61	32,65	75,18	3,93	13,53	0
7	1299204/1	22-04-2008	189,50	6,91	1,38	33,52	74,89	2,08	13,53	0
8	1299204/2	22-04-2008	206,20	6,86	1,24	32,96	74,47	2,21	13,53	0
9	1299204/3	22-04-2008	193,80	6,84	1,57	32,96	73,65	2,16	13,53	0
10	1299243/1	22-04-2008	184,60	6,87	1,31	32,71	74,31	2,53	13,53	0
11	1299243/2	22-04-2008	213,20	6,89	1,14	29,96	74,57	12,18	13,53	0
12	1299243/3	22-04-2008	213,90	6,85	1,24	32,96	74,47	2,09	13,53	0
13	1300086/1	05-05-2008	217,90	6,77	1,55	32,93	74,12	2,92	13,53	0
14	1300086/2	05-05-2008	224,60	6,79	1,42	33,63	75,43	2,44	13,53	0
15	1300086/3	06-05-2008	195,10	6,83	1,25	33,66	74,58	3,34	13,53	0
16	1300996/1	08-05-2008	199,10	6,73	1,47	31,73	73,31	3,53	13,53	0
17	1300996/2	08-05-2008	213,60	6,77	1,57	30,87	74,10	3,49	13,53	0
18	1300996/3	08-05-2008	225,80	6,76	1,28	32,57	74,37	2,84	13,53	0
19	1305219/1	25-06-2008	181,80	7,11	1,35	34,28	74,80	13,95	13,53	0
20	1305219/2	25-06-2008	200,10	7,12	1,55	33,92	74,95	13,81	13,53	0
21	1305219/3	25-06-2008	215,30	7,03	1,44	33,07	74,89	5,99	13,53	0
22	1305219/4	25-06-2008	189,10	7,02	1,50	31,25	75,50	9,83	13,53	0
23	1305219/5	25-06-2008	175,70	7,00	1,71	33,67	74,85	9,61	13,53	0
24	1305219/6	25-06-2008	175,20	7,01	1,55	33,60	74,73	7,13	13,53	0
25	1306441/1	07-07-2008	219,90	6,85	1,38	34,94	75,56	4,88	13,53	0
26	1306441/2	07-07-2008	223,20	6,82	1,41	33,04	75,73	1,11	13,53	0
27	1306441/3	07-07-2008	268,00	6,83	1,62	29,94	74,24	15,46	13,53	0
28	1306441/4	07-07-2008	241,40	6,86	1,51	31,81	75,30	3,34	13,53	0
29	1306441/5	07-07-2008	272,00	6,87	1,29	31,81	76,40	9,12	13,53	0
30	1306441/6	07-07-2008	241,60	6,81	1,53	31,26	75,84	4,74	13,53	0
31	1306823/1	10-07-2008	220,30	6,90	1,48	33,38	74,85	1,43	13,53	0
32	1306823/2	10-07-2008	199,60	6,77	1,30	34,79	73,96	7,78	13,53	0
33	1306823/3	10-07-2008	215,10	6,91	1,32	33,96	75,61	2,40	13,53	0
34	1306823/4	14-07-2008	233,30	6,85	1,36	32,56	74,83	1,28	13,53	0
35	1306823/5	14-07-2008	250,20	6,85	1,46	32,69	74,05	4,86	13,53	0
36	1306823/6	15-07-2008	213,60	6,88	1,22	32,93	74,88	2,45	13,53	0
37	1308143	24-07-2008	197,60	6,87	1,26	33,19	76,89	5,13	13,53	0
38	1308144	24-07-2008	179,70	6,90	1,31	32,42	75,29	3,99	13,53	0
39	1308145	24-07-2008	238,30	6,79	1,34	33,87	75,29	4,03	13,53	0
40	1308146	24-07-2008	211,70	6,80	1,34	33,87	75,23	2,41	13,53	0
41	1308147	24-07-2008	210,40	6,79	1,23	30,98	75,69	4,92	13,53	0
42	1308148	25-07-2008	220,40	6,85	1,45	33,01	74,83	0,54	13,53	0
43	1308617	04-08-2008	229,50	6,88	1,27	33,84	75,31	2,83	13,53	0
44	1308620	04-08-2008	202,30	6,83	1,46	32,69	75,16	0,36	13,53	0
45	1308621	04-08-2008	213,00	6,91	1,40	31,59	74,07	2,49	13,53	0
46	1308623	04-08-2008	170,90	6,77	1,18	30,59	75,12	11,91	13,53	0
47	1308625	04-08-2008	206,00	6,88	1,43	33,30	75,11	0,59	13,53	0
48	1308626	04-08-2008	226,10	6,90	1,33	32,56	75,28	1,50	13,53	0
49	1310460/1	20-08-2008	252,50	6,84	1,22	33,19	73,77	7,46	13,53	0
50	1310460/2	20-08-2008	212,00	6,83	1,24	33,03	75,44	2,03	13,53	0
51	1310460/3	20-08-2008	190,80	6,81	1,51	32,60	75,22	1,53	13,53	0

