

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
MATEMÁTICA

PAULO AUGUSTO FANTINEL

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA FILETAGEM DE
TILÁPIAS: UM ESTUDO DE CASO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
MATEMÁTICA**

PAULO AUGUSTO FANTINEL

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO NA FILETAGEM
DE TILÁPIAS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Matemática.

Orientador(a): Regiane Slongo Fagundes.

TOLEDO

2018

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
MATEMÁTICA

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Controle Estatístico de Processo na filetagem de Tilápias: um estudo de caso foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata nº __ de 06/06/2018

Fizeram parte da banca examinadora os professores:

Prof^a. Dra. Regiane Slongo Fagundes - Orientadora

Prof^a. Dra. Suellen Ribeiro Pardo Garcia

Prof^a. Dra. Daniela Trentin Nava

TOLEDO

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que esteve me ajudando em todos os momentos, me abençoando com saúde, paz, sabedoria e principalmente me dando força para prosseguir nesta jornada, não apenas como universitário, mas em todas as etapas que passei na minha vida até o presente momento.

Aos meus pais Inês Finkler Fantinel e Eleci Luiz Fantinel, pelo amor incondicional e pela paciência. Por terem feito o possível e o impossível para me apoiar, acreditando e respeitando minhas decisões e nunca deixando que as dificuldades acabassem com os meus sonhos. Serei imensamente grato!

Agradeço à instituição, administração, direção e aos mestres, que oportunizaram o conhecimento adquirido durante a minha formação.

Quero agradecer em especial a minha amiga e namorada Vilma Vanessa Meinhart, pelo auxílio, apoio e incentivo durante a minha formação.

Também quero prestar meus agradecimentos a minha orientadora Regiane Slongo Fagundes, que sempre esteve me ajudando em todos os momentos, dedicando o seu tempo, sabedoria e comprometimento para a conclusão deste trabalho, sendo paciente, compreensivo e me dando forças para não desistir, muito obrigado!

Muito obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação e para a conclusão deste trabalho, nada disso seria possível se vocês não estivessem presentes me apoiando e incentivando em todas as etapas.

RESUMO

Um dos grandes problemas enfrentados pelas indústrias de filetagem de peixe é a padronização do filé. O tamanho do peixe, o método de filetagem, a destreza do filetador e a forma de corte dos músculos influenciam no rendimento e uniformidade do filé. Assim, o presente trabalho tem por objetivo aplicar as ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP) para avaliar o sistema de filetagem de tilápias. O CEP consiste de um conjunto de técnicas estatísticas que permitem diagnosticar a variabilidade no processo industrial, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido. Foram aplicadas especificamente as cartas de controle de Schwartz para média e amplitude (\bar{X} e R) e para as medidas individuais (X individual e AM). Os dados analisados foram obtidos junto a uma pequena agroindústria de filetagem na região Oeste do Paraná, que abate 5 toneladas de peixes diariamente. As variáveis monitoradas foram peso total bruto de peixes abatidos (kg) e rendimento total de filés diário (kg), peso amostral bruto diário (g) de 30 tilápias e rendimento de filé amostral, com 3 repetições. Os resultados indicaram que o processo de filetagem das tilápias está fora de controle estatístico, pois as análises revelaram a não padronização do filé, ocasionando desperdício do alimento e, por conseguinte, prejuízos para o frigorífico de peixe. Neste sentido, acredita-se que o uso regular da ferramenta CEP pode contribuir para a realização de um controle mais efetivo do processo de industrialização de filé.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processo. Cartas de Controle. Filetagem de Tilápias.

ABSTRACT

One of the main problems faced by fish-fillet industries is the standardization of fillet. The size of the fish, the filleting method, the skill of the professional who cuts the fillet and the cut shape of the muscles influences the yield and uniformity of the fillet. Thus, the present work aims to apply the tools of Statistical Process Control (SPC) to evaluate the tilapia filleting system. The SPC consists of a set of statistical techniques that allow to diagnose variability in the industrial process, contributing to the improvement of the intrinsic quality, productivity, reliability and cost of what is being produced. Specifically, the Schwartz control charts for average and amplitude (\bar{X} and R) and individual measurements (X individual and AM) were applied. The data analyzed were obtained from a small filleting agroindustry in the western region of Paraná, which slaughters 5 tons of fish daily. The variables monitored were the total gross weight of slaughtered fish (kg) and total fillet yield (kg), daily gross sample weight (g) of 30 tilapia and sample fillet yield, with 3 replicates. The results indicated that the filleting process of the tilapia is out of the statistical control, since the analyzes revealed the non-standardization of fillet, causing food wastage and, consequently, damages to the fish-processing industry. In this sense, it is believed that the regular use of the SPC tool can contribute to a more effective control of the process of fillet industrialization.

Key words: Statistical process Control. Control charts. Fillets of Tilapias.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

3.1	Método de filetagem: retirada da pele do peixe inteiro com alicate (A) e filetagem (B).	15
3.2	Modelos de gráficos de controle.	18
3.3	Exemplo de um diagrama de causa e efeito	25
5.1	Gráfico de controle da média mensal para a variável peso bruto de peixe de março (01) à dezembro (10), 2016.	31
5.2	Gráfico de controle da média mensal para a variável peso em filé de peixe de março (01) à dezembro (10), 2016.	33
5.3	Gráficos de controle de amplitude individual do percentual de conversão do peixe em filé.	34
5.4	Gráficos de controle de média (\bar{X}) e amplitude (R) dos pesos das amostras (g).	36
5.5	Gráficos de controle de média (\bar{X}) e amplitude (R) dos pesos das amostras (g).	37
5.6	Diagrama de Causa e Efeito.	38
6.1	Gráficos de controle de amplitude individual do peso bruto de peixe.	43
6.2	Gráficos de controle de amplitude móvel do peso bruto de peixe.	44
6.3	Gráficos de controle de amplitude individual do peso em filé de peixe.	45
6.4	Gráficos de controle de amplitude móvel do peso em filé de peixe.	46
6.5	Gráficos de controle de amplitude móvel do percentual de conversão do peixe em filé.	47

LISTA DE TABELAS

5.1	Estatística descritiva do peso bruto de peixe, em kg, abatido diariamente no período de março à dezembro, 2016.	30
5.2	Estatística descritiva do peso em filé de peixe, em kg, abatido diariamente no período de março à dezembro, 2016.	32

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS	8
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 PISCICULTURA	13
3.1.1 Caracterização da espécie	13
3.1.2 Influência no formato do corpo nos pesos e rendimentos corporais	14
3.2 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE	15
3.2.1 Formas de aplicação	16
3.2.2 Gráficos de controle para \bar{X} e R	18
3.2.3 Gráficos de controle para \bar{X} e S	21
3.2.4 Carta X individual e AM	23
3.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	26
4.2 PROCESSO DE FILETAGEM	26
4.3 COLETA DE DADOS	27
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial por pescado vem sofrendo um significativo avanço nas últimas décadas, o que se deve principalmente ao crescimento populacional e à procura por alimentos mais saudáveis. Dessa forma, a criação de peixes em grande escala em ambientes controlados (piscicultura) se destaca como uma alternativa viável para aumentar a oferta de pescados nos próximos anos, tendo em vista que a pesca extrativista (em água doce ou auto mar) encontra-se com a produção estabilizada desde de 1990 (FAO, 2014).

No cenário da piscicultura, o Brasil destaca-se entre os países com maior potencial para essa atividade, em decorrência de alguns fatores como sua disponibilidade hídrica, clima favorável e ocorrência natural de espécies aquáticas (BRASIL, 2013).

Dentre as diversas espécies de peixes cultivadas no Brasil, a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758), destaca-se por possuir excelente desempenho em ganho de peso, crescimento, adaptação a diversos ambientes e sistema de produção, resistência a enfermidades, fácil reprodução, além de sua carne possuir alta qualidade nutricional e boa aceitação por parte dos consumidores (TAVARES & PALHARES, 2011).

No Brasil, a produção de tilápia se concentra basicamente nas regiões sul e sudeste devido ao clima. Sua industrialização gera uma boa lucratividade às empresas, aumentando a comercialização nas vésperas de páscoa e feriados religiosos, conforme os costumes do povo no local (SUSSEL, 2013).

A importância do consumo da carne da tilápia, deve-se principalmente ao seu alto valor nutricional, sendo rico em proteínas, de fácil digestão e possuir menos gorduras que a maioria das carnes vermelhas. O tipo de gordura predominante nos peixes são as poliinsaturadas, entre as quais se destaca o ômega-3, cujo consumo proporciona grandes benefícios à saúde. Devido à essa característica, esse alimento é servido como cardápio aos alunos em suas merendas escolares (BOSCOLO et.al., 2009).

Quanto ao processo de industrialização de peixes, houve aumento considerável em indústrias de beneficiamento que visam principalmente à filetagem (UCCI, 2003). Porém, segundo Vidotti et al. (2003), grandes quantidades de peixes são desperdiçadas durante a captura, comercialização e processos industriais, sendo que o descarte durante o processo de filetagem de tilápias chega a 65 % da matéria-prima.

Outro problema enfrentado pelas indústrias de filetagem é a padronização do filé. Este problema ocorre devido ao peso do peixe, o método de filetagem, a destreza do filetador e a forma de corte dos músculos influenciando no rendimento do filé (SOUZA, 2002).

Uma das maneiras de avaliar essa desuniformidade é a aplicação de ferramentas estatística como o Controle Estatístico de Processos (CEP). Esta ferramenta consiste

de um conjunto de técnicas estatísticas que permitem diagnosticar a variabilidade no processo industrial, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido (RIBEIRO, 2000). Entre as principais ferramentas pode-se destacar: Diagrama de Causa e Efeito, Cartas de Controles, para média, amplitude e desvio padrão.

A partir disso, o foco deste estudo, é aplicar as ferramentas do CEP no procedimento da filetagem de tilápias e, ao longo do trabalho apresentar-se alguns conceitos e definições importantes para o melhor entendimento deste conteúdo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar as ferramentas do Controle Estatístico de Processo para avaliar o sistema de filetagem de tilápias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variabilidade da filetagem de tilápias utilizando a estatística descritiva e as ferramentas de controle de qualidade.
- Dimensionar o padrão de produtividade da filetagem a partir das cartas de controle.
- Descrever o processo produtivo industrial.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PISCICULTURA

Para Pinheiro et al. (2006, p. 257) “a piscicultura é reconhecida como uma importante atividade agroindustrial, capaz de gerar grande retorno financeiro para os produtores e para as indústrias processadoras de peixes, numa visão sistêmica de cadeias produtivas”. Segundo o autor, as vantagens da escolha da tilápia são em decorrência da facilidade de cultivo, colocando tal espécie no ranking de maior produção no mundo.

Entretanto, a introdução descontrolada de lotes de tilápias com características indesejáveis ao cultivo geraram a necessidade de se traçar estratégias para assegurar a qualidade genética e a determinação da procedência dos alevinos comercializados. Assim, diversas linhagens melhoradas têm sido introduzidas nos diversos sistemas de produção de tilápia no Brasil (DIODATTI, 2006).

O crescimento morfométrico (medidas das formas físicas do animal, como o comprimento, largura e altura) e alométrico (crescimento de parte ou de partes do animal em maior velocidade, ou em detrimento as outras partes) da tilápia do Nilo, evidenciam que o filé apresenta uma variação de peso proporcionalmente maior em relação ao peso corporal durante determinada fase do crescimento, o que proporciona mais rentabilidade na filetagem do filé (DIODATTI, 2006).

3.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é nativa dos rios e lagos africanos. É considerada a segunda espécie de peixe mais cultivada no mundo, razão pela qual está amplamente disseminada. Além disso possui rápido crescimento, possui grande rusticidade, fácil manejo, o rendimento é alto e sua carne é de qualidade (GALLI; TORLONI, 1999).

O cultivo de tilápias para fins industriais, destaca-se a tilápia do Nilo como uma das espécies mais indicadas para o *cultivo intensivo*, devido às suas qualidades para a produção industrial e à excelente textura de sua carne (SILVA, et al. 2016).

