

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS SHEWHART E EWMA NO
MONITORAMENTO ESTATÍSTICO DE INDICADORES DE
DESEMPENHO HOSPITALAR EM UMA MATERNIDADE
PÚBLICA NA CIDADE DE MANAUS

WIVIAN BRANDÃO DE MELO GARCIA

MANAUS
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

WIVIAN BRANDÃO DE MELO GARCIA

A UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS SHEWHART E EWMA NO
MONITORAMENTO ESTATÍSTICO DE INDICADORES DE
DESEMPENHO HOSPITALAR EM UMA MATERNIDADE
PÚBLICA NA CIDADE DE MANAUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão de Produção.

Orientador: Prof. Dr. João Caldas do Lago Neto

MANAUS
2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G216u Garcia, Wivian Brandão de melo
A utilização dos gráficos Shewhart e EWMA no monitoramento estatístico de indicadores de desempenho hospitalar em uma maternidade pública na cidade de Manaus / Wivian Brandão de melo Garcia. 2016
78 f.: il.; 31 cm.

Orientador: João Caldas do Lago Neto
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Gráficos de Controle. 2. Indicadores de Desempenho. 3. Epidemiologia. 4. Maternidade. I. Lago Neto, João Caldas do II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

WIVIAN BRANDÃO DE MELO GARCIA

A UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS SHEWHART E EWMA NO
MONITORAMENTO ESTATÍSTICO DE INDICADORES DE
DESEMPENHO HOSPITALAR EM UMA MATERNIDADE
PÚBLICA NA CIDADE DE MANAUS

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Amazonas,
como parte do requisito para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção, área de
concentração Gestão de Produção.

Aprovado em 6 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Caldas do Lago Neto, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof^a Dr^a. Heleny Ponciano Alves, Membro
Uninorte

Prof. Dr. Manoel Martins do Carmo Filho, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Dedico...

Ao meu esposo e minha amada mãe, pelos investimentos e incentivo a minha educação; pelo apoio incondicional a todos os passos dados em minha vida; exemplos de honestidade, parceria, força, garra, paciência, e sobretudo ao meu carinhoso filho pelo amor dedicado a mim.

Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e pela força de acordar todos os dias e lutar pelos meus sonhos e ideais.

Ao Prof. Waltair Machado, pela oportunidade, ensinamentos e exemplos de dedicação ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção.

Aos amigos de equipe, Alberto Larrat, Irlanda Larrat, Adão Marques, Solange Aquino e Leonardo Perdiz que sempre nos proporcionaram momentos de companheirismo para juntos concluirmos esta árdua tarefa, e em especial ao amigo Marcello Fonseca, que sempre foi muito prestativo a toda turma e fundamental para o desenvolvimento e publicações dos nossos artigos.

A Lanny Uchoa por me direcionar ao contato com a Maternidade, e a todos que sempre me atenderam com muita paciência me disponibilizando as informações fornecidas para a realização do estudo.

Aos meus amigos Edson Lira e Enily Vieira, pela paciência em ler o que escrevia, fazer suas considerações e me incentivar durante o processo de redação desta dissertação.

Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. João Caldas, pelo profissionalismo sempre com paciência em direcionar seus ensinamentos de forma inteligente e objetiva, com valorosas contribuições que me auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho acadêmico.

E principalmente ao Uninorte, pelo apoio financeiro concedido ao Mestrado e por viabilizar as condições administrativas necessárias ao pleno êxito ao referido título. Muito Obrigada!

Essa é uma das etapas mais importantes de minha vida. Acredito que as conquistas mais importantes nas nossas vidas, sempre têm apoio e incentivo de outras pessoas, sem vocês seria ainda mais difícil, ou até mesmo irrealizável. Muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Ele (Deus) é o dono de tudo.
Devo a Ele a oportunidade que tive de chegar aonde cheguei.
Muitas pessoas têm essa capacidade, mas não têm a oportunidade.
Ele a deu para mim, mas não sei por quê.
Só sei que não posso desperdiçá-la.”

(Ayrton Senna)

RESUMO

No contexto atual, intensifica-se a utilização de indicadores e informações como apoio ao planejamento de políticas públicas para monitorar as organizações de saúde, visando melhorias e o monitoramento do processo de gestão. Na busca por melhores resultados nessas organizações, propõe-se apresentar a viabilidade na utilização dos gráficos de controle estatísticos Shewhart e EWMA no monitoramento dos indicadores hospitalares, como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na maternidade pública do Alvorada no município de Manaus, para detectar alterações em vários tipos de processos.

Nesta dissertação, os gráficos Shewhart e Média Móvel Exponencialmente Ponderada - EWMA foram utilizados para monitorar a evolução de três indicadores de qualidade hospitalar: Taxa de Ocupação Hospitalar, Taxa de Infecção Hospitalar e Taxa de Recém Nascidos com Alguma Patologia, disponibilizados pela Maternidade do Alvorada de Manaus no período de 2010 à 2014.

Para atender o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos; descrever os indicadores de desempenho hospitalar disponibilizados pela maternidade pública selecionada, estimar os parâmetros dos gráficos de controle propostos e analisar o desempenho dos mesmos no monitoramento do processo na maternidade.

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, além dos testes para verificar os pressupostos de normalidade e independência, exigidos pelas técnicas tradicionais das cartas Shewhart e EWMA, que serão alvo do estudo. Após a indicação dos parâmetros que são necessários para a construção dos gráficos, foram observados todos os pontos dentro do limite de controle para as taxas analisadas, ou seja todas as taxas se mostraram estáveis para ambos os gráficos. Pela observação dos gráficos, verificou-se a vantagem do gráfico EWMA em detectar, precocemente, mudanças no processo, além de serem capazes de identificar mudanças de menor magnitude, propiciando assim uma ação corretiva com maior rapidez. A utilização desses gráficos é um recurso muito eficiente na gestão para o controle de processos e tomada de decisão, devido ao grande número de variáveis que poderiam ser controladas num ambiente hospitalar, ou em qualquer outro setor relacionado à saúde das pessoas, trazendo assim, melhorias em outros setores, como no pessoal, familiar e profissional.

Palavras-chave: gráficos de controle, indicadores, epidemiologia.

ABSTRACT

In the current context, the use of indicators and information to support the planning of public policies to monitor health organizations for improvement and monitoring of the management process is intensified. In the search for better results in these organizations, it is proposed to present the feasibility in the use of Shewhart and EWMA statistical control charts in the monitoring of hospital indicators, as a tool to aid decision-making in the Alvorada public maternity hospital in the city of Manaus, to detect Changes in various types of processes.

In this dissertation, the Shewhart and Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) charts were used to monitor the evolution of three hospital quality indicators: Hospital Occupancy Rate, Hospital Infection Rate, and Newborn Rate with Some Pathology, available from the Dawn Maternity Manaus in the period from 2010 to 2014.

To meet the general objective, the following specific objectives were defined; To describe the indicators of hospital performance provided by the selected maternity hospital, to estimate the parameters of the proposed control charts and to analyze their performance in the monitoring of the maternity process.

Initially, a descriptive analysis of the data was performed, in addition to the tests to verify the normality and independence assumptions required by the traditional Shewhart and EWMA charts, which will be the subject of the study. After indicating the parameters that are necessary for the construction of the graphs, all points within the control limit for the analyzed rates were observed, ie all the rates were stable for both graphs. By observing the graphs, the advantage of the EWMA chart was detected in early detection of changes in the process, besides being able to identify changes of smaller magnitude, thus providing a corrective action with greater speed. The use of these graphs is a very efficient resource in management for process control and decision making, due to the large number of variables that could be controlled in a hospital environment, or in any other sector related to people's health, thus bringing about improvements In other sectors, such as personal, family and professional.