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T²	LSC	LIC
52	1311004	28-08-2008	200,10	6,89	1,41	32,96	74,81	0,59	13,53	0
53	1311005	28-08-2008	237,30	6,87	1,65	31,34	75,40	6,44	13,53	0
54	1311006	28-08-2008	220,70	6,84	1,38	33,55	74,88	1,16	13,53	0
55	1311008	28-08-2008	195,40	6,87	1,63	32,34	75,40	2,97	13,53	0
56	1311009	28-08-2008	238,90	6,81	1,37	33,27	79,92	18,36	13,53	0
57	1311010	28-08-2008	238,20	6,89	1,21	32,24	75,27	4,12	13,53	0
58	1312900/1	16-09-2008	178,30	6,78	1,43	32,21	73,25	3,59	13,53	0
59	1312900/2	16-09-2008	209,70	6,76	1,23	30,82	74,73	5,08	13,53	0
60	1314492/1	01-10-2008	171,70	6,80	1,62	33,20	73,83	5,25	13,53	0
61	1314492/2	01-10-2008	180,70	6,85	1,59	31,94	67,71	34,39	13,53	0
62	1314492/3	01-10-2008	227,70	6,88	1,43	33,14	74,31	1,63	13,53	0
63	1314494	01-10-2008	174,50	6,77	1,29	29,94	73,24	10,57	13,53	0
64	1314700/1	02-10-2008	194,10	6,80	1,61	32,10	74,56	2,30	13,53	0
65	1314700/2	02-10-2008	196,20	6,80	1,56	31,12	75,22	3,02	13,53	0
66	1314700/3	02-10-2008	208,60	6,77	1,59	30,29	73,23	5,92	13,53	0
67	1314700/4	02-10-2008	198,80	6,78	1,45	33,12	74,38	1,61	13,53	0
68	1314700/5	02-10-2008	201,20	6,83	1,49	32,52	73,87	0,78	13,53	0
69	1315901/1	15-10-2008	212,30	6,77	1,27	31,02	75,53	4,02	13,53	0
70	1315901/2	15-10-2008	210,90	6,82	1,28	32,00	74,49	1,55	13,53	0
71	1315901/3	15-10-2008	231,10	6,75	1,33	34,06	74,24	6,07	13,53	0
72	1314700/6	20-10-2008	197,80	6,90	1,52	30,55	73,91	5,05	13,53	0
73	1316599	22-10-2008	190,60	6,84	1,64	34,18	75,43	5,94	13,53	0
74	1316600	22-10-2008	190,90	6,75	1,58	30,61	75,72	6,53	13,53	0
75	1316601	22-10-2008	215,50	6,79	1,66	31,56	74,49	3,94	13,53	0
76	1316602	22-10-2008	202,90	6,87	1,49	32,21	75,03	0,57	13,53	0
77	1316603	22-10-2008	200,70	6,71	1,45	32,54	74,11	3,61	13,53	0
78	1317009/1	27-10-2008	217,20	6,77	1,60	31,02	76,08	5,50	13,53	0
79	1317009/2	27-10-2008	212,40	6,81	1,27	33,07	75,53	1,83	13,53	0
80	1317009/3	27-10-2008	231,60	6,89	1,36	32,77	75,12	1,46	13,53	0
81	1317009/4	27-10-2008	219,70	6,76	1,58	30,58	76,08	8,71	13,53	0
82	1317009/5	27-10-2008	231,30	6,83	1,51	32,98	74,80	2,18	13,53	0
83	1317687/4	03-11-2008	189,10	6,79	1,40	33,31	74,85	2,29	13,53	0
84	1317687/5	03-11-2008	178,60	6,78	1,61	33,14	74,38	4,33	13,53	0
85	1317687/1	05-11-2008	219,90	6,85	1,37	31,54	75,20	1,42	13,53	0