Acredita-se que a tilápia do Nilo tenha sido a primeira espécie de peixe a ser cultivada, pois foram encontradas ilustrações em tumbas egípcias, sugerindo que esta espécie é cultivada a mais de 3.000 anos (POPMA; MASSER, 1999).

A tilápia do Nilo pertence à família Ciclidae, gênero *Oreochromis*, espécie *Oreochromis niloticus*. A espécie possui hábito alimentar fitoplanctófago, tendendo a

onívoro (BARROS *et al.* 2002) e, quanto à temperatura da água de cultivo, varia de 20 % a 30 %, porém podem suportar temperaturas de aproximadamente 12 % (ZIMMERMANN, 2004).

Estes animais podem ser encontrados em diversas regiões, sendo que *O. niloticus* corresponde a aproximadamente 80 % de toda a produção mundial da espécie, principalmente devido a suas características em relação à sua adaptabilidade a diversos sistemas de produção e condições ambientais, facilidade de reprodução, alta prolificidade, tolerância à baixa qualidade de água, boa aceitação de rações e rápido crescimento. Além destas características, a tilápia apresenta uma carne com ótimo sabor, o que tem sido responsável pela grande aceitação comercial (KUBITZA, 2000).

Outras importantes características a serem destacadas em relação à tilápia do Nilo é sua resistência a doenças, tolerância ao cultivo em altas densidades e em ambientes hostis e estressantes, desovas durante todo o ano, sua carne possui baixo teor de gordura e calorias, não possuem espinhos em forma de “Y” e apresentam rendimento de filés que variam entre 30 e 40 %, o que as tornam bastantes atrativas para a industrialização (NOGUEIRA; RODRIGUES, 2007).

De acordo com as estatísticas oficiais brasileiras a tilapicultura cresceu de 12.000 para 155.450 toneladas de 1995 a 2010. Nos últimos 10 anos a produção de tilápia aumentou a uma taxa média de 17 % ao ano e representa cerca de 40 % da produção da piscicultura brasileira (KUBITZA, 2011).

Quanto à reprodução, as tilápias chegam à maturação sexual muito cedo, sendo que geralmente ao atingirem 60 gramas de peso e idade entre os 4 e os 6 meses, a tilápia já se encontra pronta para realizar sua primeira desova. As desovas de cativeiros são extremamente comuns e, dependendo da região, podem ocorrer durante praticamente o ano todo (AMARAL, 2006).

3.1.2 INFLUÊNCIA NO FORMATO DO CORPO NOS PESOS E RENDIMENTOS CORPORAIS

Com base nos estudos de Diodatti (2006), verifica-se que o formato do corpo do animal influencia no peso, bem como no rendimento corporal. Em vista disto, faz-se necessário refletir a respeito destes aspectos.

Com relação ao peso da tilápia, nota-se que é resultado do rendimento corporal, altura, comprimento e espessura do lombo do animal. São estas medidas morfométricas que auxiliam no processamento da filetagem de tilápias (SILVA, *et al.* 2016).

A respeito dos rendimentos corporais, durante o crescimento percebe-se que acumulação de massa muscular em pontos específicos do corpo podem resultar diferentes aptidões das espécies de peixes (DIODATTI, 2006), descrevendo desse modo, o tamanho

do animal, no qual influencia o produto do filé.

Já o tamanho do filé de um peixe, é influenciado por diversos aspectos como a espécie, formato anatômico do peixe (relação cabeça/corpo), peso corporal, sexo, composição corporal (gordura visceral), grau de mecanização na filetagem, método de filetagem e destreza do operador, dentre outros (SILVA, *et al.* 2016).

Entretanto, outro fator importante que não podemos deixar de lado e, que também pode influenciar no rendimento do filé é o tipo de corte no processo de filetagem da tilápia, proporcionando uma menor perda na textura da carne do animal. O tipo de corte adotado pelo frigorífico parte do pressuposto de não retirar a cabeça e nadadeiras do peixe antes do processo de filetagem, na forma de remover a pele, antes da remoção do filé, ou seja, com o peixe inteiro sem eviscerar: retira-se a pele, com auxílio de alicate especial, e depois o filé (Figura 3.1). Souza (2002) em seu estudo, concluiu que este método proporciona os melhores resultados no rendimento de filé.

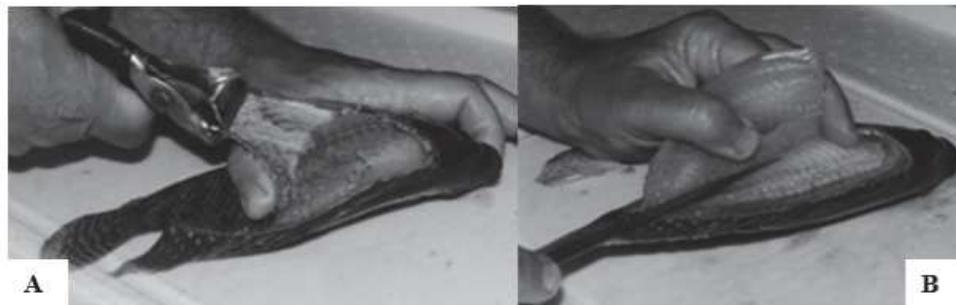


Figura 3.1: Método de filetagem: retirada da pele do peixe inteiro com alicate (A) e filetagem (B).

Fonte: Souza (2002).

3.2 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE

Os gráficos de controle é a ferramenta mais utilizada para monitoramento do processo, objetivando detectar a presença de causas atribuíveis (que surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo completamente diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento de seu nível de qualidade) e, também podem ser utilizados para determinar a capacidade do processo (estimação do número de itens não-conformes de um processo). Além do mais, pode ainda fornecer informações úteis para a melhoria do processo (MONTGOMERY, 2013).

Em particular, estas cartas determinam estatisticamente uma faixa denominada limites de controle que é ilustrada pela linha superior de controle (UCL) e uma linha inferior de controle (LCL), além de uma linha média (CL).

Segundo o Portal Action (2011) as funções destes gráficos são:

- Apresentar evidências de que um processo esteja operando em estado de controle estatístico e dar traços de presença de causas especiais de variação para que decisões apropriadas sejam aplicadas.

- Preservar o estado de controle estatístico estendendo a função dos limites de controle como base de medidas.

- Mostrar informações para que sejam tomadas atitudes gerenciais de melhoria dos processos.

Desta forma, a intenção é verificar por meio dos gráficos, se o processamento de filetagem de tilápias está sob controle, no caso, isento de problemas ou causas especiais (MONTGOMERY, 2013).

3.2.1 FORMAS DE APLICAÇÃO

A forma mais usual dos gráficos de controle envolve registros cronológicos regulares dia-a-dia/hora-a-hora de uma ou mais características (por exemplo, média, amplitude, proporção, etc) calculadas em amostras obtidas de medições em fases apropriadas do processo. Estes valores são dispostos, pela sua ordem, em um gráfico que possui uma linha central e dois limites (ver Figura 3.2).

Os gráficos de controle fornecem assim uma regra de decisão muito simples: pontos dispostos fora dos limites de controle indicam que o processo está fora de controle. Se todos os pontos dispostos estão dentro dos limites e dispostos de forma aleatória, consideramos que não existem evidências de que o processo esteja fora de controle.

Outros aspectos que ajudam na interpretação dos gráficos de controle são os arranjos típicos. Os arranjos típicos que os pontos podem apresentar são: a variação extrema, os desvios, a tendência, ciclos, falta de variabilidade e variabilidade excessiva (MONTGOMERY, 2013). Estes arranjos podem ser identificados da seguinte forma:

- **Variação extrema ou anomalia:** é reconhecida em gráficos de controle por meio de um único ponto ou mais fora dos limites. Torna-se necessário uma pesquisa para detectar as causas e condições que geraram este(s) ponto(s). Os aparecimentos das anomalias podem ter várias origens, entre elas, erros em medições e cálculos, condições de temperatura e pressão, ajustes feitos de forma errada e depois corrigidos, início ou fim de operações.
- **Desvios:** são situações como, 6 a 8 pontos numa sequência acima ou abaixo da linha média, qualquer grupo de 4 de 5 pontos consecutivos na região de 2-sigmas e 3-sigmas. As causas geralmente podem ser associadas a diferentes tipos de materiais, mudança de operador ou de inspetor, outro equipamento de inspeção, de máquinas ou de ajuste.
- **Tendência:** de pontos em gráficos é a contínua movimentação para cima ou para

baixo, por pontos consecutivos ou não. Geralmente a tendência é causada por desgaste de ferramentas, de dispositivos de posicionamento e de travamento, por defeitos de temperatura e de umidade, por deterioração de reagentes, por acumulação de poeira, por folgas em fixações e em furos.

- **Ciclos:** são arranjos que se repetem mostrando picos e vales. São indicativos de causas atribuíveis afetando periodicamente processos. Geralmente esses comportamentos estão associados com efeitos sazonais, razões mecânicas, diferenças causadas por desvios, etc. A ciclicidade também pode provir de desgaste, excentricidade, fadiga, troca de operadores.
- **Falta de variabilidade:** é verificada quando os pontos permanecem muito próximos da linha central. As causas para tal comportamento são seleções impróprias de subgrupos de amostras e medições tendenciosas. Exemplo: medições tendenciosas - obtidas ou por equipamento não apropriado para medir dimensões de interesse ou por inspetores que não sabem como efetuar as medições informando dessa forma esse arranjo de pontos.
- **Variabilidade excessiva** ou flutuação errática é caracterizada por altos e baixos dos pontos no gráfico. As causas para esse arranjo são um tanto difícil de identificar. Em tais situações sempre é útil enumerar diversos fatores conhecidos desse processo, relacionados com operadores, máquinas, materiais, equipamentos de ensaio, dispositivos, medidores.

Podemos observar no primeiro gráfico (Figura 3.2) que os dados estão dispostos entre os limites de controle, porém há indícios de um ponto fora dos limites, caso de variação extrema ou anomalia. Observe também que há outros tipos de arranjos como o desvio com tendência no gráfico \bar{X} , ou seja, 8 pontos abaixo da linha central, indicando a falta de controle estatístico, entretanto, o gráfico de Amplitude não apresenta variabilidade dos dados.

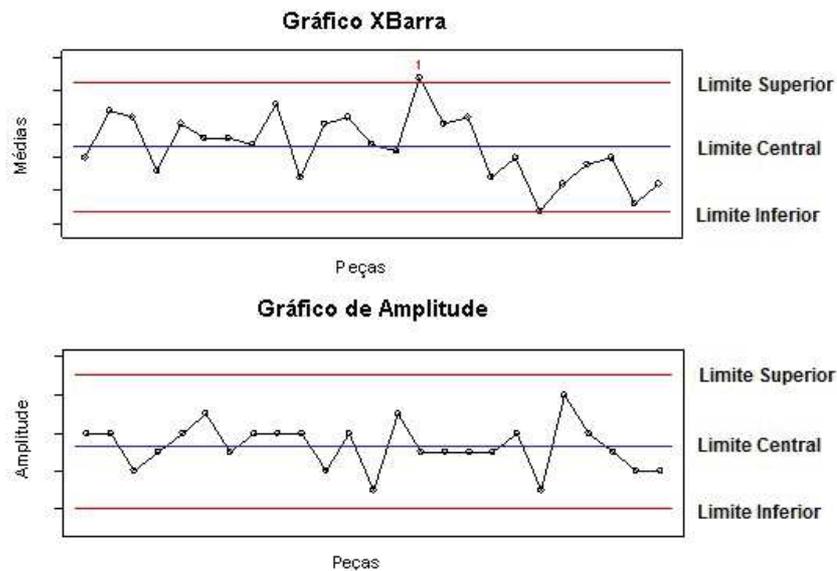


Figura 3.2: Modelos de gráficos de controle.

Fonte: Portal Action, 2011.

3.2.2 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA \bar{X} E R

Os gráficos \bar{X} e R (média e amplitude) no processo de filetagem de tilápias tem por objetivo controlar a variabilidade do processo e detectar qualquer mudança que aconteça. Estes devem ser implementados simultaneamente, pois as funções se complementam. O processo pode sair de controle por alterações no seu nível ou na sua dispersão, ou seja, as mudanças no nível (média) e dispersão (variabilidade) do processo podem ser consequências de causas especiais, gerando defeitos (MONTGOMERY, 2013).