Keywords: control charts, indicators, epidemiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do gráfico de controle em formato conceitual	25
Figura 2 – Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (σ).	27
Figura 3 – Exemplos de processos fora de controle estatístico. Adaptado da norma ISO 8258.....	28
Figura 4 – Representação de um gráfico EWMA.....	37
Figura 5 – Frente da Maternidade do Alvorada	57
Figura 6 – Representação gráfica dos Testes de Normalidade	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre CEP e terminologia/conceitos usados em Epidemiologia	40
Quadro 2 – Resultado do Teste Kolmogorov-Smirnov para os Indicadores.....	60
Quadro 3 – Dados descritivos dos indicadores propostos	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – ARL para vários esquemas de controle EWMA.....	36
Tabela 2 – Parâmetros da TOH para o gráfico EWMA.....	65
Tabela 3 – Parâmetros da TIH para o gráfico EWMA.....	66
Tabela 4 – Parâmetros da TPRN para o gráfico EWMA.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Taxa mensal de Ocupação Hospitalar (TOH)	58
Gráfico 2 – Média Anual da Taxa de Ocupação (TOH)	58
Gráfico 3 – Taxa Mensal de Infecção Hospitalar (TIH).....	59
Gráfico 4 – Média Anual da Taxa de Infecção Hospitalar (TIH)	59
Gráfico 5 – Taxa Mensal de RN's Patológico Hospitalar (TPRN).....	59
Gráfico 6 – Média Anual de RN's Patológico Hospitalar (TPRN)	59
Gráfico 7 – Gráfico \bar{X} e R para (TOH).....	62
Gráfico 8 – Gráfico \bar{X} e R para (TIH)	63
Gráfico 9 – Gráfico \bar{X} e R para (TPRN)	64
Gráfico 10 – Gráfico EWMA para (TOH)	65
Gráfico 11 – Gráfico EWMA para (TIH).....	66
Gráfico 12 – Gráfico EWMA para (TPRN).....	67

LISTA DE SIGLAS

CEP – Controle Estatístico do Processo

CEQ – Controle Estatístico de Qualidade

CUSUM – Gráfico de Somas Cumulativas

EWMA – Média Móvel Exponencialmente Ponderada

FAC – Função de Autocorrelação

FACP – Função de Autocorrelação Parcial

\bar{X} – Gráfico de controle para a média

LC – Linha Central

LSC – Limite Superior de Controle

LIC – Limite Inferior de Controle

LSE – Limite Superior de Especificação

LIE – Limite Inferior de Especificação

MA – Média Móvel

OMS – Organização Mundial de Saúde

PA – Pronto Atendimento

TIH – Taxa de Infecção Hospitalar

TOH – Taxa de Ocupação Hospitalar

TPRN – Taxa de Recém Nascido Patológico Hospitalar

RN's – Recém-Nascidos

ANEXO

Anexo A – Valores das Constantes para Cálculo dos Limites de Controle.....	78
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativas	18
1.2 Objetivo Geral	20
1.3 Objetivos Específicos.....	20
1.4 Delimitação do Estudo	20
1.5 Estrutura do Trabalho.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1 Gráficos de Controle	22
2.1.1 Controle Estatístico do Processo (CEP)	22
2.2 Variabilidade do Processo	23
2.2.1 Causas da Variabilidade do Processo.....	23
2.3 Gráficos Estatísticos de Controle.....	24
2.3.1 Elementos de um Gráfico de Controle	25
2.3.2 Funções dos Gráficos de Controle.....	26
2.4 Gráficos de Controle para Variáveis.....	28
2.4.1 Gráficos de Controle de Shewhart para a Média e Amplitude (\bar{X} e R).....	29
2.4.1.1 Cálculos dos Limites de Controle para Gráficos (\bar{X} e R).....	31
2.4.2 Gráficos de Controle de Médias Móveis Exponencialmente Ponderadas	33
2.5 Teste de Normalidade.....	38
2.6 Similaridades entre o Controle Estatístico de Qualidade e a Epidemiologia	39
2.7 Aplicações dos Gráficos de Controle na Área da Saúde	41
3 DESCRIÇÃO DOS INDICADORES HOSPITALARES DE PRODUTIVIDADE	45
3.1 Taxa de Mortalidade Geral Hospitalar - TMGH.....	48
3.2 Taxa de Mortalidade Específica ou Institucional - TMI.....	49
3.3 Taxa de Mortalidade Pós-Operatória - TMPo	49
3.4 Taxa de Mortalidade por Anestesia - TMAAn	49
3.5 Taxas de Complicações ou Intercorrências - TCo.....	49
3.6 Média de Permanência - MPe	50

3.7 Taxa de Cirurgia Desnecessárias - TCD.....	51
3.8 Taxa de Ocupação Hospitalar - TOH	51
3.9 Taxa de Infecção Hospitalar - TIH.....	52
3.10 Taxa de Recém Nascidos Patológico - TPRN	52
4 METODOLOGIA.....	54
4.1 Tipo de Pesquisa	54
4.2 Universo	55
4.3 Amostra	55
4.4 Coleta de Dados.....	55
5 RESULTADOS	57
5.1 Características da Maternidade	57
5.2 Análise Descritiva	57
5.3 Aplicação das Cartas de Shewhart para a Média e Amplitude (\bar{X} e R).....	59
5.3.1 Indicação dos Parâmetros e Construção das Cartas \bar{X} e R	61
5.4 Indicação dos Parâmetros dos Gráficos EWMA.....	64
5.5. Discussão dos Resultados.....	68
6 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	70
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

A busca da qualidade dos serviços de saúde deixou de ser uma atitude isolada e tornou-se hoje um imperativo técnico e social. A sociedade está exigindo cada vez mais a qualidade dos serviços a ela prestados, principalmente por órgãos públicos. Segundo o Programa Nacional de Avaliação de Serviços de Saúde, esta exigência torna fundamental a criação de normas e mecanismos de avaliação e controle da qualidade assistencial. A necessidade de uma assistência com qualidade só começou a ser discutida em meados do século XX, quando um grupo de cirurgiões norte-americanos iniciou um programa de padronização da assistência médica prestada, cujo objetivo era abordar e executar condições de atendimento com qualidade nos serviços médicos, COSTA (2007).

Com a importância de monitorar e analisar a produtividade das atividades oferecidas em uma maternidade pública de Manaus, houve a necessidade de utilizar os métodos estatísticos como ferramenta de tomada de decisão. Dentre eles, destaca-se os gráficos estatísticos de controle desenvolvidos por Walter Shewhart (1924). Eles utilizam procedimentos estatísticos para descrever a variabilidade e monitorar melhorias num processo, o que gera uma rapidez na detecção de ruídos Benneyan (2001). Portanto é fundamental que um sistema de monitoramento seja suficientemente rápido em detectar o crescimento da incidência de uma doença por exemplo, permitindo assim ativar ações de investigação e controle por parte dos gestores da saúde FIGUEIRA (2011).

A utilização dos métodos padrões de controle estatístico de processos (CEP) na área da saúde, no controle de infecções e na epidemiologia hospitalar tem sido muito discutida nas literaturas. Alves (2003) afirma que o monitoramento efetivo das características da qualidade do processo de produção depende frequentemente de ferramentas estatísticas para a detecção, identificação e análise das causas significantes responsáveis por variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível.

Neste contexto o presente trabalho tem por objetivo principal apresentar a utilização de gráficos de controle estatísticos no monitoramento de indicadores hospitalares. Os indicadores de qualidade são instrumentos de coleta de dados para mensurar e avaliar neste caso a assistência à saúde. Para atingir esse objetivo geral

foram traçados os seguintes objetivos específicos; descrever e analisar alguns dos principais tipos de gráficos estatísticos de controle de qualidade, tais como Shewhart e EWMA, bem como os indicadores de desempenho hospitalar: Taxa de Ocupação Hospitalar, Taxa de Infecção Hospitalar e Taxa de Recém Nascidos com alguma patologia, disponibilizados pela Maternidade do Alvorada de Manaus no período de 2010 à 2014, onde serão usados como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão. E como fator crítico, esses indicadores hospitalares citados serão monitorados utilizando os gráficos de controle estatístico com os dados cedidos pela Maternidade, porém com a falta de um profissional especializado, os dados acabam não sendo transformados em informações para o benefício da Instituição.

A metodologia a ser utilizada será um estudo de caso, por estar circunscrito a uma ou poucas unidades entendidas essas como, empresa, órgão público, tendo como amostra utilizada uma maternidade na cidade de Manaus, tratando-se de uma pesquisa de natureza quantitativa.

Assim os resultados esperados consistem em utilizar esses gráficos por meio dos indicadores hospitalares, como um recurso eficiente na gestão para o controle de processos e tomada de decisão. Desta forma, o trabalho em questão toma-se relevante à medida em que procura fornecer subsídios para a aplicação destas técnicas na melhoria contínua dos processos já existentes, propiciando assim melhorias também no setor de cunho pessoal, familiar e profissional, já que saúde é imprescindível. Diante desta situação, apresenta-se a problemática do trabalho e pergunta-se:

Como monitorar os indicadores hospitalares utilizando os gráficos de controle Shewhart e EWMA em uma Maternidade Pública de Manaus?