V.2.5. Produto E

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
1	1305983/3	02-07-2008	157,00	5,79	13,72	56,94	71,13	9,94	13,53	0
2	1310618	21-08-2008	198,40	5,87	13,06	58,36	69,77	4,60	13,53	0
3	1313341/2	19-09-2008	222,60	5,75	12,54	53,93	70,25	5,96	13,53	0
4	1313341/3	19-09-2008	192,70	5,77	13,08	57,89	71,48	2,06	13,53	0
5	1313341/4	19-09-2008	211,30	5,71	14,96	59,21	69,75	18,28	13,53	0
6	1313341/5	19-09-2008	233,60	5,81	12,33	47,81	72,80	6,38	13,53	0
7	1313341/6	19-09-2008	222,40	5,86	12,61	50,37	71,47	2,11	13,53	0
8	1313661/1	23-09-2008	195,00	5,78	12,45	54,16	72,46	1,33	13,53	0
9	1313661/2	23-09-2008	208,70	5,87	13,17	52,44	70,90	1,81	13,53	0
10	1314514 i	01-10-2008	213,30	5,87	12,27	45,97	65,81	17,90	13,53	0
11	1314514 m	01-10-2008	210,90	5,88	12,44	50,43	69,82	3,02	13,53	0
12	1314514 f	01-10-2008	294,30	5,74	14,75	61,02	70,69	34,92	13,53	0
13	1314536 i	01-10-2008	192,70	5,86	12,33	52,13	71,80	0,86	13,53	0
14	1314536 m	01-10-2008	220,00	5,85	13,62	50,80	71,16	5,48	13,53	0
15	1314536 f	01-10-2008	206,60	5,87	13,03	56,23	69,92	2,96	13,53	0
16	1314537	01-10-2008	190,80	5,91	13,01	45,84	66,53	14,10	13,53	0
17	1314884	03-10-2008	221,00	5,80	12,83	55,20	75,00	6,18	13,53	0
18	1314891/1	03-10-2008	215,30	5,83	12,79	52,11	71,17	0,92	13,53	0
19	1314891/2	03-10-2008	231,70	5,83	12,54	51,11	69,86	4,35	13,53	0
20	1314891/3	03-10-2008	187,30	5,83	13,08	55,37	72,81	1,64	13,53	0
21	1314891/4	03-10-2008	210,80	5,82	12,16	50,69	71,91	1,90	13,53	0
22	1314795/1	03-10-2008	220,70	5,90	11,91	52,96	74,34	7,16	13,53	0
23	1314795/2	03-10-2008	207,40	5,84	12,69	48,54	70,53	2,59	13,53	0
24	1314795/3	03-10-2008	230,80	5,95	12,00	49,10	71,78	9,13	13,53	0
25	1314795/4	03-10-2008	222,50	5,80	13,20	56,19	70,33	2,98	13,53	0
26	1315285/1	13-10-2008	189,10	5,89	12,52	49,76	72,01	2,90	13,53	0
27	1315285/2	13-10-2008	208,10	5,92	12,69	54,31	69,90	4,85	13,53	0
28	1315285/3	13-10-2008	211,70	5,85	12,54	48,92	72,67	3,14	13,53	0
29	1315285/4	13-10-2008	201,40	5,83	12,93	53,48	71,02	0,47	13,53	0
30	1315332/1	13-10-2008	200,80	5,75	12,69	49,01	69,98	7,41	13,53	0
31	1315332/2	13-10-2008	200,20	5,86	12,73	48,64	70,08	2,96	13,53	0
32	1316133/1	16-10-2008	190,50	5,79	13,30	57,77	71,14	2,11	13,53	0
33	1316133/2	16-10-2008	206,10	5,90	13,48	53,93	69,76	4,43	13,53	0
34	1317015/1	28-10-2008	186,70	5,81	13,06	62,21	72,58	3,50	13,53	0
35	1317015/2	28-10-2008	175,90	5,82	12,87	60,12	73,19	2,53	13,53	0
36	1317587/1 i	03-11-2008	189,50	5,78	12,61	56,05	73,08	1,29	13,53	0
37	1317587/1 m	03-11-2008	188,60	5,75	12,84	55,59	72,94	3,01	13,53	0
38	1317587/1 f	03-11-2008	207,90	5,82	12,94	59,74	71,84	2,50	13,53	0
39	1317587/2	03-11-2008	212,80	5,83	12,73	58,12	73,48	2,45	13,53	0
40	1317587/3	03-11-2008	207,00	5,83	12,84	54,50	73,24	1,29	13,53	0
41	1317587/6	03-11-2008	209,90	5,78	12,24	55,96	73,67	2,61	13,53	0
42	1317590 i	04-11-2008	194,50	5,85	12,47	61,67	73,90	4,93	13,53	0
43	1317590 m	04-11-2008	173,20	5,80	12,55	58,14	71,62	3,09	13,53	0
44	1317590 f	04-11-2008	184,10	5,75	12,87	56,59	73,05	3,19	13,53	0
45	1317591	04-11-2008	194,50	5,85	12,47	61,67	73,90	4,93	13,53	0
46	1317587/4	05-11-2008	207,20	5,78	12,43	56,67	74,03	2,42	13,53	0
47	1317587/5	05-11-2008	208,70	5,84	11,78	52,92	71,65	3,79	13,53	0
48	1318631/1	14-11-2008	175,90	5,91	12,59	61,28	74,56	8,38	13,53	0
49	1318631/2	14-11-2008	195,20	5,93	11,93	58,06	71,75	9,19	13,53	0
50	1320373/1	28-11-2008	157,30	5,81	12,74	52,09	73,18	8,19	13,53	0
51	1320373/2	28-11-2008	190,50	5,86	12,29	56,59	72,31	1,49	13,53	0

N.º	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T²	LSC	LIC
52	1320373/3	28-11-2008	205,80	5,80	11,70	55,86	73,03	4,74	13,53	0
53	1320373/4	28-11-2008	184,30	5,84	12,09	52,96	70,64	3,36	13,53	0
54	1320373/5	28-11-2008	203,30	5,84	12,34	54,40	74,12	2,00	13,53	0
55	1320373/6	28-11-2008	190,50	5,83	12,06	51,03	72,22	1,93	13,53	0
56	1320374/1	28-11-2008	203,00	5,85	13,36	52,78	73,02	4,74	13,53	0
57	1320374/2	28-11-2008	191,90	5,91	12,87	54,51	74,19	6,27	13,53	0
58	1320763/1	03-12-2008	158,00	5,79	11,72	59,90	74,01	8,15	13,53	0
59	1320763/2	03-12-2008	173,90	5,81	12,59	58,44	71,52	2,98	13,53	0
60	1320763/3	03-12-2008	179,30	5,81	11,80	56,05	74,26	3,61	13,53	0
61	1320763/4	03-12-2008	214,40	5,75	12,09	56,56	73,18	5,04	13,53	0
62	1320763/5	03-12-2008	186,00	5,80	12,28	56,41	74,48	2,38	13,53	0
63	1320763/6	03-12-2008	173,90	5,81	12,68	54,95	73,02	2,25	13,53	0
64	1321423	04-12-2008	184,80	6,00	13,54	52,25	72,16	16,97	13,53	0
65	1322846/1	18-12-2008	177,50	5,74	12,32	58,19	74,58	5,25	13,53	0
66	1322846/2	18-12-2008	218,10	5,76	12,38	56,63	73,08	3,67	13,53	0
67	1322896	22-12-2008	173,70	5,87	12,31	54,44	74,35	3,91	13,53	0
68	1324004/1	12-01-2009	186,20	5,81	12,55	63,99	71,27	9,32	13,53	0
69	1324004/2	12-01-2009	166,10	5,84	12,66	55,55	73,02	2,99	13,53	0
70	1324211	13-01-2009	176,00	5,88	13,60	59,92	70,43	6,87	13,53	0
71	1325347/1	27-01-2009	195,90	5,83	12,49	52,97	73,58	1,49	13,53	0
72	1325347/2	27-01-2009	207,30	5,82	12,20	48,35	72,04	3,13	13,53	0
73	1325347/3	27-01-2009	197,90	5,86	12,83	55,80	71,38	0,70	13,53	0
74	1325347/4	27-01-2009	202,10	5,85	11,83	47,84	72,17	3,94	13,53	0
75	1325347/5	27-01-2009	205,30	5,89	12,46	49,23	72,54	3,19	13,53	0
76	1325347/6	27-01-2009	202,40	5,87	12,36	51,24	72,95	1,77	13,53	0
77	1326430	30-01-2009	172,90	5,79	13,59	61,92	70,26	7,63	13,53	0
78	1327764/1	16-02-2009	198,80	5,74	12,38	51,10	73,14	5,68	13,53	0
79	1327764/2	16-02-2009	206,10	5,77	13,32	55,10	72,33	2,75	13,53	0
80	1329228/1	03-03-2009	183,80	5,89	12,89	56,11	70,87	2,64	13,53	0
81	1329228/2	03-03-2009	194,90	5,93	13,45	61,31	70,93	10,13	13,53	0
82	1329228/3	03-03-2009	191,00	5,75	13,52	63,00	72,17	8,07	13,53	0
83	1331013	18-03-2009	198,30	5,85	13,26	49,50	71,19	5,19	13,53	0
84	1330774	19-03-2009	193,40	5,78	13,03	54,78	70,89	2,41	13,53	0
85	1331085/1	19-03-2009	169,80	5,87	12,65	53,46	68,65	11,57	13,53	0