Quando uma característica da qualidade é uma variável, necessita-se monitorar tanto a média da característica da qualidade quanto a sua variabilidade. Para isto, supomos que a característica da qualidade tem distribuição de probabilidade com média μ e desvio padrão σ (DEVORE, 2011; PORTAL ACTION, 2011).

Assim, para uma amostra aleatória X_1, X_2, \dots, X_n de tamanho n , temos que a média amostral é dada por:

$$CL = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}.$$

Ou ainda,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Assumindo que \bar{X} é normalmente distribuído com média μ e erro padrão $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ (DEVORE, 2011; PORTAL ACTION, 2011), há uma probabilidade de $1 - \alpha$ de qualquer média amostral cair entre:

$$\mu \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Assim, se μ e σ são conhecidos, podemos usar a expressão acima para obter os LCL e UCL em um gráfico de controle para média amostral e, ainda sabendo que podemos usar $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 3$ (DEVORE, 2011).

Se uma média amostral cair fora desses limites, isso é uma indicação que a média do processo não é mais igual a μ . Deste modo, vale ressaltar que os resultados acima ainda continuam aproximadamente corretos, mesmo na hipótese de não-normalidade da variável X para $n \geq 30$, devido ao Teorema Central do Limite. Consequentemente, o intervalo de confiança é dado por:

$$IC(\mu, 1 - \alpha) = \left(\mu_X - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \mu_X + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right). \quad (3.1)$$

Na prática, geralmente não conhecemos μ e σ . Contudo, estes parâmetros são estimados a partir de amostras preliminares. Então, sugere-se a coleta de m subgrupos (20 a 25) de tamanho n pequeno (4, 5, ou 6 cada), objetivando a construção de subgrupos racionais com baixo custo de amostragem (MONTGOMERY, 2013).

Para o gráfico da média \bar{X} , tomamos $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$ as médias de cada amostra, temos que o melhor estimador de μ para o processo da média é dada por:

$$CL = \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m}.$$

Ou ainda,

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m},$$

em que, \bar{X}_i é a média amostral do i -ésimo subgrupo.

Logo, $\bar{\bar{X}}$ (CL) é a linha central do gráfico \bar{X} .

Agora, necessita-se da estimativa do desvio padrão, para isto, estima-se a amplitude R . Assim, para uma amostra aleatória X_1, X_2, \dots, X_n de tamanho n , temos que a amplitude R é dada por:

$$R = X_{max} - X_{min}.$$

Sejam R_1, R_2, \dots, R_m as amplitudes das m amostras, então a linha central (CL) ou a média das amplitudes é dada por:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m},$$

ou ainda,

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}.$$

Cálculos dos limites de controle \bar{X} e R

Para o desenvolvimento dos limites de controle, primeiramente vamos definir a variável aleatória $W = \frac{R}{\sigma}$ chamada Amplitude Relativa. A principal propriedade de W é que sua média é a constante d_2 que depende do tamanho da amostra. Com isso, o estimador não viciado do desvio padrão σ da distribuição Normal é dada por:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}.$$

Agora, tem-se as ferramentas necessárias para a construção dos limites de controle para o gráfico \bar{X} e R . Logo, usando a Equação (3.1) e $Z_\alpha = 3$ obtêm-se os limites de controle para o gráfico \bar{X} da seguinte forma:

$$UCL = \mu_{\bar{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{X} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} \Rightarrow UCL = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R},$$

e

$$LCL = \mu_{\bar{X}} - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{X} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} \Rightarrow LCL = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R},$$

em que, $A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$.

Assumindo que a característica de qualidade é normalmente distribuída, $\hat{\sigma}_R$ é calculada à partir da distribuição Amplitude Relativa $W = \frac{R}{\sigma}$. Assim, o desvio padrão de W é dado por d_3 , é uma constante que depende do tamanho da amostra. Logo, para $R = W\sigma$ o desvio padrão de R é dada por:

$$\hat{\sigma}_R = d_3\sigma = d_3\frac{\bar{R}}{d_2}.$$

Portanto, os limites de controle para o gráfico R são dadas por:

$$UCL = \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 + 3\frac{d_3}{d_2}\right) \Rightarrow UCL = D_4\bar{R},$$

em que,

$$D_4 = \bar{R}\left(1 + 3\frac{d_3}{d_2}\right),$$

e

$$LCL = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 - 3\frac{d_3}{d_2}\right) \Rightarrow LCL = D_3\bar{R}$$

em que,

$$D_3 = \bar{R}\left(1 - 3\frac{d_3}{d_2}\right).$$

Os valores, d_2, d_3, A_2, D_3 e D_4 podem ser encontrados tabelados em (MONTGOMERY, 2013).

3.2.3 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA \bar{X} E S

Segundo Montgomery (2013), embora os gráficos \bar{X} e R sejam bastante usados, algumas vezes torna-se desejável estimar diretamente o desvio padrão do processo em vez de indiretamente através do uso da amplitude R . Isso leva aos gráficos de controle \bar{X} e S , onde S é o desvio padrão amostral¹. Em geral, os gráficos \bar{X} e S são preferidos aos seus semelhantes \bar{X} e R quando:

1. ou o tamanho da amostra n é moderadamente grande - digamos, $n > 10$ ou 12 ;
2. ou o tamanho da amostra n é variável.

Do ponto de vista prático, a aplicação deste gráfico pode ser inviável para dados que não são coletados de forma eletrônica, pois o operador deve calcular os desvios padrão para cada ponto.

Suponha que tem-se disponível m amostras, com cada uma contendo n observações sobre a característica da qualidade. Nas aplicações, o número de observações n é pequeno e geralmente resultam a partir da construção de subgrupos racionais, em que os custos de amostragem e de inspeção associadas com as mediações das variáveis são altas. Nestes casos a média \bar{X} e a variância S^2 são estimadores não viciados para a média populacional μ e variância populacional σ^2 , ou seja, $E(\bar{X}) = \mu$ e $E(S^2) = \sigma^2$. Porém, neste tipo de situação, o desvio padrão S é um estimador viciado para o desvio padrão populacional σ . Assim, seu valor esperado é dado por:

$$E(S) = \left(\frac{2}{n-1}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{(n-1)}{2}\right)} \sigma = c_4 \sigma. \quad (3.2)$$

Portanto, obtemos que o estimador não viciado para o desvio padrão é dado por:

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{c_4}.$$

Para o gráfico da média \bar{X} , tomamos $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$ as médias de cada amostra, e com isso temos que o melhor estimador de μ para o processo da média é dada por:

$$LC = \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m},$$

que é a linha central do gráfico \bar{X} . Suponhamos que m amostras preliminares estão disponíveis, cada um de tamanho n , e seja s_i o desvio padrão da i -ésima amostra. Assim, a média dos m desvios padrão é dada por:

¹Alguns autores referem-se ao gráfico S como gráfico σ .

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m},$$

em que,

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

com $\frac{\bar{S}}{c_4}$ um estimador não viciado para o desvio padrão populacional σ .

Cálculos dos limites de controle \bar{X} e S

Para a construção dos limites de controle para o gráfico \bar{X} e S usa-se o fato de $\frac{\bar{S}}{c_4}$ ser o estimador de σ . Assim, os limites de controle para o gráfico da média \bar{X} são dadas por:

$$UCL = \mu_{\bar{X}} + 3\frac{\hat{\sigma}_{\bar{X}}}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3}{c_4\sqrt{n}}\bar{S} \Rightarrow UCL = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$

e

$$LCL = \mu_{\bar{X}} - 3\frac{\hat{\sigma}_{\bar{X}}}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3}{c_4\sqrt{n}}\bar{S} \Rightarrow LCL = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S},$$

em que,

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}.$$

Para a construção dos limites de controle para o gráfico S necessita-se do teorema de Cochran². Assim, como consequência direta deste teorema, obtêm-se que $E(S^2) = \sigma^2$. Logo, a variância de S é dada por:

$$Var(S) = E(S^2) - [E(S)]^2 = \sigma^2 - c_4^2\sigma^2.$$

Com isso tem-se que:

$$\hat{\sigma}_S = \sigma\sqrt{1 - c_4^2}.$$

Portanto, os limites de controle ficam da seguinte forma:

$$UCL = \bar{S} + 3\hat{\sigma}_S = \bar{S} + 3\frac{\bar{S}\sqrt{1 - c_4^2}}{c_4} = \bar{S}\left(1 + \frac{3}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}\right) \Rightarrow UCL = B_4\bar{S},$$

em que,

$$B_4 = \left(1 + \frac{3}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}\right),$$

e

$$LCL = \bar{S} - 3\hat{\sigma}_S = \bar{S} - 3\frac{\bar{S}\sqrt{1 - c_4^2}}{c_4} = \bar{S}\left(1 - \frac{3}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}\right) \Rightarrow LCL = B_3\bar{S},$$

em que,

$$B_3 = \left(1 - \frac{3}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2}\right).$$

Os valores de A_3 , B_3 e B_4 encontram-se tabelados em Montgomery (2013).

²Disponível em: <http://www.ugr.es/~jsalinas/apuntes/C15.pdf>

3.2.4 CARTA \bar{X} INDIVIDUAL E AM

Muitas vezes as amostras utilizadas na construção dos gráficos de controle têm tamanhos unitários, isto é, $n = 1$. Dois exemplos de situações em que as amostras consistem de um única solução são:

- Emprego da inspeção automatizada, onde toda unidade produzida é avaliada.
- Processo para os quais a taxa de produção é baixa, não sendo então conveniente permitir que tamanhos amostrais superiores a um se acumulem para que a análise dos resultados possa ser efetuada.

Os gráficos de controle utilizados para $n = 1$ são denominados gráficos para medidas individuais.

Para construir a carta correspondente composta por dois gráficos, adota-se como:

\bar{X} : a média dos valores individuais;

AM_i : é a amplitude móvel das duas observações sucessivas para estimar a variabilidade do processo:

$$AM_i = |X_i - X_{i-1}|.$$

Cálculos dos limites de controle \bar{X} e AM

Apresentaremos a seguir as expressões para o cálculo dos limites de controle dos gráficos \bar{X} e AM .

Gráfico \bar{X} :

Limite Superior de Controle:

$$UCL = \bar{X} + \left(3 \frac{\overline{AM}}{d_2}\right)$$

Linha Central:

$$LC = \bar{X}$$

Linha Inferior de Controle:

$$LCL = \bar{X} - \left(3 \frac{\overline{AM}}{d_2}\right)$$

Gráfico AM :

Limite Superior de Controle:

$$UCL = D_4 \overline{AM}$$

Linha Central:

$$LC = \overline{AM}$$

Linha Inferior de Controle:

$$LCL = D_3\overline{AM}.$$

Em que, \overline{AM} é a média das amplitudes móveis e os valores de d_2 , D_4 e D_3 encontram-se tabelados (MONTGOMERY, 2013).

3.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta formal frequentemente útil na eliminação de causas especiais. Uma vez que um defeito, erro ou problema é identificado, devemos analisar as causas potenciais desse efeito indesejável (MONTGOMERY, 2013).

Os passos na construção do diagrama de causa e efeito de acordo com Montgomery (2013), são:

1. Defina o problema ou efeito a ser analisado.
2. Forme a equipe para realizar a análise. Em geral, a equipe descobrirá causas potenciais em sessões *brainstorming*.
3. Desenhe a caixa de efeito e a linha central.
4. Especifique as principais categoriais de causas potenciais e coloque-as em caixas, ligadas a linha central.
5. Identifique as causas possíveis e classifique-as nas categorias do passo 4. Crie novas categorias, se necessário.
6. Ordene as causas para identificar aquelas que parecem mais prováveis de causar impacto sobre o problema.
7. Adote ações corretivas.