1.1 Justificativas

Atualmente se intensificaram os processos de releitura das organizações e do funcionamento de sistemas de saúde públicos e privados no Brasil. Há uma busca dos gestores do sistema de saúde para controlar as despesas e aumentar a eficiência dos cuidados prestados. Apesar da relevância desta questão, existem estudos que admitem que a prática de medição e monitoramento de processos na área da saúde ainda é pouco desenvolvida, assim como a cultura de promover a

melhoria de processos com base em sua avaliação sistemática, WILLIAMS (2005).

Os indicadores constituem ferramentas para as instituições de saúde que se preocupam em aprimorar o seu desempenho junto aos clientes. Os serviços de saúde público e privado, estão sofrendo mudanças e trazendo a necessidade de otimização de processos e aumento de produtividade que resultem em melhor atendimento a um menor custo. A garantia de qualidade é uma função da empresa que tem por finalidade confirmar se todas as atividades estão sendo conduzidas de forma requerida atendendo assim as necessidades dos clientes.

Os gráficos com procedimentos de controle estatístico são eficazes como ferramenta de gestão, sendo também uma importante ferramenta na tomada de decisão em tempo real, dada a capacidade dos mesmos de monitorar um processo de modo contínuo e verificar se o mesmo se mantém dentro de um padrão estabelecido.

No monitoramento de qualquer indicador sempre existe uma variabilidade natural, inerente ao processo, resultante de inúmeros fatores essencialmente inevitáveis, quando esta variabilidade é pequena dizemos que o processo está sob controle estatístico. Porém, outros tipos de variabilidades são passíveis de prevenção, geralmente elas são muito maiores que a variabilidade natural, quando isto ocorre é dito que o processo está fora de controle estatístico. Acredita-se que a estatística seja fundamental para as funções de planejamento e controle das atividades de uma empresa que presta serviços de assistência hospitalar, uma vez que os dados podem ser distorcidos se não houver um controle diário dos mesmos.

Desta forma, é de extrema importância que o presente trabalho proponha-se a utilizar alguns dos principais gráficos de controle estatísticos por meio dos indicadores hospitalares da maternidade em estudo, de modo a monitorar o desempenho desses indicadores para fortalecer sua tomada de decisão. Os gráficos escolhidos devem-se pela simplicidade de sua aplicação e pela eficiência na rapidez na detecção de ruídos.

O trabalho torna-se importante, a medida em que busca fornecer subsídios para a aplicação de técnicas na melhoria contínua. Além disso, permitirá divulgar a utilização de procedimentos estatísticos e de controle em saúde pública e processos hospitalares, bem como servir como fonte de pesquisa para aqueles que desejarem trabalhar com as ferramentas aqui descritas e estudadas.

1.2 Objetivo Geral

Apresentar a viabilidade na utilização dos gráficos de controle estatísticos Shewhart e EWMA no monitoramento dos indicadores hospitalares, como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na maternidade pública do Alvorada no município de Manaus.

1.3 Objetivos Específicos

- Descrever os principais indicadores de desempenho hospitalar adotados na área da saúde.
- Estimar os Parâmetros dos gráficos \bar{X} e R e EWMA.
- Analisar o desempenho dos gráficos de controle propostos no monitoramento do processo na maternidade selecionada.

1.4 Delimitação do estudo

A pesquisa utilizou os dados disponibilizados pela maternidade pública no município de Manaus, no período de 2010 a 2014, por meio do Censo Hospitalar, (Mapa de Produção) usados pela mesma.

1.5 Estrutura do trabalho

Para atingir os objetivos do estudo proposto, o trabalho foi estruturado em seis capítulos, descritos a seguir.

O primeiro capítulo abordou os aspectos gerais do estudo, o tema e sua importância, demarcando os objetivos gerais e específicos, que deram o norte para o desenvolvimento da justificativa, e como sequência a delimitação do estudo.

No segundo capítulo foi apresentada a revisão da literatura, onde versou a utilização dos gráficos de Controle Estatístico do Processo propostos para uso na área da gestão hospitalar, descrevendo as similaridades entre o controle estatístico de qualidade e a Epidemiologia, bem como a descrição da aplicação dos gráficos de

controle na área da saúde como finalização do capítulo 2.

O terceiro capítulo abordou a descrição dos indicadores hospitalares de produtividade, que serão monitorados pelos gráficos de controle, para análise e tomada de decisão.

O quarto capítulo abordou os procedimentos metodológicos que nortearam a pesquisa. Nele foi apresentado o tipo de pesquisa, o campo de investigação e a instituição envolvida no estudo de caso. Apresentam-se, ainda, instrumentos utilizados para a coleta de dados e a forma como foram analisados e tratados os dados obtidos no decorrer da pesquisa.

No quinto capítulo foram apresentados resultados e discursões começando com uma breve descrição da maternidade, seguida pela análise descritiva e pela aplicação das cartas de controle propostas, mostrando a eficiência do recurso na gestão para a tomada de decisão por meio do controle de processos num ambiente hospitalar, descrevendo efetivamente o que será necessário para alcançar o objetivo final.

Por fim, no último capítulo foram construídas as considerações finais que englobam as sugestões apresentadas pelo pesquisador.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os principais conceitos e definições das ferramentas escolhidas, para a utilização na área da saúde como instrumento de gestão hospitalar, relacionados a gráficos estatísticos para o controle do processo.

2.1 Gráficos de Controle

2.1.1 Controle Estatístico do Processo (CEP)

O início formal do controle estatístico de processo deu-se por volta de 1924, quando Walter Shewhart desenvolveu e aplicou os gráficos de controle nos Bell Telephone Laboratories, sendo um dispositivo simples de construir e utilizar, COSTA (2011).

O principal objetivo do CEP é o monitoramento eficaz da qualidade, feito pelo próprio operador em tempo real, possibilitando o controle das características de interesse, assegurando que elas irão se manter dentro de limites pré estabelecidos. Isso aumenta o comprometimento do operador com a qualidade do que está sendo produzido e direciona o gestor indicando quando devem ser tomadas ações de correção. O CEP monitora a estabilidade e acompanha seus parâmetros ao longo do tempo, ROSA (2009). A identificação e eliminação das fontes de variabilidade permite a produção de produtos com características mais próximas das especificações, contribuindo para a redução de prejuízos decorrentes da produção, OLIVEIRA (2011). É também uma poderosa coleção de ferramentas na resolução de problemas, sendo útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade, reduzindo-se a variabilidade, MONTGOMERY (2004). Assim, ele proporciona às empresas a diminuição de refugo e retrabalho, e por consequência, o custo da má qualidade, garantindo a melhoria de produtos e serviços.

2.2 Variabilidade do Processo

A variabilidade está sempre presente em qualquer processo produtivo, independente de quão bem ele seja projetado e operado. Se compararmos duas unidades quaisquer, produzidas pelo mesmo processo, elas jamais serão exatamente idênticas. O manual de referência da QS 9000 de Controle Estatístico de Processo da edição americana de 1996, afirma que dois produtos ou características nunca são exatamente iguais, porque qualquer processo contém muitas fontes de variabilidade. As diferenças entre produtos podem ser grandes ou elas podem ser imensamente pequenas, mas elas estão sempre presentes. Como exemplo, cita-se que uma peça produzida pela manhã diferirá da produzida à noite. Portanto, podemos afirmar que sempre existirão diferenças entre um mesmo produto ou entre um produto e outro, o que é considerado de variação, variabilidade ou dispersão. O que precisa ficar claro é o tipo e a relevância desta variação, se ela poderá influir beneficemente ou adversamente no processo que gerará o resultado desejado. Assim através da aplicação da carta de CEP (gráfico de controle) poderá se estudar a variação apresentada por um dado processo e afirmar se a mesma encontra-se sob controle estatístico ou não. De um modo geral, pode-se dizer que existem várias causas para a presença da variabilidade num processo, pois ela é resultado de alterações nas condições sob as quais as observações são tomadas.

Segundo Lima (2014), no monitoramento de qualquer indicador sempre existe uma variabilidade natural (aleatória), inerente ao processo, resultante de inúmeros fatores essencialmente inevitáveis, quando esta variabilidade é pequena dizemos que o processo está sob controle estatístico. Porém, outros tipos de variabilidades são passíveis de prevenção (não aleatórias), geralmente elas são muito maiores que a variabilidade natural, quando isto ocorre é dito que o processo está fora de controle estatístico.