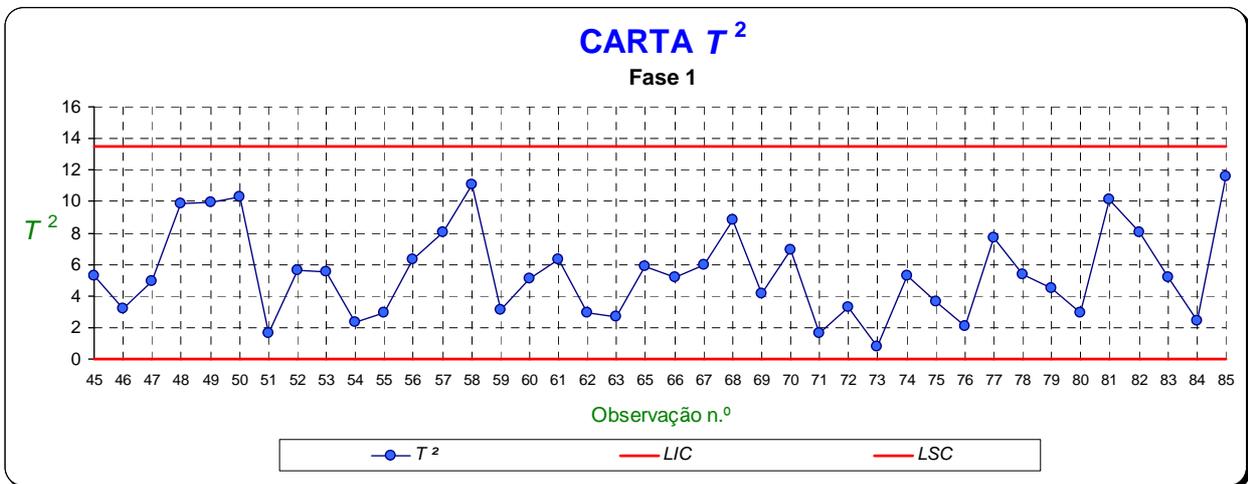
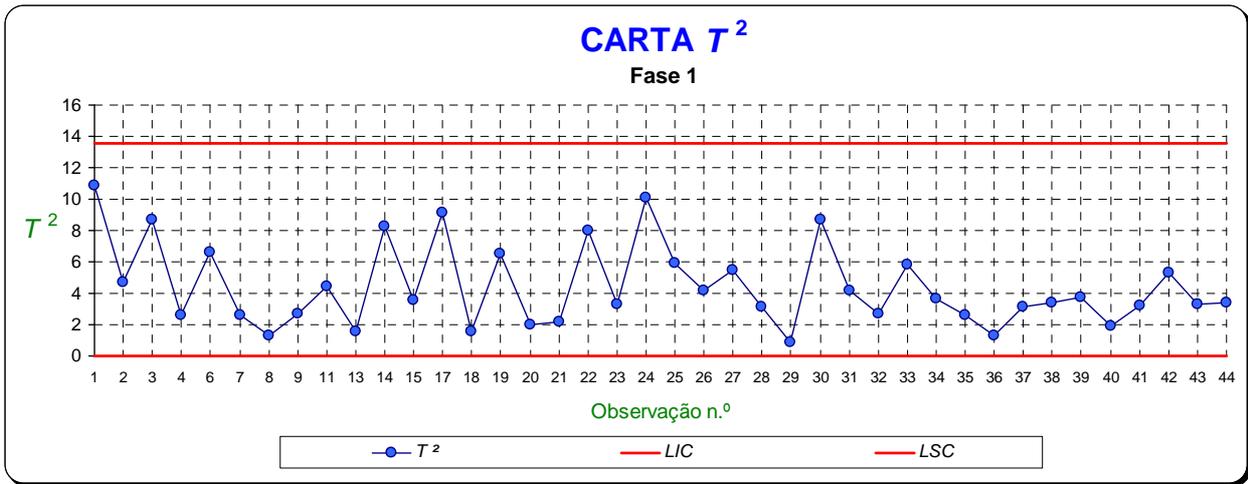


Figura V.8 – Fase 1 – Carta multivariada revista para o produto E.