Um exemplo, de como construir o diagrama de causa e efeito é a Figura 3.3 abaixo:

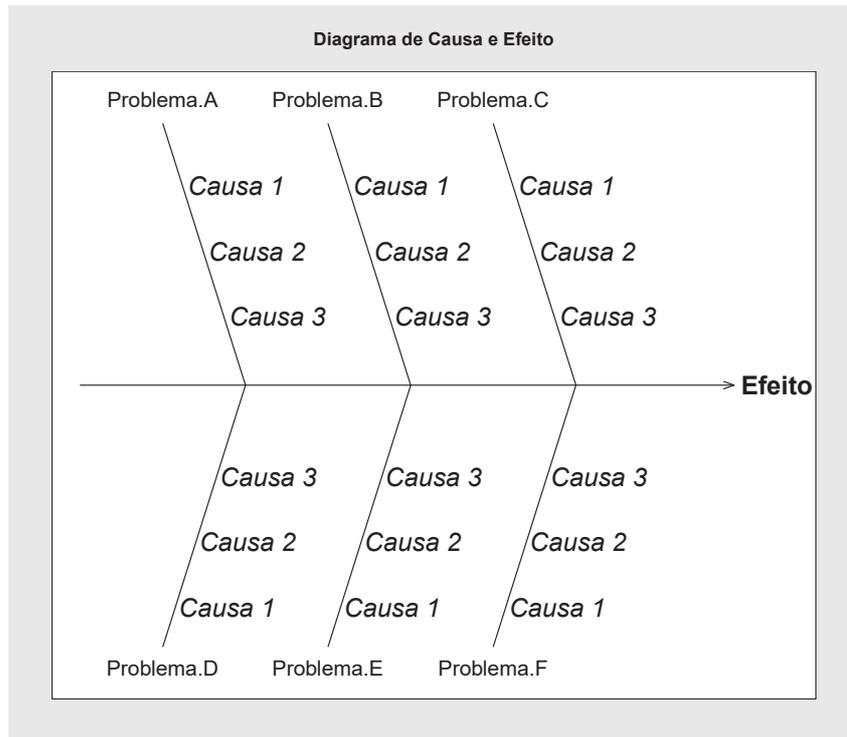


Figura 3.3: Exemplo de um diagrama de causa e efeito

Fonte: Do autor.

Ainda, a análise de causa e efeito é considerada uma ferramenta muito poderosa. Pois, um diagrama de causa e efeito muito bem detalhado pode servir como um eficiente auxiliar para encontrar, localizar e reparar problemas ou erros (MONTGOMERY,2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O frigorífico de abate de peixes que foi acompanhado durante a realização deste trabalho é classificado como de pequeno porte e fica localizado na região Oeste do Paraná. Esta agroindústria produz filé de tilápia congelado para abastecimento dos mercados locais e também fornece pescado para a merenda escolar. Atualmente, são filetados aproximadamente cinco toneladas de peixes por dia.

Grande parte da matéria-prima é proveniente de outras cidades da região, devido à insuficiência da mesma na cidade onde está localizada. O pescado é transportado em caminhões equipados com caixas cujo volume máximo é de 2.400 litros e capacidade aproximada de 1000 quilos de pescado vivo (cada). A água é devidamente oxigenada para garantir a sobrevivência do animal durante o transporte. Na sede da agroindústria os pescados são inspecionados, são avaliados as notas fiscais e guia de transporte (GTA) e é realizada a inspeção sanitária. Em seguida, o pescado é descarregado em tanques de depuração por um período mínimo de 24 horas.

4.2 PROCESSO DE FILETAGEM

Inicialmente os peixes são insensibilizados por meio de choque térmico, em monoblocos com gelo de água potável clorada (5ppm de cloro), na proporção de duas partes de gelo para uma de peixe. Após insensibilização ocorre o processo de sangria que consiste em corte das brânquias e imersão em água corrente. Depois são levados a máquina de lavagem de pescados onde são limpos e descamados com água hiperclorada (5ppm), sendo posteriormente introduzidos na planta onde se inicia o processo de filetagem.

A filetagem é realizada através de cortes no sentido dorso-ventral e crânio-caudal o mais rente possível do opérculo, por meio de facas apropriadas, sendo filetado um lado de cada vez. A pele é retirada com ajuda de uma máquina elétrica que faz o processo puxando-se da parte frontal para a parte final. Os resíduos gerados após filetagem são enviados a área suja através de rosca sem fim, sendo armazenados até que seja realizada a destinação adequada.

Após a retirada da pele, os filetes são lavados com água clorada (mínimo de 0,5 ppm e máximo 2 ppm de cloro residual livre), e é feito o toaleta onde se retira os espinhos residuais. O produto permanece em uma bacia com gelo, posteriormente são então levados para o processo de embalagem.

Na agroindústria são realizados dois processos diferenciados de acondicionamento: o primeiro consiste em dispor os filés lado a lado, sendo os mesmos separados com folhas de plástico para não grudarem, e enrolados formando embalagens de 500g e 1 kg. A segunda forma consiste em acondicionar em embalagens plásticas com capacidade de 500g e 1 kg, que posteriormente são pressurizadas. No ato da embalagem é feito controle seguindo a portaria do INMETRO 38, de 11 de julho de 2010, a qual é realizada seguindo um plano de amostragem conforme a portaria orienta, para que haja garantia que em cada pacote exista pelo menos o mínimo de peso líquido indicado na embalagem, no caso até 500g e 1 kg. Além disso, as embalagens são devidamente identificadas com Fabricação/Validade/Lote. Os filés são estocados em câmara fria com temperatura de -18°C .

4.3 COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos junto aos responsáveis pelo processo de filetagem e se referem ao abate diário, monitorado durante 10 meses, no período de Março à Dezembro, de 2016. A equipe de controle de produção monitora a entrada bruta de peixes durante um dia de abate, o total de filés produzidos e ainda realizam um controle diário por amostragem do processo produtivo. Assim, as variáveis monitoradas foram:

- Peso total bruto de peixes abatidos diariamente, em quilogramas;
- Rendimento total de filés obtidos diariamente, em quilogramas;
- Peso amostral bruto diário de 30 tilápias, utilizando 3 repetições, em gramas;
- Rendimento de filé amostral, referentes às 3 repetições, em gramas.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente foi calculada as principais estatísticas descritivas como a média, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação dos dados das diferentes variáveis e a construção dos gráficos de controle, para uma análise empírica do comportamento do processo produtivo.

Como as variáveis *peso total bruto* e *rendimento total de filés* não possuem repetições diárias, utilizou-se os gráficos de controle para valores individuais e de amplitude móveis de peso dos peixes e dos filés (X-AM). Já para as variáveis *peso amostral bruto* e *rendimento de filé amostral*, como se tem amostras com 3 repetições, foi possível estimar a variabilidade do processo produtivo através da média e amplitude de cada lote, possibilitando desta forma a utilização dos gráficos \bar{X} e R . Essa amostra foi definida seguindo

o teorema central do limite, garantindo assim uma amostra representativa da população (MONTGOMERY, 2013).

As avaliações estatísticas de cálculo de rendimento, bem como os gráficos de controle estatístico do processo realizaram-se com o auxílio do *software R Core Team* (R CORE TEAM, 2017) e o pacote *qcc* (SCRUCCA, 2004). No Apêndice F está disponibilizada as rotinas utilizadas para compilação dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 5.1 apresenta principais estatísticas descritivas do peso bruto (kg) de peixe (matéria prima) abatido diariamente, relacionando cada mês amostrado. Verifica-se que o mês de novembro apresenta o menor LCL (842,199 kg) e o maior UCL (6542,554 kg), com média de peso bruto de peixe abatido diariamente de 3692,375 kg e desvio padrão (s) de 820,159 kg. Estes resultados indicam alta variabilidade em torno da média, que pode ser comprovado pelo valor do coeficiente de variação (CV%) que foi igual a 22,21%. Já o mês de março apresentou o menor CV%=11,89% e com alta média de matéria prima abatida diariamente (4209,696 kg). Nota-se ainda que no mês de junho obteve-se o menor valor médio, com 2620,234 kg, porém com o valor mais elevado do CV% que foi de 22,59%.

Outro resultado obtido a partir da Tabela 5.1 é que dos meses de junho a outubro foram encontrados os menores valores médios de matéria prima abatida diariamente. Uma possível causa da baixa produtividade pode estar relacionado ao período de inverno no Brasil. Os períodos de frio reduzem o crescimento e ganho de peso dos peixes devido à queda da temperatura das águas, que fica abaixo da faixa ideal de conforto dos peixes que vai de 27° a 32°C. Este problema de crescimento pode gerar falta de matéria prima além de desuniformidade no lote de peixe, que dificulta o processo de filetagem e ocasiona maior desperdício.

Os gráficos de controle das medidas individuais e amplitude móveis referentes aos cálculos dos limites da Tabela 5.1 encontram-se nos Apêndices A e B, para mais detalhes.

Tabela 5.1: Estatística descritiva do peso bruto de peixe, em kg, abatido diariamente no período de março à dezembro, 2016.

	\bar{x}	s	CV %	LCL	UCL
março	4209,696	500,626	11,89	2563,616	5855,776
abril	4065,340	507,795	12,49	2388,677	5742,002
maio	3396,924	566,613	16,68	1851,950	4941,897
junho	2620,234	592,053	22,59	848,068	4392,400
julho	3152,414	562,649	17,84	1889,542	4415,287
agosto	3286,527	486,401	14,79	2427,332	4145,722
setembro	2966,833	417,300	14,06	1821,674	4111,993
outubro	3184,004	448,443	14,08	1838,441	4529,567
novembro	3692,376	820,159	22,21	842,199	6542,554
dezembro	4285,327	561,067	13,09	2241,622	6329,033

Notas: \bar{x} = média amostral; s = desvio padrão; CV% = coeficiente de variação em porcentagem; LCL = limite inferior de controle e UCL = limite superior de controle.

Fonte: Do autor.

Para avaliar o comportamento da variável, construiu-se a carta de controle da amplitude individual da média mensal do peso bruto de peixe abatido (Figura 5.1). Embora todos os pontos estejam dentro dos limites de controle, ocorrem comportamentos que indicam que o processo esteja fora de controle estatístico. Nota-se um decaimento de produção do mês de março até o mês de junho e crescimento do mês de setembro a dezembro, indicando tendência dos dados. Além disso, encontra-se arranjos típicos abaixo da linha central, na faixa de 4 a 8, do tipo desvio com tendência (5 pontos consecutivos contínuo decrescente na região de 1-sigma e 2-sigma), que também indicam a falta de controle estatístico (meses de junho a outubro).

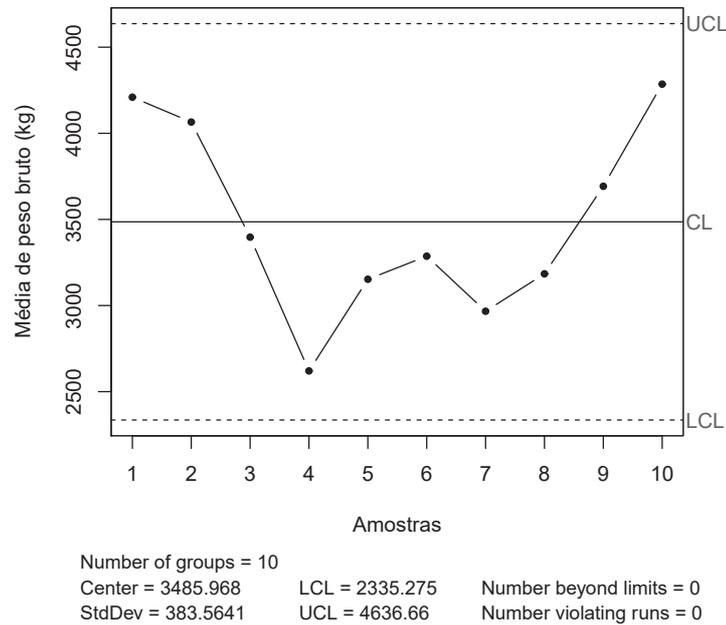


Figura 5.1: Gráfico de controle da média mensal para a variável peso bruto de peixe de março (01) à dezembro (10), 2016.

Fonte: Do autor.