2.2.1 Causas da Variabilidade do Processo

Existem apenas duas causas de variação em um processo, que são: causas comuns ou aleatórias e causas especiais. As causas comuns ou aleatórias referem-se aos fatores de variação que são inerentes ao processo, ou seja, fazem parte do

processo, não havendo meios ou tecnologias disponíveis para eliminá-las; é a chamada variação natural do processo, NIKKEL (2007). Normalmente, espera-se que somente causas comuns de variação estejam presentes no processo, pois assim ele se manterá numa faixa estável, a faixa característica do processo, e poderemos afirmar que o processo em análise encontra-se sob controle estatístico. As causas especiais, em contrapartida são as que não fazem parte do processo, surgem esporadicamente devido a fatores de variação que não são esperados deslocando os níveis de qualidade. O surgimento deste tipo de variação torna o processo instável e imprevisível, por isso, este tipo de causa deverá ser identificado o mais rápido possível. Caso a causa da variação seja benéfica ela deverá ser incorporada ao processo e no caso de ser adversa ela deverá ser eliminada e medidas deverão ser tomadas a fim de evitar a reincidência desta causa. A aplicação do gráfico de controle servirá para estudar e monitorar qual o tipo de variação está atuando no processo.

2.3 Gráficos Estatísticos de Controle

Os gráficos estatísticos de controle, desenvolvidos por Walter Shewhart em 1924, são destacados para serem usados em diversos tipos de processos, empregando procedimentos estatísticos para descrever e monitorar melhorias no mesmo.

Os gráficos ou cartas de controle são um dos métodos mais antigos utilizados para monitorar e controlar análises de rotina por causa de sua simplicidade e sua utilidade em salientar a ocorrência de causas especiais, de modo que possam ser eliminadas. Estas causas são as fontes que acarretam as variabilidades, no entanto, o processo deve apresentar estabilidade. A identificação e eliminação das fontes de variabilidade permite a produção de produtos com características mais próximas das especificações, contribuindo para a redução de prejuízos decorrentes da produção, OLIVEIRA (2011).

Para o gerenciamento do processo e redução da variabilidade, é importante investigar as causas da variabilidade no processo. O primeiro passo é distinguir entre causas comuns e causas especiais. Deming apud Ribeiro e Caten (2008) explica que a confusão entre causas comuns e especiais leva à maior variabilidade e a custos mais elevados. A atuação em causas comuns como se fossem causas especiais pode levar a um aumento indesejado da variação, além de representar um custo

desnecessário.

Por outro lado, se causas especiais passarem despercebidas, elas podem ser incorporadas ao resultado do processo, tornando aceitável o que deveria ser rejeitado, além de se perder uma oportunidade de melhoria do produto.

O uso dos gráficos de controle é uma ferramenta benéfica, trazendo melhorias e garantia da qualidade, redução de custos, crescente desaparecimento de refugo e resolução de diversos problemas da produção relacionados com especificações, métodos, etc. ROSA (2009).

2.3.1 Elementos de um Gráfico de Controle

Vários tipos de gráficos de controle já foram desenvolvidos e aperfeiçoados, mas todos precisam definir parâmetros, como: tamanho da amostra, centralização e limites de controle, GAUTÉRIO (2014).

Um gráfico de controle consiste na plotagem de três linhas paralelas e horizontais dispostas em um eixo cartesiano. Representam os limites de controle: um limite de controle superior (*LSC*), um limite de controle inferior (*LIC*) e a média de amostras (subgrupos racionais), conhecida como a linha central (*LC*), que é a média da variável ou o alvo (valor nominal) da característica. A Figura 1 apresenta os principais elementos dos gráficos de controle tradicionais de Shewhart, SAMOHYL (2009).

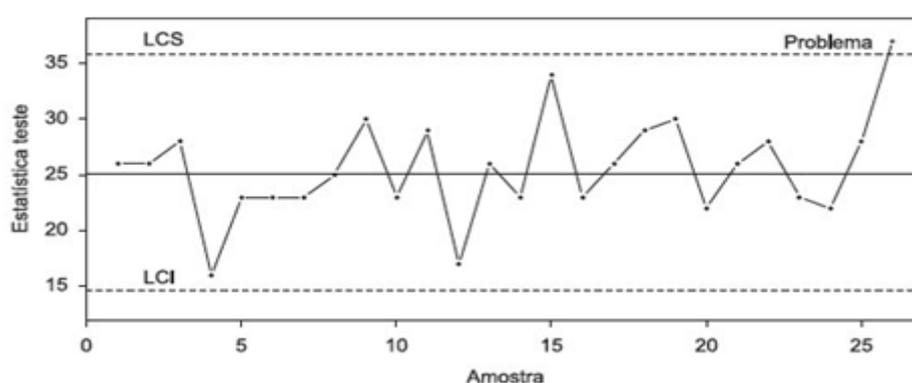


Figura 1: Representação do Gráfico de controle em formato conceitual. Fonte: Adaptado de Samohyl (2009).

Os pontos incluídos no gráfico representam as médias ou as medidas de cada sub amostra observada por determinado tempo.

Para que os resultados dos gráficos de controle sejam válidos, duas pressuposições devem ser satisfeitas: as observações devem ser independentes e

identicamente distribuídas e, ainda, as observações devem seguir alguma distribuição de probabilidades específica, tais como a normal, binomial ou Poisson, segundo Alwan e Roberts (1988).

Essas duas suposições constituem a base de toda a teoria dos gráficos de controle: os limites de controle calculados e as regras para identificação de padrões não aleatórios.

2.3.2 Funções do Gráficos de Controle

As funções dos gráficos de controle são, basicamente: o entendimento, o monitoramento e a melhoria do desempenho de processos industriais e podem ser aplicados a estudos epidemiológicos.

Segundo Montgomery (2004), existem vários tipos de gráficos de controle, mas todos são construídos, basicamente, com as seguintes funções:

- Controlar o processo ao longo do tempo;
- Manter o estado de controle estatístico estendendo a função dos limites de controle como base de decisões;
- Fornecer indicação se os problemas que afetam o processo são devido a falhas locais (forma que o processo está sendo operado) ou falhas do sistema (projeto, construção e manutenção);
- Mostrar informações para que sejam tomadas ações gerenciais de melhoria dos processos, auxiliando-o na decisão de intervir ou não no processo;
- Apresentar evidências se o processo está operando num regime de controle estatístico, de tal forma que se possa fazer o cálculo da capacidade do processo de atender às especificações.

A função inicial de um sistema de controle de processos é fornecer um sinal estatístico quando causas especiais de variação estão presentes e evitar falsos sinais quando elas não estão. Isto permitirá que ações sejam tomadas de forma a eliminar as causas especiais e prevenir seu reaparecimento.

Para determinar se existem causas de variação em um processo utilizando a carta de controle, é muito importante observar oito “sinais” ou critérios básicos que demonstram variabilidade neste processo. A probabilidade de alguns destes oito eventos ocorrerem aleatoriamente é muito pequena. Por este motivo a norma ISO

8258 – Shewhart Control Charts estabelecem essas regras de decisão em cartas de controle como mostra a Figura 2:

Regras de decisão:

- a) 1 ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC;
- b) 9 pontos consecutivos na zona C ou no mesmo lado do LC;
- c) 6 pontos consecutivos, todos aumentando ou todos diminuindo;
- d) 14 pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
- e) 2 de 3 pontos consecutivos na zona A ou além dela;
- f) 4 de 5 pontos consecutivos na zona B ou além dela;
- g) 15 pontos consecutivos na zona C (tanto acima quanto abaixo do LC);
- h) 8 pontos consecutivos na zona B.

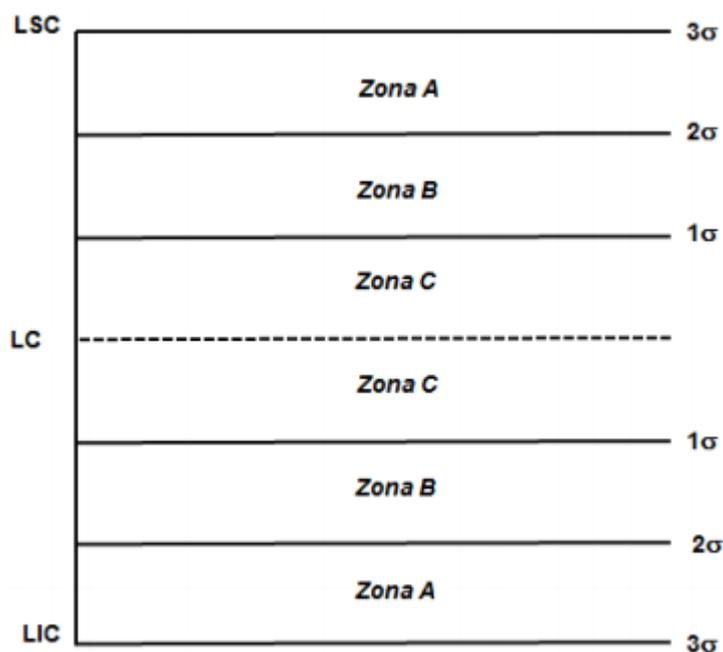


Figura 2: Carta de controle com os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) e linhas correspondentes aos desvios (σ).