V.3. Fase 1 – Estudo multivariado da Capacidade dos processos

Produto A

$\mu =$	163,81	$\Sigma =$	229,804	-0,321	1,743	-0,340	-0,186	$T =$	165,00	$LSE - LIE =$	120,0
	5,72		-0,321	0,003	-0,005	-0,006	-0,004		5,70		0,5
	12,47		1,743	-0,005	0,464	0,595	0,073		12,50		5,2
	55,00		-0,340	-0,006	0,595	7,476	0,098		55,00		20,0
	71,29		-0,186	-0,004	0,073	0,098	0,482		71,00		8,0

$N = 80$
 $p = 5$
 $T^2 = 0,350$

$C_{DM} = 1,203$
 $PV = 0,9969$
 $LI = 1$

LIP	LSP	LIE	LSE
111,314	216,306	105,00	225,00
5,524	5,916	5,45	5,95
10,099	14,848	9,90	15,10
45,208	64,803	45,00	65,00
68,705	73,871	67,00	75,00

Produto B

$\mu =$	152,99	$\Sigma =$	240,181	-0,249	-0,271	3,709	1,195	$T =$	150,00	$LSE - LIE =$	120,0
	6,33		-0,249	0,005	0,002	-0,013	0,003		6,35		0,5
	9,39		-0,271	0,002	0,440	0,034	-0,915		9,40		4,8
	56,95		3,709	-0,013	0,034	3,214	0,173		57,00		14,0
	77,21		1,195	0,003	-0,915	0,173	3,114		77,00		12,0

$N = 80$
 $p = 5$
 $T^2 = 0,118$

$C_{DM} = 1,205$
 $PV = 0,9998$
 $LI = 0$

LIP	LSP	LIE	LSE
96,339	209,631	90,00	210,00
6,087	6,582	6,10	6,60
7,841	10,939	7,00	11,80
50,293	63,604	50,00	64,00
73,099	81,328	71,00	83,00

Produto C

$\mu =$	184,57	$\Sigma =$	392,594	0,319	0,161	-1,949	1,204	$T =$	185,00	$LSE - LIE =$	150,0
	6,77		0,319	0,003	-0,001	0,014	0,005		6,80		0,6
	13,95		0,161	-0,001	0,197	0,304	-0,105		14,00		4,0
	58,46		-1,949	0,014	0,304	2,580	-0,192		58,00		14,0
	75,46		1,204	0,005	-0,105	-0,192	0,344		75,00		6,0

$N = 80$
 $p = 5$
 $T^2 = 1,451$

$C_{DM} = 1,371$
 $PV = 0,9252$
 $LI = 1$

LIP	LSP	LIE	LSE
113,966	255,181	110,00	260,00
6,587	6,957	6,50	7,10
12,544	15,354	12,00	16,00
53,148	63,770	51,00	65,00
73,461	77,459	72,00	78,00

Produto D

$\mu =$	208,95	$\Sigma =$	463,884	0,100	-0,764	1,356	3,009	$T =$	210,00	$LSE - LIE =$	150,0
	6,83		0,100	0,004	-0,0003	0,015	0,008		6,80		0,5
	1,43		-0,764	-0,0003	0,019	-0,010	-0,005		1,40		1,2
	32,51		1,356	0,015	-0,010	1,253	0,021		32,00		12,0
	74,86		3,009	0,008	-0,005	0,021	0,534		75,00		6,0

$N = 80$
 $p = 5$
 $T^2 = 0,531$

$C_{DM} = 1,142$
 $PV = 0,9917$
 $LI = 0$

LIP	LSP	LIE	LSE
131,435	286,455	135,00	285,00
6,597	7,072	6,55	7,05
0,916	1,934	0,80	2,00
28,363	36,656	26,00	38,00
72,179	77,545	72,00	78,00

Produto E

$\mu =$	196,97	$\Sigma =$	297,342	0,091	-0,966	-30,694	-3,328	$T =$	200,00	$LSE - LIE =$	130,0
	5,83		0,091	0,002	-0,0006	-0,036	-0,015		5,80		0,5
	12,65		-0,966	-0,0006	0,230	0,495	-0,275		12,60		4,0
	54,89		-30,694	-0,036	0,495	15,756	1,079		55,00		32,0
	72,13		-3,328	-0,015	-0,275	1,079	2,132		72,00		12,0

$N = 80$
 $p = 5$
 $T^2 = 0,517$

$C_{DM} = 1,265$
 $PV = 0,9922$
 $LI = 1$

LIP	LSP	LIE	LSE
138,667	255,263	135,00	265,00
5,649	6,010	5,55	6,05
11,105	14,204	10,60	14,60
42,362	67,409	39,00	71,00
67,413	76,855	66,00	78,00

CAPACIDADE DO PROCESSO

Quadro V.1 – Mapa Resumo.

	A	B	C	D	E
C_{pM}	1,203	1,205	1,371	1,142	1,265
PV	0,9969	0,9998	0,9252	0,9917	0,9922
LI	1	0	1	0	1

C_{pM}

$$C_{pM} = \left(\frac{\prod_{i=1}^p (LSE_i - LIE_i)}{\prod_{i=1}^p (LSP_i - LIP_i)} \right)^{\frac{1}{p}}$$

Equação V.1

$$LSP_i = \mu_i + \sqrt{\frac{X_{\alpha;p}^2 \cdot \det(\Sigma_i^{-1})}{\det(\Sigma^{-1})}}$$

Equação V.2

$$LIP_i = \mu_i - \sqrt{\frac{X_{\alpha;p}^2 \cdot \det(\Sigma_i^{-1})}{\det(\Sigma^{-1})}}$$

Equação V.3

PV

$$PV = P\left(T^2 > \frac{p(N-1)}{N-p} \cdot F_{p, N-p}\right)$$

Equação V.4

$$T^2 = n(\hat{\mu} - T)' \hat{\Sigma}^{-1} (\hat{\mu} - T)$$

Equação V.5

LI

- Zero ou um
- Comparar $[LIP, LSP]_i$ com $[LIE, LSE]_i$
- Se $[LIP, LSP]_i$ estiver contido em $[LIE, LSE]_i$, atribui-se o valor um