A Tabela 5.2 apresenta principais estatísticas descritivas referente ao peso em filé de peixe (kg) abatido diariamente. Nota-se que o mês de março apresentou a maior média diária de peso em filé (1433,251 kg) e que o CV% apresentou aumento de 3,26% quando comparado com o peso da matéria prima. Novamente o mês de novembro apresentou o maior UCL (2381,288 kg) e o menor LCL (137,304 kg) com CV% de 23,29%. Quando comparado os valores do CV% da Tabela 5.2 com os apresentados na Tabela 5.1, nota-se que em todos os casos ocorreu aumento da variabilidade em torno do valor médio amostral diário. Novamente o mês de junho apresentou a menor média diária de peso em filé com 942,082 kg, corroborando com as informações da Tabela 5.1.

Um fato interessante a ser destacado, embasado na Tabela 5.1, é que a diferença de matéria prima diária abatida nos meses de março e maio diferem aproximadamente 900 kg, porém em relação ao filé produzido esta diferença de peso é de apenas 200 kg, o que equivale a aproximadamente $\frac{1}{3}$ de perca em filé. Este problema acaba gerando prejuízos no lucro da empresa. Neste caso, a falta de funcionários bem treinados ou a destreza do fletador são fatores que podem ter influenciado para ocorrência desta variabilidade.

Tabela 5.2: Estatística descritiva do peso em filé de peixe, em kg, abatido diariamente no período de março à dezembro, 2016.

	\bar{x}	s	CV %	LCL	UCL
março	1433,251	217,205	15,15	731,743	2134,758
abril	1391,840	208,471	14,97	722,181	2061,499
maio	1189,804	281,267	23,63	356,112	2023,495
junho	942,082	224,144	23,79	303,916	1580,246
julho	1101,472	211,103	19,16	646,737	1556,210
agosto	1141,844	185,966	16,28	709,924	1573,763
setembro	1021,082	163,451	16,00	609,563	1432,601
outubro	1040,075	139,857	13,44	593,497	1486,653
novembro	1259,296	293,372	23,29	137,304	2381,288
dezembro	1398,998	188,259	13,45	716,187	2081,809

Notas: \bar{x} = média amostral; s = desvio padrão; CV% = coeficiente de variação em porcentagem; LCL = limite inferior de controle e UCL = limite superior de controle.

Fonte: Do autor.

Os gráficos de controle das medidas individuais e amplitude móveis referentes aos cálculos dos limites da Tabela 5.2 encontram-se nos Apêndices C e D, para mais detalhes.

Para avaliar o comportamento da variável, construiu-se a carta de controle da amplitude individual da média mensal do peso em filé de peixe (Figura 5.2). Embora todos os pontos estejam dentro dos limites de controle, ocorrem comportamentos que indicam que o processo esteja fora de controle estatístico. Nota-se um decaimento de produção do mês de março (1) até o mês de julho (5) havendo um aumento de produção do mês de julho para o mês de agosto (6), onde o mesmo decaiu até o mês de setembro (7), que cresce até novembro(9) e decaindo até o mês de dezembro (10), indicando tendência dos dados. Além disso, encontra-se arranjos típicos, na faixa de 2 a 7, do tipo desvio com tendência (6 pontos consecutivos contínuo decrescente na região de 1-sigma e 2-sigma), que também indicam a falta de controle estatístico.

As causas do desvio com tendência podem ser associadas a mudança de operador ou funcionários, por falta de ferramentas, temperatura e umidade.

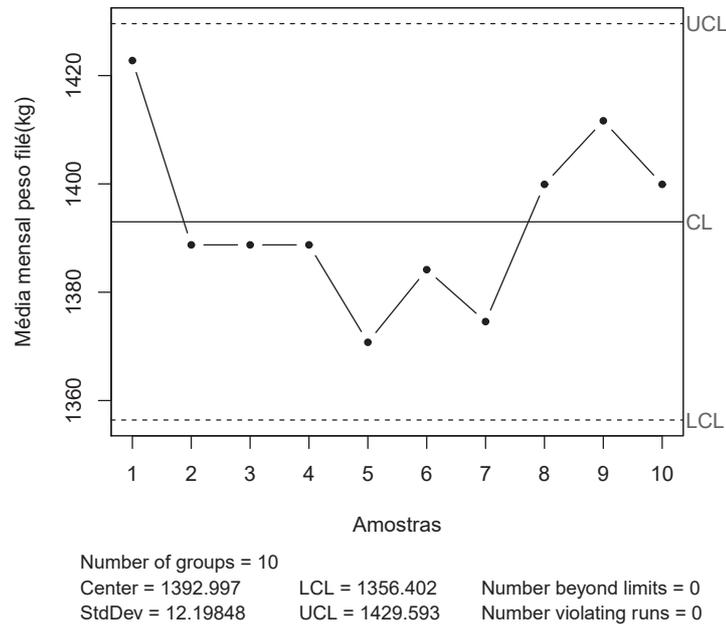


Figura 5.2: Gráfico de controle da média mensal para a variável peso em filé de peixe de março (01) à dezembro (10), 2016.

Fonte: Do autor.

Na Figura 5.3, encontra-se os gráficos de amplitude individual do percentual de conversão do peixe em filé. Observa-se pontos fora dos limites de controle nos meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro, indicando falta de controle estatístico. Essa variação extrema pode surgir de anomalias, por erros em medições e cálculos, condições de temperatura e pressão, ajustes feitos de forma errada e depois corrigidos, início ou fim de operações.

Apesar dos meses de março, maio, julho, setembro e novembro não apresentarem pontos fora dos limites de especificações, percebeu-se que os funcionários não estão atingidos a meta desejável pela empresa, onde o percentual de conversão do peixe em filé seja maior que 30%, ocasionando perda de matéria-prima e rentabilidade do filé, gerando prejuízos ao frigorífico.

A Figura 5.3(d), referente ao mês de junho apresenta desvios com tendência, na faixa de 16 a 23, numa sequência abaixo da linha central de controle, na região de 1-sigma, indicando a falta de controle. As causas disso, podem estar relacionadas ao tamanho e o peso do peixe, dado que no mês de junho ocorre períodos de instabilidade climática de temperatura ou umidade.

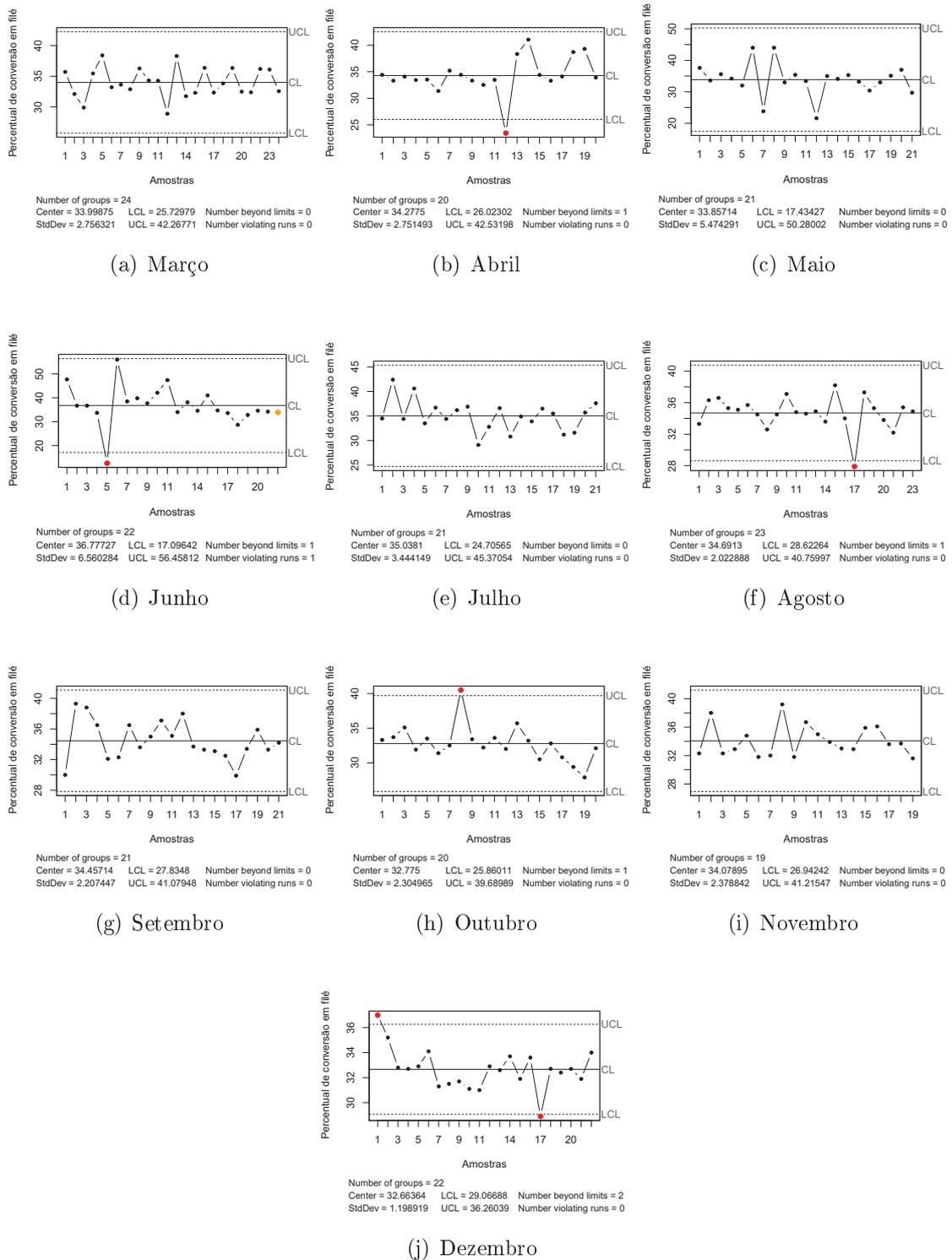


Figura 5.3: Gráficos de controle de amplitude individual do percentual de conversão do peixe em filé.

Fonte: Do autor.

Ainda, os meses de setembro, outubro e dezembro apresentaram arranjos típicos, como os desvios, indicando a falta de controle estatístico. No mês de setembro os

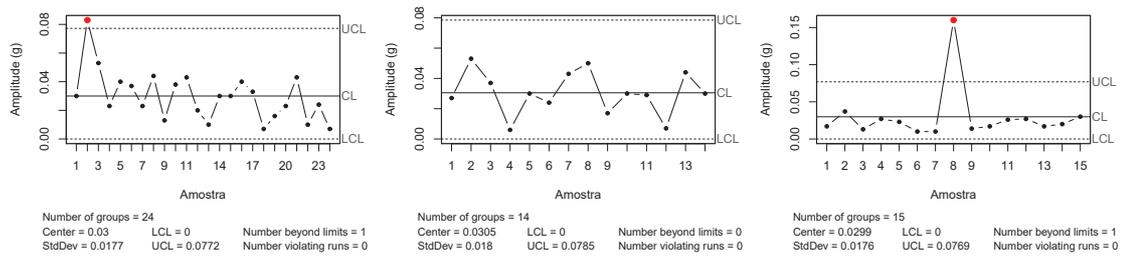
pontos de 13 a 18, na região de 1 e 2-sigma. Em outubro, os pontos de 15 a 20, na região de 1 e 2-sigma. Por último, no mês de dezembro os pontos de 7 a 11, na região 2-sigma.

Os gráficos de amplitude móvel (AM) também foram construídos, sendo apresentados no Apêndice E.

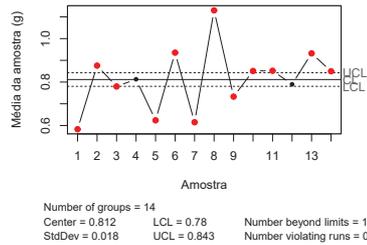
As Figuras 5.4 e 5.5 apresentam os gráficos de controle de média (\bar{X}) e amplitude (R) dos pesos das amostras em gramas. Em relação aos gráficos de amplitude referente aos meses de março, maio, junho, julho agosto, setembro e dezembro apresentam pontos fora dos limites de especificações, indicando variabilidade dos dados.