A Figura 3 mostra a avaliação das oito regras estabelecidas na norma ISO 8258 para a interpretação das cartas de controle de Shewhart.

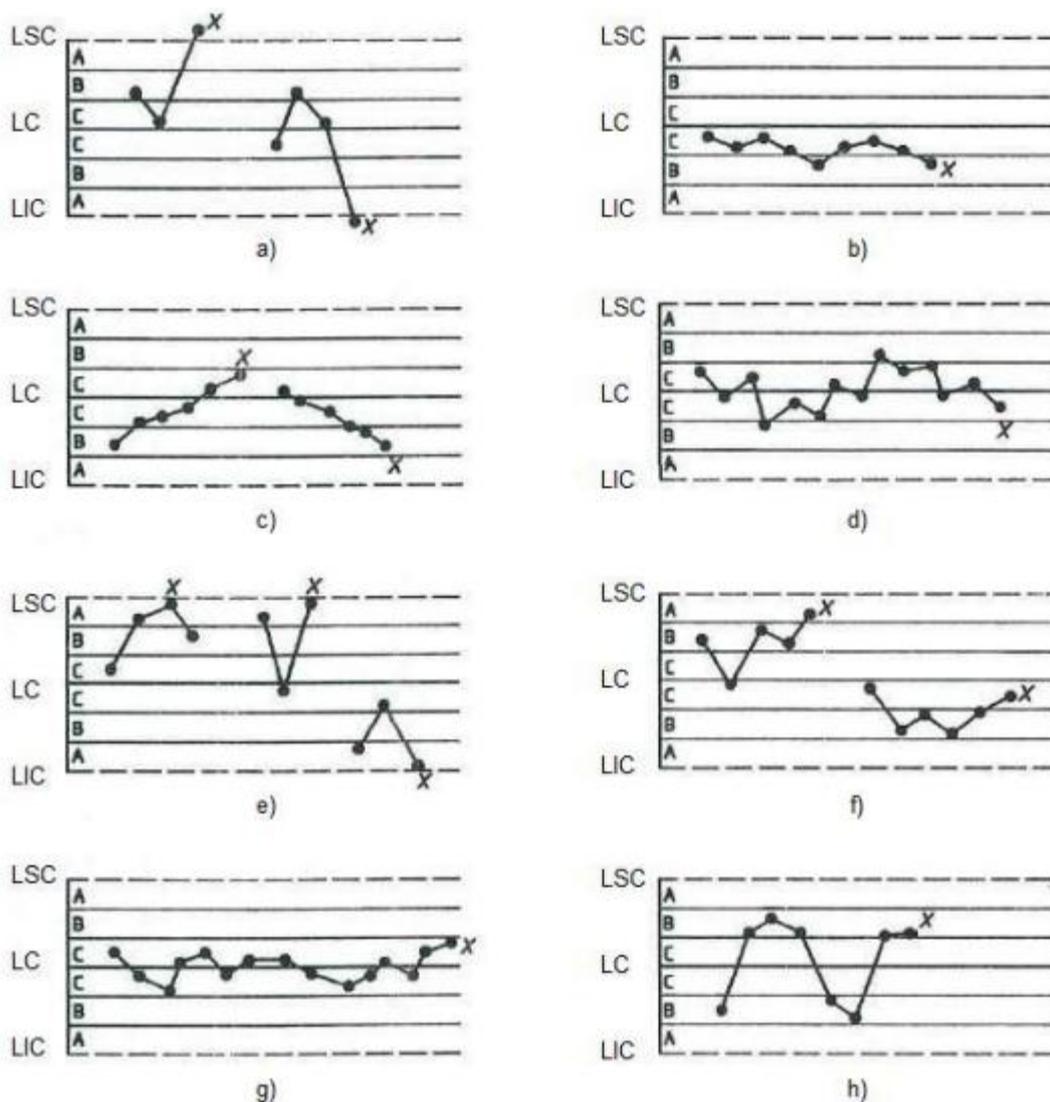


Figura 3: Exemplos de processos fora de controle estatístico. Adaptado da norma ISO 8258.

Segundo Montgomery (2009), os critérios suplementares geralmente são utilizados até que o processo esteja sob controle. Depois disso, pode-se adotar apenas o critério básico (1 ou mais pontos fora dos limites de controle), mas fica a cargo do analista responsável decidir quais regras serão empregadas pelo laboratório.

2.4 Gráficos de Controle para Variáveis

Uma característica que é medida em uma escala numérica é chamada variável aleatória contínua. Alguns exemplos de variáveis são: medidas de pH, concentração, acidez, teor de gordura, temperatura, peso, volume, comprimento, contagem de

fungos, bactérias, pressão sanguínea, etc. Tipos de gráficos de controle que podem ser usados para variáveis contínuas são:

- Cartas \bar{X} e R (média e amplitude);
- Cartas \bar{X} e s (média e desvio padrão);
- Cartas MA (amplitude móvel);
- EWMA (média móvel exponencial ponderada);
- CUSUM (somas cumulativas).

As cartas de controle para variáveis geralmente são preparadas e analisadas aos pares, uma carta para a média do processo e outra para a variação do processo. Embora os gráficos de controle por variável tenham um custo de utilização maior do que os gráficos por atributos, eles são muito mais sensíveis às variações de qualidade e muito mais úteis na identificação das causas de variação do processo, podendo alertar para problemas antes que uma real rejeição ocorra.

2.4.1 Gráficos de Controle de Shewhart para a Média e Amplitude (\bar{X} e R)

Os gráficos de controle (\bar{X} e R) são amplamente usados devido a sua simplicidade para monitorar um processo cuja característica de qualidade de interesse é expressa em uma escala contínua de medida. O gráfico \bar{X} representa o valor médio de um subgrupo e é utilizado com o objetivo de controlar a média do processo, enquanto o gráfico R controla a variação do mesmo. Estes gráficos devem ser empregados simultaneamente. A desvantagem desses gráficos é que eles requerem amostras pequenas e de mesmo tamanho, além de não terem memória, sendo pouco efetivos para a detecção de mudanças mais moderadas.

O método clássico, publicado por Shewhart (1931), sugere um procedimento para a construção e operação de um gráfico de controle de um processo caracterizado pela variável X , com média $E(X) = \mu$ e variância $V(X) = \sigma^2$, conhecida, onde a média é calibrada no valor desejado. O procedimento resume-se em:

- a intervalos regulares de tempo h , tomam-se amostras de n unidades produzidas;
- mede-se a variável para cada uma das n unidades amostradas e

calcula-se W , ou seja, uma estatística amostral, com média $E[W] = \mu_w$ e $\sigma [W] = \sigma_w$

- os limites superior, central e inferior de controle, respectivamente, são calculados por:

$$LSC = \mu_w + k\sigma_w \quad (\text{Equação 1a})$$

$$LC = \mu_w \quad (\text{Equação 1b})$$

$$LIC = \mu_w - k\sigma_w \quad (\text{Equação 1c})$$

Onde: k é a distância da linha central a cada um dos limites de controle expressa em termos unidades de desvio-padrão.

- enquanto os valores das médias dos subgrupos estiverem dentro dos limites estabelecidos LIC e LSC, assume-se que o processo está perfeitamente calibrado e em estado de controle estatístico. Caso contrário, medidas de intervenção adequadas devem ser tomadas.

Ao estabelecer este roteiro, Shewhart compôs um esquema simples e robusto, adequado às limitações técnicas e culturais da época. Ele sugere $k = 3$, o que impõe um alto nível de proteção contra alarmes falsos, isto é, contra a obtenção de um X fora dos limites de controle, enquanto o processo permanecer estável. Neste caso, se $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, segue que $\bar{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$ e a probabilidade de que um ponto médio apareça fora dos limites é 0,27%. Assim, pode-se concluir que a probabilidade de ocorrência de valores fora do intervalo $\mu \pm 3\sigma$ é extremamente pequena.

A grande simplicidade do modelo clássico de Shewhart permitiu sua rápida difusão no sistema produtivo americano e, em seguida, de todo o mundo industrializado. Sua operacionalização, bastante simples pressupõe poucos conhecimentos estatísticos.