ANEXO VI

CONTROLO ESTATÍSTICO MULTIVARIADO DO PROCESSO – FASE 2

- **Carta multivariada**

Anexo VI. Controlo Estatístico Multivariado do Processo – Fase 2

VI.1. Cartas Multivariada

N.º	Produto	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
6	D	1317687/2	05-11-2008	186,80	6,84	1,42	32,92	75,01	1,479	16,54	0
7	D	1317687/3	05-11-2008	215,10	6,80	1,54	32,81	75,18	1,661	16,54	0
8	D	1318305/1	11-11-2008	184,30	6,78	1,57	33,94	73,86	6,005	16,54	0
9	D	1318305/2	11-11-2008	213,20	6,77	1,67	33,63	74,49	6,391	16,54	0
10	D	1318305/3	11-11-2008	197,30	6,84	1,40	30,14	76,08	8,282	16,54	0
11	D	1318305/4	11-11-2008	198,34	6,77	1,54	31,04	75,14	3,251	16,54	0
12	D	1318305/5	11-11-2008	221,90	6,86	1,49	32,74	74,55	1,295	16,54	0
13	D	1318305/6	11-11-2008	209,60	6,85	1,63	31,86	75,44	3,319	16,54	0
14	D	1319556/1	20-11-2008	178,30	6,78	1,42	33,78	73,81	5,758	16,54	0
15	D	1319556/2	20-11-2008	217,00	6,88	1,55	31,89	74,93	2,129	16,54	0
16	D	1319556/3	20-11-2008	182,90	6,79	1,62	32,55	74,97	3,417	16,54	0
17	D	1319556/4	20-11-2008	177,50	6,83	1,28	30,75	75,96	10,10	16,54	0
18	D	1319556/5	20-11-2008	210,90	6,79	1,45	31,50	75,70	2,742	16,54	0
19	D	1319556/6	20-11-2008	174,90	6,82	1,41	31,21	74,35	4,175	16,54	0
20	D	1320599/1	02-12-2008	163,30	6,86	1,65	32,73	75,25	6,901	16,54	0
21	D	1320599/2	02-12-2008	177,10	6,78	1,67	33,14	74,96	5,860	16,54	0
22	D	1320599/3	02-12-2008	157,90	6,89	1,52	31,33	73,91	9,126	16,54	0
23	D	1320599/4	02-12-2008	178,01	6,84	1,66	32,64	75,01	4,252	16,54	0
24	D	1320599/5	02-12-2008	219,30	6,79	1,36	32,09	76,00	3,611	16,54	0
25	D	1320599/6	02-12-2008	189,90	6,76	1,62	32,94	74,79	4,016	16,54	0
26	D	1321586/1	05-12-2008	180,70	6,81	1,20	32,08	75,08	6,382	16,54	0
27	D	1321586/2	05-12-2008	200,80	6,75	1,24	33,22	75,81	7,399	16,54	0
28	D	1321586/3	05-12-2008	178,50	6,84	1,56	31,11	75,65	5,685	16,54	0
29	D	1321586/4	05-12-2008	217,60	6,79	1,66	33,53	74,70	5,427	16,54	0
30	D	1321586/5	05-12-2008	186,40	6,76	1,38	32,61	73,81	3,966	16,54	0
31	D	1321586/6	05-12-2008	167,30	6,77	1,44	31,68	74,81	5,080	16,54	0
32	D	1321586/7	05-12-2008	177,00	6,83	1,41	34,27	74,36	5,369	16,54	0
33	D	1321586/8	05-12-2008	219,50	6,77	1,58	32,93	73,99	4,627	16,54	0
34	D	1321586/9	05-12-2008	176,50	6,78	1,93	31,10	71,91	28,92	16,54	0
35	D	1321586/10	05-12-2008	231,50	6,79	1,86	29,45	71,04	50,70	16,54	0
36	D	1321586/11	05-12-2008	220,10	6,87	1,42	32,51	73,71	3,851	16,54	0
37	D	1321586/12	05-12-2008	215,60	6,78	1,65	31,65	74,94	4,211	16,54	0
44	B	1330245/2	13-03-2009	164,80	6,33	8,53	52,93	77,94	8,132	16,54	0
45	B	1330245/3	13-03-2009	167,50	6,52	10,23	54,35	78,55	20,67	16,54	0
46	B	1330245/4	13-03-2009	142,60	6,31	10,75	53,76	74,71	8,662	16,54	0
47	D	1330693/1	16-03-2009	174,60	6,90	1,60	35,16	73,14	15,15	16,54	0
48	D	1330693/2	16-03-2009	162,50	6,87	1,66	34,16	75,38	10,10	16,54	0
49	D	1330693/3	16-03-2009	226,60	6,92	1,54	33,12	74,24	5,073	16,54	0
50	D	1330693/4	16-03-2009	180,20	6,90	1,38	31,64	74,91	4,434	16,54	0
51	D	1330693/5	16-03-2009	196,30	6,92	1,65	32,57	74,76	4,628	16,54	0
52	D	1330693/6	16-03-2009	218,90	6,82	1,43	32,00	75,35	0,893	16,54	0
53	D	1330693/7	16-03-2009	188,10	6,87	1,70	32,48	74,53	4,684	16,54	0
54	D	1330693/8	16-03-2009	180,10	6,89	1,47	33,51	76,22	7,506	16,54	0
58	E	1331085/2	19-03-2009	192,80	5,80	13,28	55,07	70,61	2,672	16,54	0
59	E	1331085/3	19-03-2009	194,10	5,71	13,21	55,78	71,92	7,395	16,54	0
60	E	1331085/4	19-03-2009	217,50	5,66	12,33	56,69	72,96	15,41	16,54	0