Quanto aos desvios, foram observados 7 pontos consecutivos (Figura 5.4 (c)), na faixa de 9 a 15, na região de 1-sigma abaixo da linha central no mês de maio; 5 pontos consecutivos (Figura 5.4 (d)), na faixa de 2 a 6, na região de 1-sigma abaixo da linha central em junho; 6 pontos consecutivos (Figura 5.4 (e)), na faixa de 1 a 6, na região de 1 e 2-sigma abaixo da linha central em julho; 10 pontos consecutivos (Figura 5.4 (f)), na faixa de 4 a 12, na região de 1-sigma abaixo da linha central em agosto; 5 pontos consecutivos (Figura 5.5 (a)), na faixa de 14 a 18, na região de 1-sigma abaixo da linha central em setembro. Nos meses de março, abril, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro constatou-se tendências dos dados, que é a contínua movimentação dos dados para cima e para baixo, consecutivos ou não.

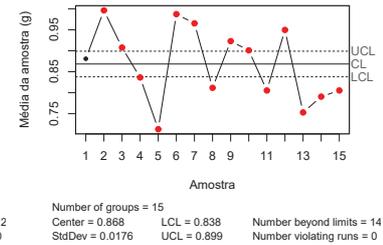
Os gráficos de \bar{X} apresentaram diversos pontos fora dos limites de controle e variabilidade excessiva em todos os meses analisados, indicando falta de controle estatístico. Esta variabilidade excessiva ou flutuação errática é caracterizada por altos e baixos dos pontos no gráfico. As causas para esse arranjo podem ser devido a problemas relacionados à mão de obra, produção, destreza e falta de experiência dos operadores, falta de materiais, equipamentos, máquinas e medidores.



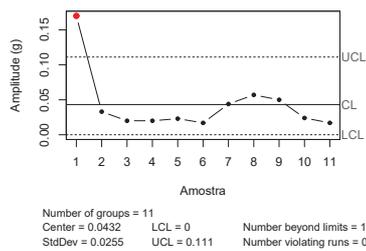
(a) $\bar{X}eR$ -março



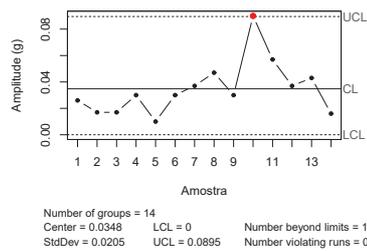
(b) $\bar{X}eR$ -abril



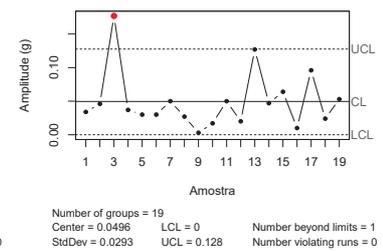
(c) $\bar{X}eR$ -maio



(d) $\bar{X}eR$ -junho



(e) $\bar{X}eR$ -julho



(f) $\bar{X}eR$ -agosto

Figura 5.4: Gráficos de controle de média (\bar{X}) e amplitude (R) dos pesos das amostras (g).

Fonte: Do autor.

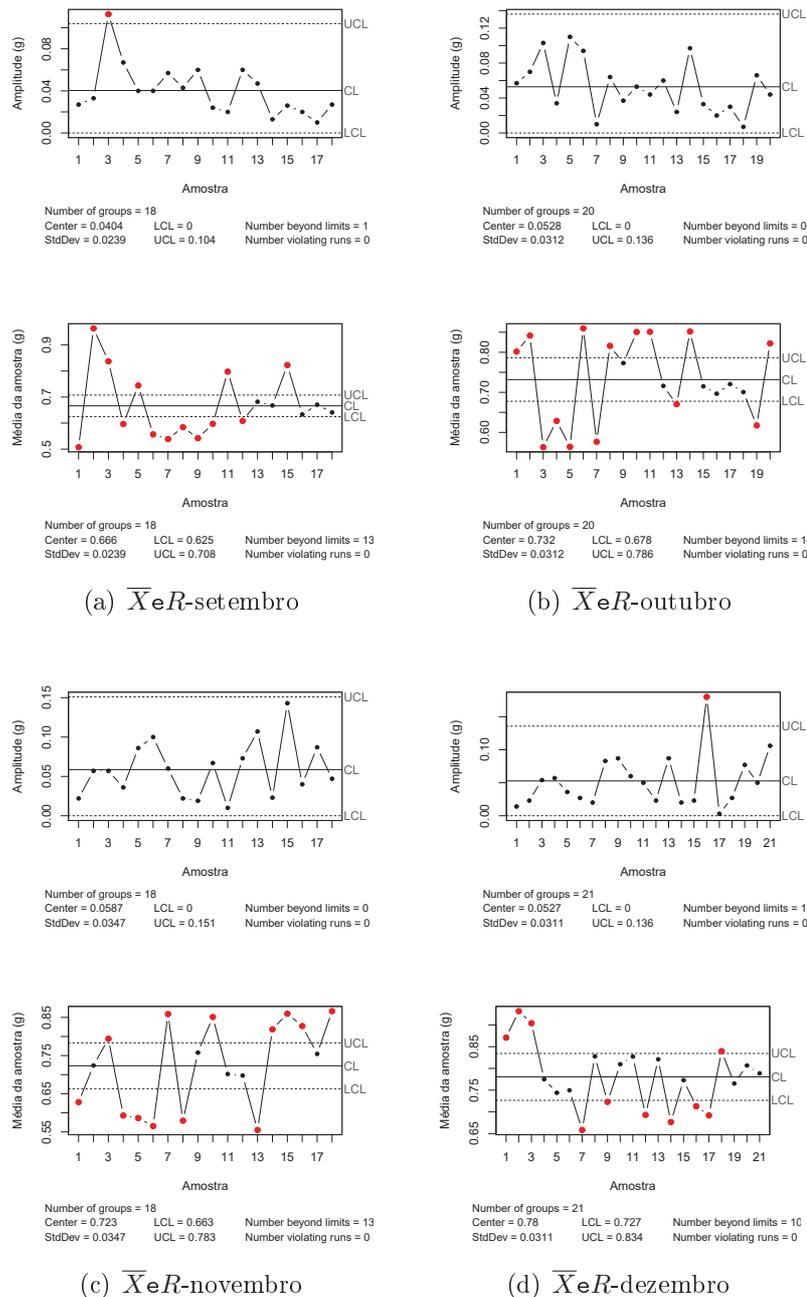


Figura 5.5: Gráficos de controle de média (\bar{X}) e amplitude (R) dos pesos das amostras (g).

Fonte: Do autor.

A Figura 5.6 apresenta o Diagrama de Causa e Efeito. Foram levantadas todas as causas atribuíveis que levaram a falta de controle estatístico no processo de filetagem de tilápias desde a matéria-prima, mão de obra, a falta de tecnologias, a falta de um sistema não automatizado, as condições ambientais e até mesmo o controle interno.

De um modo mais específico, com relação à causa associada à matéria-prima, verifica-se uma desuniformidade no que diz respeito ao peso e ao tamanho da espécie.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para avaliar o processo de filetagem de tilápias foram utilizadas algumas das ferramentas do Controle Estatístico do Processo, ou seja, a estatística descritiva e as cartas de controle, para a melhoria do processo de filetagem de peixes, gerando qualidade no sistema de produção.

A principal vantagem de utilizar o CEP, é que este modelo pode ser utilizado como base para outros estudos ou até mesmo dando continuidade a este trabalho, caso a empresa necessite.

A partir da avaliação dos dados, verificou-se que o uso do CEP auxiliou na percepção de que o processo de filetagem de tilápias necessita de estabilidade, uma vez que as análises revelaram a não padronização do filé, ocasionando desperdício do alimento e, por conseguinte, prejuízos para o frigorífico de peixe.

Estas perdas, podem ocorrer devido a diversos fatores, como problemas relacionados à mão de obra, matéria-prima, tecnologias, sistema não automatizado, condições ambientais, controle interno acarretando na desuniformidade do processo de padronização do filé.

Uma forma de evitar estas perdas, já que o frigorífico utiliza apenas o filé, seria aproveitá-las para fazer o processamento dessas perdas que são compostas da carcaça e cabeça do animal, inserindo-as no mercado como matéria-prima para a fabricação de produtos empanados. Assim, os custos de produção seriam dissolvidos, gerando mais lucratividade ao frigorífico.

Neste sentido, acredita-se que o uso regular da ferramenta CEP pode contribuir para a realização de um controle mais efetivo do processo de industrialização de filé.

REFERÊNCIAS

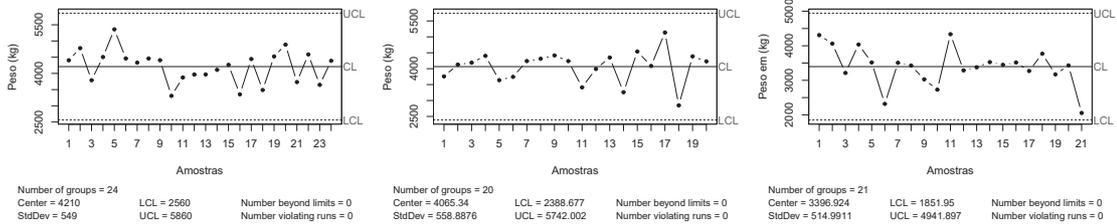
- [1] AMARAL, H. J. **Manual de reprodução de peixes de água doce, com cultivo comercial na região Sul do Brasil**. Camboriú, 2006.
- [2] BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; KLEEMANN, G.K, HISANO, H.; ROSA, G. J. M. Níveis de vitamina C e ferro para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, 2002. 2149-2156 p.
- [3] BECKER, Evandro. **Simulação da dinâmica operacional do processo de produção de filés de tilápia em um frigorífico de peixes**. 2014. 60 f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.
- [4] BOSCOLO, W. R.; FRIDEN, A.; MALUF, M. L. F.; VIET, C. **Peixe na merenda escolar: educar e formar novos consumidores**. Toledo: GFM Gráfica e Editora, 2009. 130 p.
- [5] BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília: República Federativa do Brasil, 2013.
- [6] DEVORE, Jay L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. Tradução: Joaquim Pinheiro Nunes da silva. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- [7] DIODATTI, Flávia Cristina. **Medidas morfométricas no peso e rendimento de componentes corporais de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado) – UFLA. Lavras : UFLA, 2006.
- [8] FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Roma: FAO, 2014.
- [9] GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C. **Criação de peixes**. São Paulo: Nobel, 1999.
- [10] KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial**. 1 ed., São Paulo, 2000, 285 p.
- [11] MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4.ed.-[Reimpr.]- Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [12] NOGUEIRA, A.; RODRIGUES, T. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Salvador: SEBRAE, 2007.

- [13] PINHEIRO, L.M.S., et al. **Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*)**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.58, n.2, p.257-262, 2006.
- [14] POPMA, T.; MASSER, M. Tilapia, Life History and Biology. **Southern Regional Aquaculture Center** (SRAC) publication no 283. 1999.
- [15] PORTAL ACTION. **Software de estatística**. São Carlos – SP, 2011. Disponível em: <www.portalaction.com.br/content/>. Acesso em 22 de abr. de 2017.
- [16] RIBEIRO, J. L. D., TEN CATEN, C. S. **Controle Estatístico do Processo**. Série monográfica Qualidade. Apostila do programa de pós-graduação em engenharia de produção – PPGEP – UFRGS, Porto Alegre, 2000.
- [17] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. URL <https://www.R-project.org/>.
- [18] SCRULLA, L. qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. R News 4/1, 11-17, 2004. URL <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>
- [19] SILVA, Lena Magalhães da, et al.. **Determinação de índices morfométricas que favorecem o rendimento industrial de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(1): 252–257, 2016.
- [20] SOUZA, M. L. R. **Comparação de Seis Métodos de Filetagem, em Relação ao Rendimento de Filé e de Subprodutos do Processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. R. Bras. Zootec., v.31, n.3, p.1076-1084, 2002.
- [21] SUSSEL, F. R. **Tilapicultura no Brasil e entraves na produção**. Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Pirassununga. São Paulo, 2013.
- [22] TAVARES, G. C.; PALHARES, M. M. Epidemiologia, diagnóstico e controle das principais bacterioses que afetam a tilapicultura no Brasil. **Revista veterinária e zootecnia em Minas**. Ano XXI, Jul./ago./set. 2011.
- [23] UCCI, P. Desenvolvimento de silagem ácida a partir de resíduos da filetagem de tilápias (*Oreochromis niloticus*) utilizando diferentes ácidos. 2003. 27 f. **Monografia**. (Curso de Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 2003.
- [24] VIDOTTI, R. M.; VIEGAS, E. M. M.; CARNEIRO, D. J. **Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials**. Universidade de São Paulo, Pirassununga, PR, 2003.