Segundo Montgomery (2000), a principal desvantagem dos gráficos de Shewhart é que eles usam somente a última informação e ignoram qualquer informação dada pela sequência completa dos pontos, fazendo com que esses gráficos sejam insensíveis a pequenos e contínuos desvios no processo, da ordem de até 1,5 desvios-padrões.

2.4.1.1 Cálculo dos Limites de Controle para Gráficos (\bar{X} e R)

Quando lidamos com uma característica da qualidade que é uma variável, necessitamos monitorar tanto a média dessa característica quanto a sua variabilidade. Para isto, supomos que a característica da qualidade tem distribuição de probabilidade com média μ e desvio padrão σ . Assim, para uma amostra aleatória X_1, X_2, \dots, X_n de tamanho n , temos que a média amostral é dada por:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (\text{Equação 2})$$

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:

$$LC = \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m} \quad (\text{Equação 3})$$

que é a linha central do gráfico \bar{X} .

Em seguida, necessitamos da estimativa do desvio padrão, para isto, vamos estimar nesta seção pela 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: $R = X_{máx} - X_{mín}$.

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

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (\text{Equação 4})$$

onde \bar{R} é o LC do gráfico R.

Usando \bar{X} como estimador de μ e $\frac{\bar{R}}{d_2}$ como estimador de σ , têm-se as ferramentas necessárias para a construção dos limites de controle para o gráfico \bar{X} .

Nota: d_2 é um valor tabelado (Anexo A) que depende do número de replicatas e que corresponde à média da distribuição da amplitude relativa $W = \frac{R}{\sigma}$.

Considerando $\mu \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ com $z_{\frac{\alpha}{2}} = 3$, obtém-se os limites de controle para o gráfico \bar{X} de acordo com a Equação 5 :

$$\begin{aligned} LSC &= \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \\ LC &= \mu = \bar{\bar{X}} \\ LIC &= \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} \end{aligned} \quad (\text{Equação 5})$$

Substituindo $\frac{3}{d_2\sqrt{n}}$ por A_2 na Equação 5, os limites de controle se reduzem à

Equação 6.

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$$

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$$

(Equação 6)

Sendo que A_2 é uma constante que depende de n e seu valor encontra-se tabelado, Anexo A.

Nota: $\frac{\bar{R}}{d_2}$ é uma estimativa do desvio padrão de precisão intermediária.

Usando \bar{R} como estimativa da amplitude média e $d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$ como estimativa do desvio padrão de R, os limites de controle para o gráfico R são dados na Equação 7:

$$LSC = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LIC = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

(Equação 7)

Nota: d_3 é um valor tabelado (Anexo A) que depende do número de replicatas e que corresponde ao desvio padrão da distribuição da amplitude relativa.

Fatorando a Equação 7 e considerando $1 + 3 \frac{d_3}{d_2} = D_4$ e $1 - 3 \frac{d_3}{d_2} = D_3$ os limites de controle se reduzem à Equação 8:

$$LSC = D_4 * \bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LIC = D_3 * \bar{R}$$

(Equação 8)

onde D_3 e D_4 são valores tabelados que dependem de n (Anexo A).

2.4.2 Gráficos de controle de médias móveis exponencialmente ponderadas (EWMA)

O gráfico de controle de média móvel exponencialmente ponderada é também uma boa alternativa para os gráficos de controle de Shewhart quando se tem interesse em detectar pequenas mudanças. A performance dos gráficos EWMA é, aproximadamente, equivalente a dos gráficos de controle de somas cumulativas, no entanto, são mais simples de construir e de operar.

Assim como o gráfico de somas cumulativas, o gráfico EWMA é, tipicamente, usado com observações individuais. Este tipo de gráfico surgiu, principalmente, para cobrir uma lacuna deixada pelos gráficos de Shewhart, pois ele é usado para descobrir pontos que estão fora de controle, onde existem pequenas variações na média esperada do processo. Segundo Silva (2004), o gráfico de controle EWMA foi proposto visando controlar a qualidade com variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas (i.i.d.), tendo como objetivo principal suprir a deficiência apresentada pela Carta de Shewhart; ou seja, incorporar diretamente o comportamento passado no ponto presente.

O EWMA também pode ser utilizado para se fazer previsões, podendo ser útil para determinar um apropriado “feedback” ao ajustamento da média do processo, pois com a previsão, sempre se saberá o possível comportamento do processo um passo-à-frente. Este procedimento é detalhado em Box e Jenkins (1976). De acordo com Magalhães e Cymrot (2006), o EWMA utiliza todos os dados coletados anteriormente e consiste em dar menos peso, menor relevância ao dado, na medida em que ele for ficando mais “velho”.

O procedimento possui um mecanismo que incorpora as informações de todo o subgrupo anterior mais as informações do subgrupo atual. Estas informações são obtidas através de ponderações, onde é possível atribuir aos valores passados um determinado grau de importância conforme seja desejado, sendo o mesmo, um processo recursivo. Ele tem a vantagem de detectar pontos fora de controle mais rapidamente que os gráficos de Shewhart e, esta descoberta, pode ser realizada se estes pontos estiverem dentro dos limites de confiança de 3σ .

Um sistema de controle pode ser estabelecido para determinar os ajustes necessários, como uma forma de compensar o comportamento alterado do processo, ficando o operador alerta na presença de uma causa especial. Deve-se salientar que

a intervenção no processo por causas desnecessárias ou por alarmes falsos, causa um desajuste no sistema, por isso é necessário ter uma regra muito específica para detecção de *outliers* ou alguma causa especial, devendo-se ter em mente que uma pequena variabilidade é inerente ao próprio processo.

A média móvel exponencialmente ponderada (EWMA) é definida por:

$$Z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (\text{Equação 9})$$

Onde: λ é uma constante de ponderação que varia entre 0 e 1;

$Z_0 = \mu_0$ é o valor inicial requerido com a primeira amostra e é igual ao valor objetivo do processo μ_0 .

Muitas vezes, a média das observações é usada como valor inicial do método de EWMA, tendo-se então: $Z_0 = \bar{X}$.

Para demonstrar que a estatística EWMA Z_i é uma média ponderada de todas as médias amostrais anteriores, pode-se fazer substituições em Z_{i-1} , no lado direito da equação, obtendo-se:

$$Z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)[\lambda x_{i-1} + (1 - \lambda) Z_{i-2}] \quad (\text{Equação 10a})$$

$$Z_i = \lambda x_i + \lambda(1 - \lambda) x_{i-1} + (1 - \lambda)^2 Z_{i-2} \quad (\text{Equação 10b})$$

Substituindo-se, recursivamente, para Z_{i-j} , com $j = 2, 3, \dots, t$, obtém-se:

$$Z_i = \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j} + (1 - \lambda)^i Z_0 \quad (\text{Equação 11})$$

Os pesos $\lambda (1 - \lambda)^j$ decrescem geometricamente a cada média amostral. Além disso, a soma dos pesos é igual à unidade, desde que:

$$\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j = \lambda \left[\frac{1 - (1 - \lambda)^i}{1 - (1 - \lambda)} \right] = 1 - (1 - \lambda)^i \quad (\text{Equação 12})$$

Como esses pesos decrescem, geometricamente, quando associados a uma curva suavizada, a EWMA é, muitas vezes, chamada de Média Móvel Geométrica (GMA).

Desde que a estatística EWMA possa ser vista como uma média ponderada de todas as observações, atuais e passadas, é muito insensível à pressuposição de normalidade. Portanto, é o gráfico de controle ideal para ser usado com observações individuais. Se as observações x_i são variáveis aleatórias independentes, com variância σ^2 , então a variância de z_i é:

$$\sigma_{Z_i}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (\text{Equação 13})$$

Portanto, o gráfico de controle EWMA, será construído plotando-se Z_i versus o

tempo. Os limites de controle para o gráfico EWMA são dados por:

$$LSC = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}[1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (\text{Equação 14a})$$

$$LC = \mu_0 \quad (\text{Equação 14b})$$

$$LIC = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}[1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (\text{Equação 14c})$$

Onde: L: largura dos limites de controle;

λ : é o fator de ponderação e varia no intervalo de $0 < \lambda \leq 1$;

μ_0 : valor objetivo, que pode ser substituído pela média do processo;

σ : desvio padrão do processo.

Os limites de controle não são linhas retas. No início do processo, os valores dos limites superiores e inferiores vão aumentando e, após certo tamanho de amostra, estabilizam-se sobre a linha central, formando duas linhas horizontais.