N.º	Produto	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
61	D	1332070/1	08-04-2009	169,50	6,79	1,64	32,09	75,99	9,100	16,54	0
62	D	1332070/4	08-04-2009	218,10	6,72	1,31	33,32	74,70	5,094	16,54	0
63	D	1332487/1	08-04-2009	191,80	6,87	1,63	30,98	75,58	5,832	16,54	0
64	D	1332487/4	08-04-2009	214,90	6,81	1,53	32,32	73,99	2,448	16,54	0
65	D	1332487/6	08-04-2009	174,10	6,92	0,95	30,37	75,45	26,50	16,54	0
66	B	1333829/1	19-04-2009	150,10	6,40	9,04	56,53	75,15	8,281	16,54	0
67	B	1333829/2	19-04-2009	167,70	6,51	9,66	57,94	74,90	13,89	16,54	0
68	B	1333829/3	19-04-2009	145,10	6,32	8,94	55,72	78,72	1,665	16,54	0
69	B	1333829/4	19-04-2009	167,70	6,39	9,09	54,91	74,27	14,42	16,54	0
70	B	1333829/5	19-04-2009	160,20	6,42	8,84	55,28	75,71	9,916	16,54	0
71	B	1333829/6	19-04-2009	174,50	6,46	9,47	53,54	79,53	15,85	16,54	0
72	B	1333829/7	19-04-2009	146,60	6,33	9,68	57,94	74,33	5,328	16,54	0
73	B	1333829/8	19-04-2009	157,90	6,39	9,25	55,82	76,07	3,188	16,54	0
74	E	1334375	21-04-2009	203,50	5,88	12,91	61,78	73,97	8,607	16,54	0
75	D	1335231/1	04-05-2009	174,65	6,85	1,39	33,71	76,18	8,850	16,54	0
76	D	1335231/4	04-05-2009	194,50	6,76	1,50	33,19	74,33	2,797	16,54	0
77	D	1335231/7	04-05-2009	215,70	6,87	1,64	32,28	74,97	3,281	16,54	0
78	D	1335231/10	04-05-2009	168,60	6,88	1,29	31,59	74,56	7,427	16,54	0
79	D	1335231/12	04-05-2009	199,10	6,94	1,25	31,02	73,78	11,02	16,54	0
80	E	1335888/1	11-05-2009	179,40	5,75	12,58	51,85	71,05	7,175	16,54	0
81	E	1335888/4	11-05-2009	215,80	5,77	13,85	54,14	70,85	10,14	16,54	0
82	B	1336934/1	15-05-2009	140,50	6,30	9,51	57,97	76,43	1,810	16,54	0
83	B	1336934/3	15-05-2009	158,10	6,33	8,66	55,91	79,17	1,869	16,54	0
84	B	1336934/6	15-05-2009	149,30	6,39	8,70	58,19	78,73	2,536	16,54	0
85	E	1337335	18-05-2009	187,30	5,89	12,95	56,51	71,48	2,381	16,54	0
86	D	1337709/1	25-05-2009	184,10	6,79	1,57	34,43	72,57	14,48	16,54	0
87	D	1337709/4	25-05-2009	219,50	6,91	1,36	32,29	73,51	6,706	16,54	0
88	D	1337709/7	25-05-2009	174,80	6,82	1,52	33,73	75,44	5,525	16,54	0
89	D	1337709/10	25-05-2009	189,70	6,94	1,59	33,88	74,11	7,023	16,54	0
90	E	1337874/1	26-05-2009	197,10	5,82	13,56	57,78	72,80	5,521	16,54	0
91	E	1337874/2	26-05-2009	212,10	5,84	12,27	54,04	70,49	4,000	16,54	0
92	E	1338452	01-06-2009	190,70	5,83	12,80	58,24	73,38	1,545	16,54	0
93	E	1337874/4	02-06-2009	184,04	5,77	13,11	54,97	69,98	5,384	16,54	0
94	E	1337874/7	02-06-2009	179,30	5,79	12,21	56,82	70,74	6,689	16,54	0
95	E	1337874/9	02-06-2009	218,50	5,71	13,52	53,04	73,12	14,89	16,54	0
96	B	1338938/1	03-06-2009	158,40	6,31	9,13	57,89	77,95	0,586	16,54	0
97	B	1338938/4	03-06-2009	135,10	6,42	8,72	56,82	78,86	3,594	16,54	0
98	D	1339148/1	16-06-2009	169,80	6,87	1,35	33,40	75,20	5,894	16,54	0
99	D	1339148/3	16-06-2009	192,30	6,88	1,23	31,25	76,23	9,424	16,54	0
100	D	1339148/6	16-06-2009	217,30	6,91	1,21	33,02	75,77	4,701	16,54	0
101	E	1340565	22-06-2009	183,70	5,86	13,15	52,24	69,02	6,466	16,54	0
103	D	1341046/1	24-06-2009	185,70	6,83	1,65	34,00	74,96	5,469	16,54	0
104	D	1341046/4	24-06-2009	204,30	6,76	1,47	31,41	75,40	2,925	16,54	0
105	D	1341046/7	24-06-2009	184,20	6,87	1,62	32,32	73,67	5,513	16,54	0
106	D	1341428/1	26-06-2009	172,00	6,72	1,78	34,41	73,61	16,79	16,54	0
107	D	1341428/4	26-06-2009	195,50	6,79	1,73	33,66	74,31	7,223	16,54	0
108	D	1341428/6	26-06-2009	173,10	6,81	1,64	35,33	73,94	12,70	16,54	0
109	E	1341429	30-06-2009	215,70	5,80	12,72	57,38	71,79	3,222	16,54	0
110	E	1341430/1	30-06-2009	199,80	5,77	11,75	57,18	72,43	7,628	16,54	0
111	E	1341430/2	30-06-2009	229,00	5,73	12,62	55,16	72,66	8,938	16,54	0
114	D	1341795/1	02-07-2009	185,00	6,86	1,50	32,47	75,58	2,874	16,54	0
115	D	1341795/4	02-07-2009	208,00	6,77	1,56	32,59	75,05	2,259	16,54	0
116	D	1341795/6	02-07-2009	209,90	6,77	1,26	33,04	74,63	2,922	16,54	0
117	D	1342063/1 i	03-07-2009	198,20	6,92	1,81	33,24	74,17	11,12	16,54	0
118	D	1342063/1 m	03-07-2009	203,60	6,84	1,37	34,11	74,27	2,956	16,54	0