- [25] ZIMMERMANN, S.; HASPER, T. O. B. Piscicultura no Brasil: processo de intensificação da tilapicultura. In: 41^o REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004. Campo Grande: **Anais...** Campo Grande, 2004. CD-ROM.

APÊNDICE A

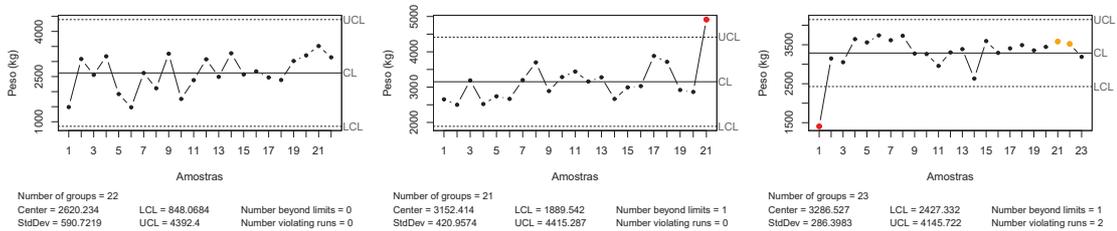
Segue abaixo os gráficos de controle das medidas individuais do peso bruto de peixe.



(a) Março

(b) Abril

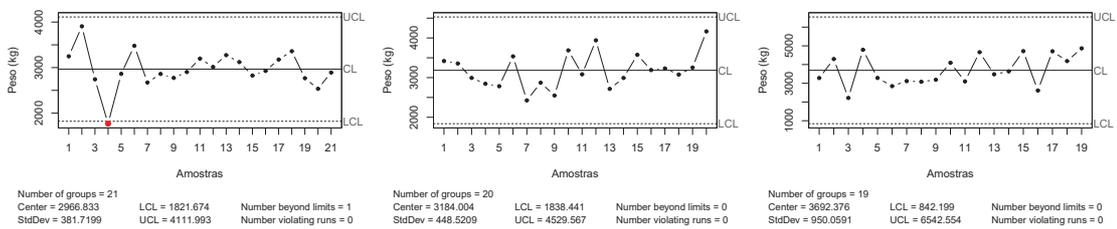
(c) Maio



(d) Junho

(e) Julho

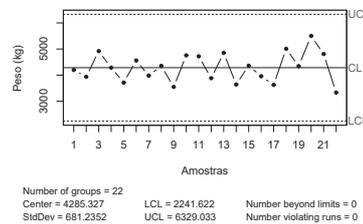
(f) Agosto



(g) Setembro

(h) Outubro

(i) Novembro



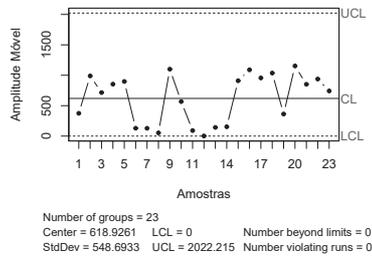
(j) Dezembro

Figura 6.1: Gráficos de controle de amplitude individual do peso bruto de peixe.

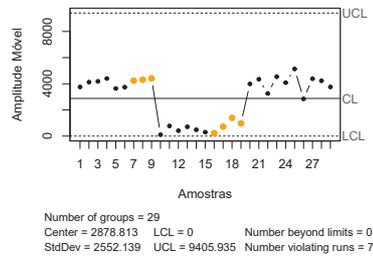
Fonte: Do autor.

APÊNDICE B

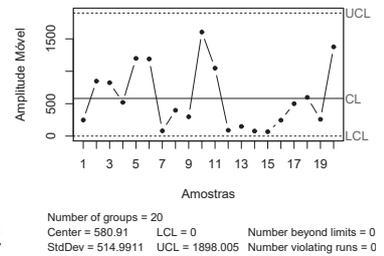
Segue abaixo os gráficos de controle de amplitude móvel do peso bruto de peixe.



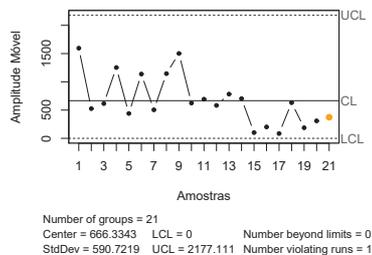
(a) Março



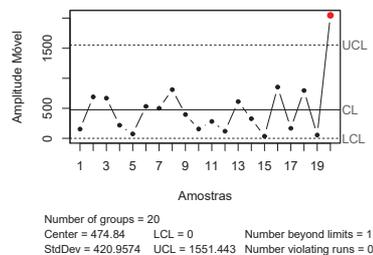
(b) Abril



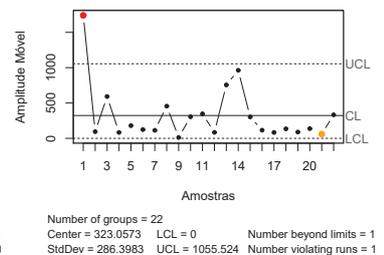
(c) Maio



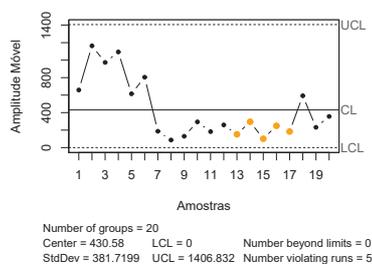
(d) Junho



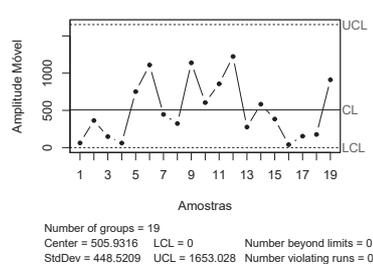
(e) Julho



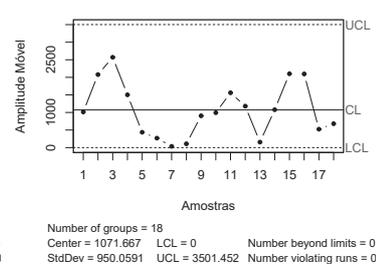
(f) Agosto



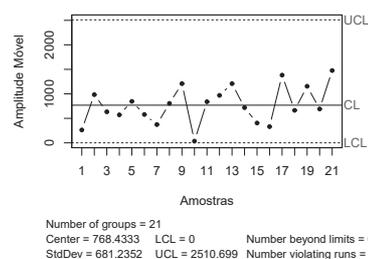
(g) Setembro



(h) Outubro



(i) Novembro



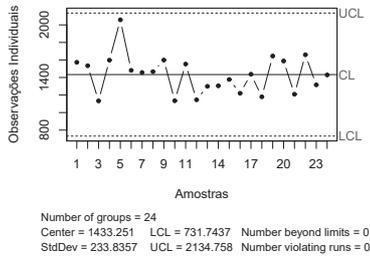
(j) Dezembro

Figura 6.2: Gráficos de controle de amplitude móvel do peso bruto de peixe.

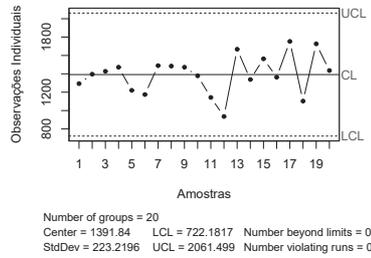
Fonte: Do autor.

APÊNDICE C

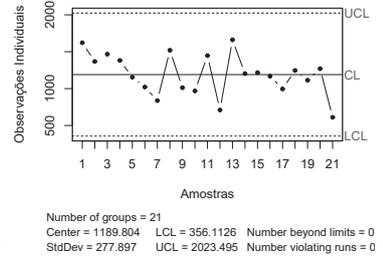
Segue abaixo os gráficos de controle de amplitude individual do peso em filé de peixe.



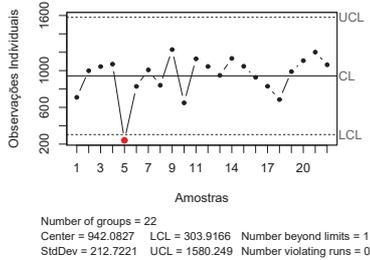
(a) Março



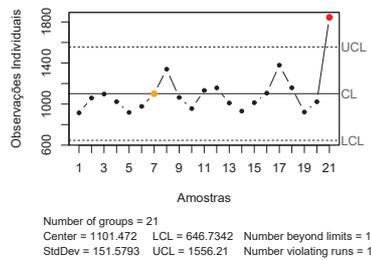
(b) Abril



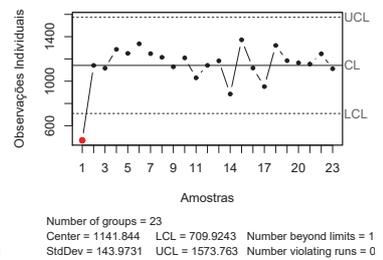
(c) Maio



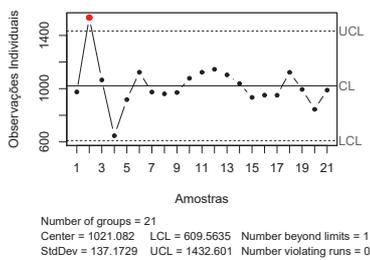
(d) Junho



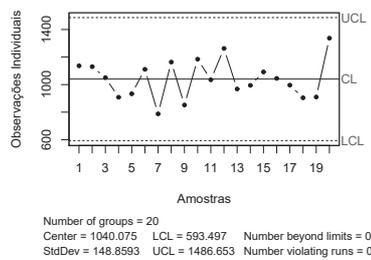
(e) Julho



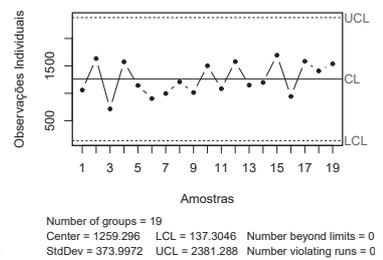
(f) Agosto



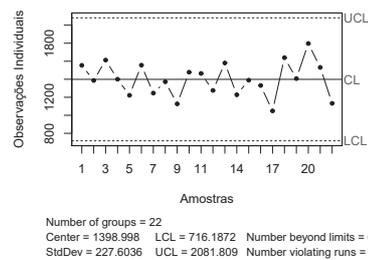
(g) Setembro



(h) Outubro



(i) Novembro



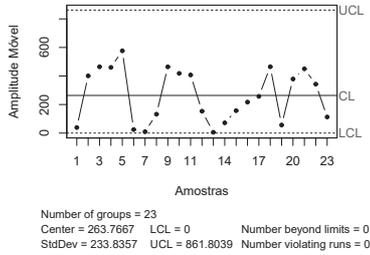
(j) Dezembro

Figura 6.3: Gráficos de controle de amplitude individual do peso em filé de peixe.

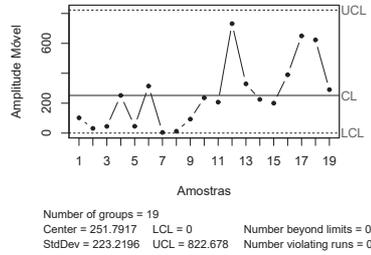
Fonte: Do autor.

APÊNDICE D

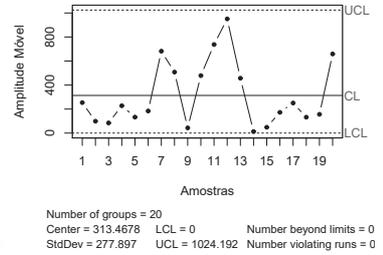
Segue abaixo os gráficos de controle de amplitude móvel do peso em filé de peixe.