Isto se deve ao fato de que o termo $[1-(1-\lambda)^{2i}]$, nas equações anteriores, aproxima-se da unidade à medida que i torna-se maior, fazendo com que os limites de controle tornem-se fixos depois de certo período. Eles serão dados por:

$$LSC = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (\text{Equação 15a})$$

$$LC = \mu_0 \quad (\text{Equação 15b})$$

$$LIC = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (\text{Equação 15c})$$

Este tipo de gráfico é muito efetivo no caso de pequenas mudanças no processo. É possível escolher estes parâmetros para a performance do ARL, ou seja, do número médio de amostras necessárias para que o processo apresente um ponto fora de controle, de um gráfico EWMA que se aproxime da performance do ARL nos gráficos CUSUM.

Para o gráfico de controle EWMA, procura-se selecionar uma combinação de λ e L, os quais fornecem um melhor valor para o ARL.

Na Tabela 1 são apresentadas performances do ARL, para vários esquemas de controle do gráfico EWMA.

Tabela 1 - ARL para vários esquemas de controle do gráfico EWMA

Mudança na média (múltiplo de σ)	L = 3,054	L = 2,998	L = 2,962	L = 2,814	L = 2,615
	$\lambda = 0,40$	$\lambda = 0,25$	$\lambda = 0,20$	$\lambda = 0,10$	$\lambda = 0,05$
0,00	500	500	500	500	500
0,25	224	170	150	106	84,1
0,50	71,2	48,2	41,8	31,3	28,8
0,75	28,4	20,1	18,2	15,9	16,4
1,00	14,3	11,1	10,5	10,3	11,4
1,50	5,9	5,5	5,5	6,1	7,1
2,00	3,5	3,6	3,7	4,4	5,2
2,50	2,5	2,7	2,9	3,4	4,2
3,00	2,0	2,3	2,4	2,9	3,5
4,00	1,4	1,7	1,9	2,2	2,7

Fonte: adaptado de Lucas e Saccucci (1990).

O procedimento ótimo consistiria em especificar o valor do ARL desejado, sob e fora de controle, e antecipar a magnitude da mudança do processo, para posteriormente, selecionar os valores adequados de λ e L.

Em geral, $0,05 \leq \lambda \leq 0,25$ são bons valores para a ponderação. Na prática, os valores mais utilizados são 0,05; 0,10 ou 0,20. Uma boa regra é o uso de pequenos valores de λ para detectar pequenas mudanças.

Observa-se ainda, que $L = 3$, os usuais 3 desvios padrões, trabalham razoavelmente bem, particularmente com um grande valor de λ (próximo da média). Contudo, quando λ é pequeno, como $\lambda \leq 0,1$, há uma vantagem na redução da largura dos limites, usando-se $2,6 < L < 2,8$.

Hunter (1986) recomenda utilizar a escolha de λ que minimize a soma dos quadrados dos erros de previsão um passo-à-frente do conjunto de dados passados.

Os gráficos EWMA são, na maioria das vezes, usados com observações individuais, mas para subgrupos racionais, onde $n > 1$, simplesmente substitui-se X_i por \bar{X}_i e σ^2 por $\frac{\sigma^2}{N}$.

O EWMA traz bons resultados em situações onde ocorrem pequenas trocas, mas não reage às grandes tão rapidamente quanto os gráficos de Shewhart. Contudo, o gráfico EWMA é, frequentemente, superior ao CUSUM, para grandes mudanças, particularmente se $\lambda > 0,1$.

Um bom caminho para melhorar a sensibilidade do procedimento de controle para grandes mudanças, sem sacrificar a capacidade de detectar pequenas mudanças rapidamente, é combinar os gráficos de Shewhart com o EWMA.

Estes gráficos de controle combinados são eficientes contra grandes e pequenas mudanças. O procedimento consiste em adicionar os limites de Shewhart ao gráfico EWMA, de tal forma que, um sinal fora de controle, seja detectado pelos valores passados e pela observação atual.

Eles podem ser úteis para detectar *outliers*. Uma simples observação fora dos limites não pode ser considerada uma observação discrepante, mas duas observações seguidas já podem ser consideradas como tal.

Quando este esquema é usado, aconselha-se estabelecer limites de controle ligeiramente mais largos do que os usuais nos gráficos de Shewhart, como 3,25 ou, até mesmo, 3,5 σ . O formato do gráfico pode ser visto, na Figura 4, a seguir:

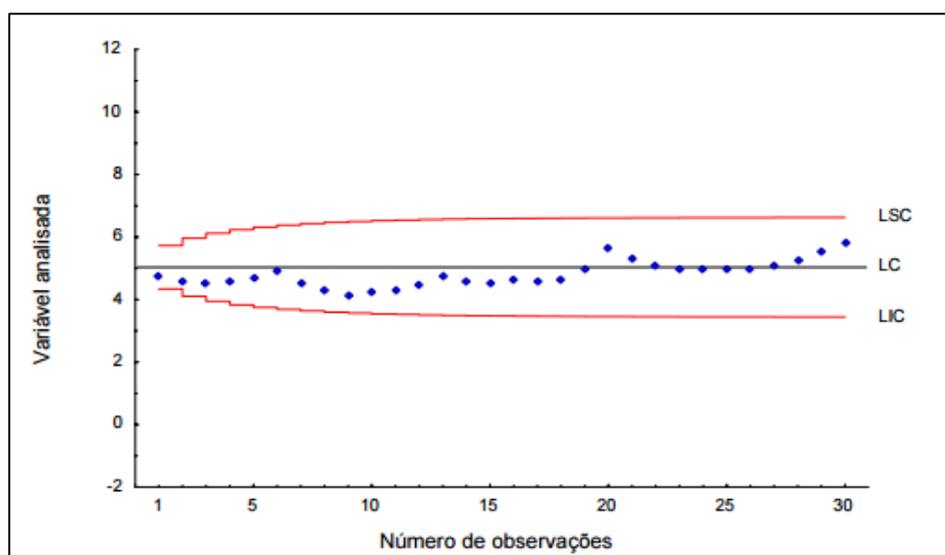


Figura 4 - Representação de um gráfico EWMA

Para uma aplicação adequada, tanto das cartas de controle de Shewhart como do gráfico EWMA, é necessário a verificação de certos pressupostos, como a independência dos dados e a normalidade da distribuição referente à estatística utilizada. Sugere-se a utilização do teste de Shapiro-Wilk ou Kolmogorov-Smirnov para a análise da normalidade.

2.5 Teste de Normalidade

A distribuição Normal é uma das mais importantes distribuições de probabilidades da estatística, conhecida também como Distribuição de Gauss ou Gaussiana. Esta foi desenvolvida pelo matemático francês Abraham de Moivre em 1733, TRIOLA (2008).

Para uma aplicação adequada, tanto das cartas de controle de Shewhart como dos gráficos EWMA, torna-se necessário também a verificação dos pressupostos de normalidade e independência, exigidos pelas técnicas tradicionais dos gráficos de controle.

Grande parte dos problemas que encontramos em estatística são tratados com a hipótese que os dados são retirados de uma população com uma distribuição de probabilidade específica. Nesse sentido, surge a necessidade de certificarmos se essa suposição pode ser assumida. Em alguns casos, assumir a normalidade dos dados é o primeiro passo que tomamos para simplificar nossas análises. Para dar suporte a esta suposição, consideramos, dentre outros, o teste de Kolmogorov - Smirnov.

O teste de Kolmogorov - Smirnov pode ser utilizado para avaliar as hipóteses:

H_0 : *Os dados seguem uma distribuição normal*

H_1 : *Os dados não seguem uma distribuição normal*

Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Normal, e a função de distribuição empírica dos dados. Como critério, comparamos esta diferença com um valor crítico, para um dado nível de significância.

Portanto para se tomar a decisão no Teste de Normalidade é necessário observar o valor-p dos testes e comparar com o nível de significância adotado. Se o valor-p do teste for menor que o nível de significância escolhido, rejeita-se a hipótese de normalidade.

A suposição mais importante aos gráficos de controle é a independência das observações, pois mesmo que a suposição de normalidade seja violada em grau moderado esses gráficos ainda funcionam razoavelmente, ao contrário de quando o fundamento de independência das amostras não se configura. Quando os valores da característica da qualidade possuem algum grau de autocorrelação, mesmo que

pequeno, a probabilidade de uma observação cair fora do limites de controle, com o processo sob controle, aumenta e compromete a credibilidade desta ferramenta, pela ocorrência elevada de alarmes falsos, MONTGOMERY (2004).