N.º	Produto	Lote	Data	Textura	pH	a*	b*	L*	T ²	LSC	LIC
119	D	1342063/3	03-07-2009	216,60	6,83	1,15	31,76	75,46	5,158	16,54	0
120	B	1342287/1	07-07-2009	140,70	6,22	9,29	53,35	73,77	16,86	16,54	0
121	B	1342287/4	07-07-2009	133,80	6,38	9,73	56,85	76,01	2,134	16,54	0

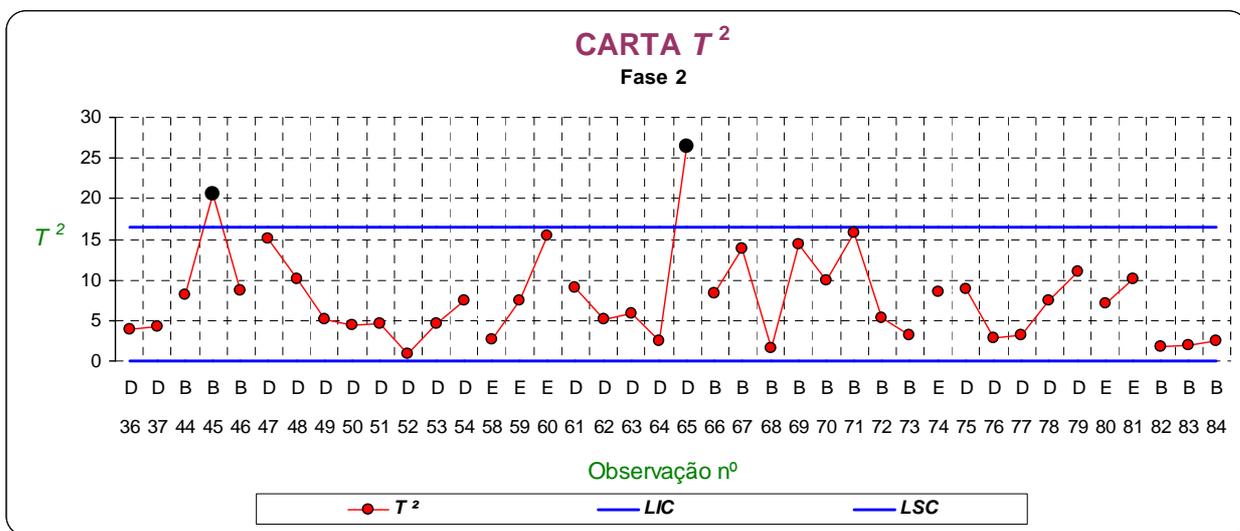
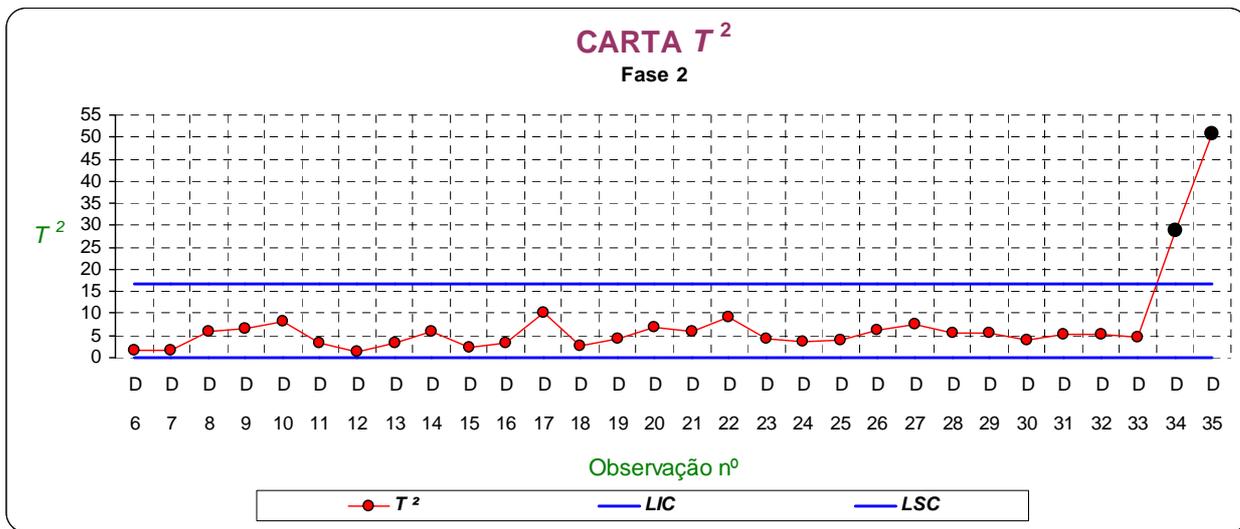


Figura VI.1 – Fase 2 – Carta multivariada T², para os três produtos.