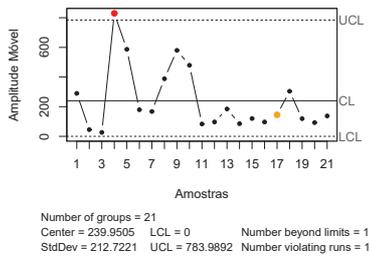
(a) Março



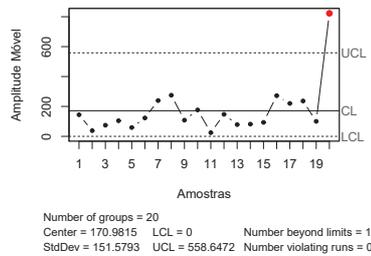
(b) Abril



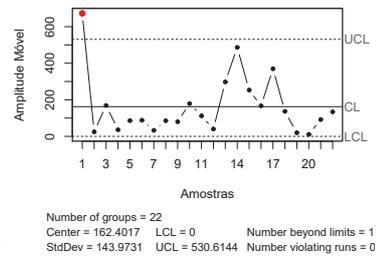
(c) Maio



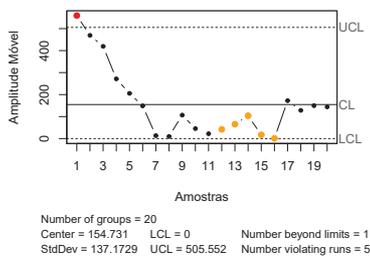
(d) Junho



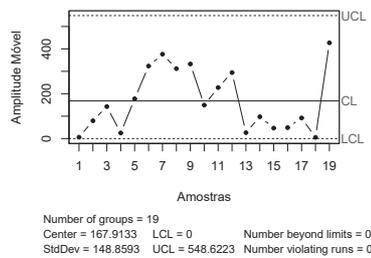
(e) Julho



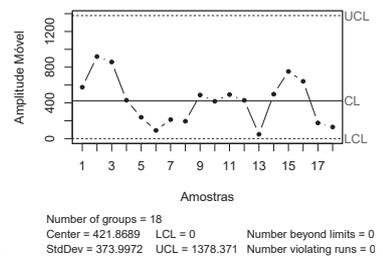
(f) Agosto



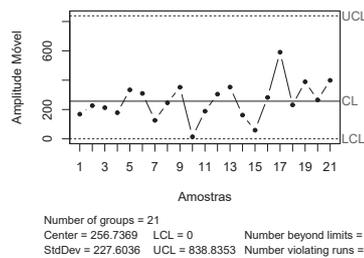
(g) Setembro



(h) Outubro



(i) Novembro



(j) Dezembro

Figura 6.4: Gráficos de controle de amplitude móvel do peso em filé de peixe.

Fonte: Do autor.

APÊNDICE E

Segue abaixo os gráficos de controle de amplitude móvel do percentual de conversão do peixe em filé.

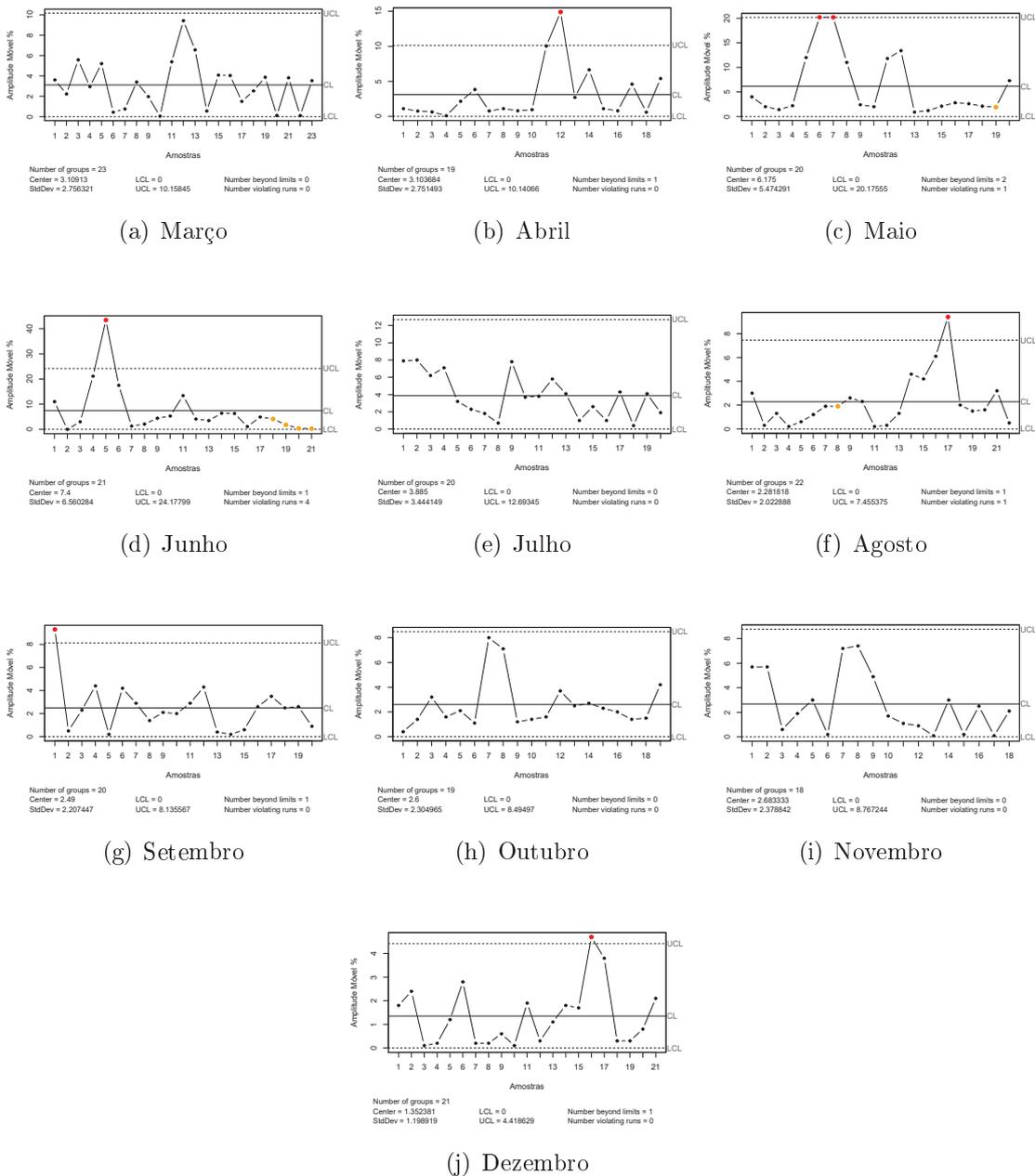


Figura 6.5: Gráficos de controle de amplitude móvel do percentual de conversão do peixe em filé.

Fonte: Do autor.

APÊNDICE F

```
#####
      CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO - CEP
      Roteiro de análise dos dados TCC
      Autor: Paulo Augusto Fantinel
      Criado em: 23/01/2018
      Atualização: 10/05/2018
#####

## Carregando pacote de CEP
require(qcc)

#####
      Análise dos dados de Março para medidas individuais - 2016
#####

rm(list=ls())

## Lendo os dados ##

dados = read.table("Pro_Mensal_2016_MARCO.txt",header=T)

#####
      Dados Peixe brutos - Março de 2016
#####

## Estatística Descritiva ##
dados_bruto <- dados[,2]
media=mean(dados_bruto)
media
sd=sd(dados_bruto)
sd
cv=(sd/media)*100
cv

## Gráfico de Medidas Individuais ##

qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico

q<-qcc(dados[,2],type="xbar.one",ylab ="Observações Individuais", xlab
="Amostras",las=1, title="Observações diárias do Mês de Março- Peso bruto (kg)")
```

```
## Obtendo Limites dos gráficos ##
```

```
uclx <- round(q$limits[2], digits = 4)
```

```
uclx
```

```
lclx <- round(q$limits[1], digits = 4)
```

```
lclx
```

```
clx <- round(q$center, digits = 4)
```

```
clx
```

```
## Gráfico da Amplitude móvel ##
```

```
qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
```

```
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico
```

```
dados_AM<-matrix(cbind(dados[1:length(dados[,2])-1,2], dados[2:length(dados[,2]),2]),
ncol=2) qcc(dados_AM,type="R",ylab = "Amplitude Móvel", xlab = "Amostras",
title="Amplitude Móvel das observações do Mês de Março-Peso bruto(kg)")
```

```
#####
```

```
Dados Peixe Filetados - Março de 2016
```

```
#####
```

```
## Estatística Descritiva ##
```

```
dados_file <- dados[,3]
```

```
media=mean(dados_file)
```

```
media
```

```
sd=sd(dados_file)
```

```
sd
```

```
cv=(sd/media)*100
```

```
cv
```

```
## Gráfico de Medidas Individuais ##
```

```
qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca par(cex=1.4) #
Definindo tamanho da fonte do gráfico
```

```
qcc(dados[,3],type="xbar.one",ylab = "Observações Individuais", xlab
="Amostras",las=1, title="Observações diárias do Mês de Março- Peso Filé (kg)")
```

```
## Obtendo Limites dos gráficos ###
```

```

uclx <- round(q$limits[2], digits = 4)
uclx
lclx <- round(q$limits[1], digits = 4)
lclx
clx <- round(q$center, digits = 4)
clx

## Gráfico da Amplitude móvel ##

qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico

dados_AM<-matrix(cbind(dados[1:length(dados[,3])-1,3], dados[2:length(dados[,3]),3]),
ncol=2) qcc(dados_AM,type="R",ylab ="Amplitude Móvel", xlab ="Amostras",
title="Amplitude Móvel das observações do Mês de Março -Peso Filé(kg)")

#####
                Dados Peixe - Percentual - Abril de 2016
#####

dados_percentual <- dados[,4]
#####

## Estatística Descritiva ###

dados_percentual <- dados[,4]
media=mean(dados_percentual)
media
sd=sd(dados_percentual)
sd
cv=(sd/media)*100
cv

## Gráfico de Medidas Individuais ##

qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico

qcc(dados[,4],type="xbar.one",ylab ="Observações Individuais", xlab
="Amostras",las=1, title="Observações diárias do Mês de Março- Percentual de
conversão")

## Obtendo Limites dos gráficos ###

```

```

uclx <- round(q$limits[2], digits = 4)
uclx
lclx <- round(q$limits[1], digits = 4)
lclx
clx <- round(q$center, digits = 4)
clx

##Gráfico da Amplitude móvel##

qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico

qcc.options(bg.margin="white")
dados_AM<-matrix(cbind(dados[1:length(dados[,4])-1,4], dados[2:length(dados[,4]),4]),
ncol=2) qcc(dados_AM,type="R",ylab ="Amplitude Móvel", xlab ="Amostras",
title="Amplitude Móvel das observações do Mês de Março-Percentual de conversão")

#####
                    Grafico de Controle X_bar R
#####

rm(list=ls())

### Mes de Marco - 2016

dados = read.table("Amostras-Marco-2016.txt",header=T)

dados_Marco <- dados[,2:4]

qcc.options(bg.margin="white") # Mantendo área de plotagem branca
par(cex=1.4) # Definindo tamanho da fonte do gráfico

## Gráfico da Amplitude R ##

q<-qcc(dados_Marco,type="R",cex=1.4, add.stats = T,ylab ="Amplitude (g)", xlab
="Amostra", title=)

##Gráfico da Média X_bar##

q<-qcc(dados_Marco,type="xbar",cex=1.4,add.stats = T, ylab ="Peso amostra (g)",
xlab ="Amostra", title=)

#####
                    Grafico diagrama Causa e Efeito
#####

```

```
cause.and.effect(title = "Diagrama de Causa e Efeito",
cause = list(Matéria.Prima= c("Espécie", "Tamanho", "Peso"),
Mão.de.Obra = c("Produção", "Destreza do filetador", "Experiência"),
Tecnologia = c("Falta de Ferramentas", , "Orçamento reduzido"),
Sistema.não.Automatizado = c("otimizar tempo", "reduzir custos", "qualidade",
"segurança"),
Condições.Ambientais = c("Frio", "Calor"),
Controle.Interno = c("Gestão")),

effect = "Desuniformidade", cex = c(1.2, 1.4, 1.4))
```