Atualmente as empresas dificilmente verificam estas suposições antes de implantar o CEP, elas utilizam os gráficos de controle estatístico muitas vezes de forma errônea, não aproveitando os benefícios que essa ferramenta pode trazer. Vale ressaltar que em medições cujas observações são feitas em um curto espaço de tempo e com elevado grau de automação as chances desses valores serem autocorrelacionados multiplicam-se, ratificando a importância da análise da distribuição das amostras e sua independência.

2.6 Similaridades entre o Controle Estatístico de Qualidade e a Epidemiologia

A Epidemiologia é a ciência que estuda os padrões da ocorrência de doenças em populações humanas e os fatores determinantes destes padrões, LILIENFELD, (1980). Enquanto a clínica aborda a doença em nível individual, a epidemiologia aborda o processo saúde-doença em grupos de pessoas que podem variar de pequenos grupos até populações inteiras. O fato de a epidemiologia, por muitas vezes, estudar morbidade, mortalidade ou agravos à saúde, deve-se, simplesmente, às limitações metodológicas da definição de saúde. Por algum tempo prevaleceu a ideia de que a epidemiologia restringia-se ao estudo de epidemias de doenças transmissíveis. Hoje, é reconhecido que a epidemiologia trata de qualquer evento relacionado à saúde (ou doença) da população. Suas aplicações variam desde a descrição das condições de saúde da população, da investigação dos fatores determinantes de doenças, da avaliação do impacto das ações para alterar a situação de saúde até a avaliação da utilização dos serviços de saúde, incluindo custos de assistência. Dessa forma, a epidemiologia contribui para o melhor entendimento da saúde da população - partindo do conhecimento dos fatores que a determinam e provendo, conseqüentemente, subsídios para a prevenção das doenças.

Segundo Benneyan (1998), existem similaridades entre os objetivos gerais e métodos da engenharia de qualidade industrial e os da área da saúde, principalmente na Epidemiologia.

Considerando a linguagem e a terminologia, modificadas por epidemiologistas

em vários artigos, muitas dessas formulações podem ser lidas facilmente, como se elas tivessem sido escritas sobre CEP, por um engenheiro da qualidade ou um estatístico industrial.

O Quadro 1 resume as principais similaridades observadas nas publicações entre os conceitos e a terminologia da Epidemiologia e do CEP. Por exemplo, programas epidemiológicos hospitalares preocupam-se com infecções endêmicas (sistêmicas) e epidêmicas (não-sistêmicas), que na terminologia CEQ equivalem à variabilidade natural (causa comum) e não natural (causa especial), respectivamente, BENNEYAN (1998).

Quadro 1 – Relação entre CEP e terminologia/conceitos usados em Epidemiologia:

Controle Estatístico do Processo	Epidemiologia
Variação natural	Variação genérica
Eventos de causa comum	Eventos endêmicos
Sob controle estatístico	Taxa de infecção constante
Variação não natural	Variação não endêmica
Evento de causa especial	Evento adverso (indesejável)
Monitoramento do processo	Vigilância de infecções
Aumento na taxa do processo	Epidemia
Pontos fora de controle	Sinal de alerta
Limites de controle	Limites de ação ou limiares
Regras de controle	Tendência a doenças
Confiança	Especificação
Alarme falso, erro tipo 1	Valor preditivo positivo*
Erro tipo 2	Valor preditivo negativo*
Poder para detectar variações no processo	Sensibilidade
Redução de causa comum e especial de variação	Redução de eventos epidêmicos e endêmicos
Gráficos de controle de planejamento ótimo	Uso dos limites de 2σ versus 3σ ou outros limites limiares
Métodos de confiabilidade e filas	Incidência, prevalência e análise de duração

* Conceitos precisamente não idênticos – Fonte: Zanini 2006

O gráfico de controle de Shewhart e suas variações, como também, o gráfico EWMA, estão entre os mais usados para o controle de doenças e outros eventos na área da saúde pública.

2.7 Aplicações dos Gráficos de Controle na Área da Saúde

A maioria dos profissionais da saúde revela que vê o CEQ como um conjunto adicional de ferramentas de que os epidemiologistas podem fazer uso quando e onde for apropriado.

O trabalho de McGuckin e Abrutyn (1979) descreve um método de vigilância em saúde, muito similar aos gráficos de controle de qualidade, os quais foram usados para detectar potenciais epidemias e desencadear ações investigativa.

Cullen (1984) usaram gráficos de controle em um sistema de detecção precoce de epidemia de malária na Tailândia.

Martone (1991) fizeram distinções importantes em taxas de infecções para as diferentes clínicas (UTI adulto e infantil, pacientes cirúrgicos e pacientes de alto risco). Eles recomendaram que taxas de infecções fossem baseadas no número ou na duração sob risco (tal como o número de pacientes diários e de cirurgias). Esse método é melhor do que basear, somente, no número de admissões ou altas. Posteriormente, os autores discutiram algumas aproximações para aplicar gráficos de controle a qualquer categoria de pacientes homogêneos.

Reinke (1991) e Sellick (1993) propõem monitorar taxas de infecção sobre o tempo. Benneyan (1998) discute similaridades e diferenças entre epidemiologia e métodos de controle estatístico de qualidade, assim como possíveis dificuldades referentes à aplicação desses de gráficos de controle básicos no controle de infecção.

Costa (1995) realizou uma revisão de literatura e constatou o uso dos gráficos de controle de Shewhart no estudo da epidemia de poliomielite no estado da Califórnia, na epidemia de doença meningocócica ocorrida em São Paulo, na caracterização de epidemias de influenza na Tailândia, no estudo de mortalidade por doença meningocócica em Londrina, no monitoramento da incidência da raiva (Secretaria de Saúde do Estado do Paraná) e de doenças como: coqueluche, tétano, sarampo, febre tifóide e difteria pela Secretaria de Saúde do Estado do Rio de Janeiro.

Brookmeyer e Stroup (2004), coordenaram ampla discussão sobre o monitoramento de saúde das populações, os princípios estatísticos e métodos para vigilância em saúde pública. Desse trabalho, pode-se destacar as técnicas para detecção de surtos, voltadas para aplicação na vigilância de doenças infecciosas, as quais são classificadas por Farrington (2004) em três métodos estatísticos principais: métodos de regressão; métodos de séries temporais e métodos de controle estatístico

do processo.

Farrington (2004) relata que a detecção prospectiva de surtos de doenças infecciosas é similar à detecção de incoerências no processo de produção industrial.

Os gráficos de controle só passaram a ser aplicados com maior frequência a partir de 1990. A lenta transferência desta técnica para a saúde inclui a relutância do meio em aceitar uma abordagem vinda do processo produtivo industrial e que estes métodos não eram usuais nos livros mais populares de estatística médica MOHAMMED (2004).

No Brasil o gráfico de controle de Shewhart é amplamente utilizado, na vigilância de doenças, ALVES (2004). Mas, não se tem registros de quando a utilização de gráficos de controle se tornou oficial no país. Todavia, acredita-se que é bem provável que tenham se consolidado e expandido sua utilização a partir de 1976, com a origem do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica, ou no final dos anos 80, com a implementação dos Sistemas de Informação informatizados, ALVES (2004). Thor (2007) realizaram um extenso estudo sobre aplicações do Controle Estatístico de Processo na saúde. Por exemplo, vários métodos usados na vigilância de infecção hospitalar são similares aos gráficos de controle introduzidos por Shewhart em 1931. Esses gráficos são tipicamente usados para traçar as características do processo de produção em um determinado tempo, como o índice de qualidade e a proporção de itens defeituosos. Na detecção de surtos, o processo, que inicialmente é traçado, é o número de eventos no tempo, e os limites de predição fazem o papel dos limites de controle.

O Controle Estatístico de Processo permitiu a diferentes setores gerir e melhorar os processos de saúde. Possibilitou também a pacientes com, por exemplo, asma ou diabetes mellitus, a gerenciar sua própria saúde. Todavia, ressaltam que a aplicação correta destes métodos não é necessariamente uma tarefa trivial. Os autores concluem que o Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma ferramenta versátil que pode ajudar as diversas partes interessadas para gerenciar mudança na saúde e melhorar a saúde dos pacientes, HENNING (2014). A utilização de gráficos de controle para o acompanhamento de doenças é justificada pela premissa de que a “produção” das doenças pode ser considerada análoga à produção de um processo industrial. Assim, ao se empregar uma ferramenta industrial na análise e acompanhamento de um processo biológico, supõe-se que algumas características desses dois processos sejam comparáveis. Uma destas características é a

variabilidade das unidades amostrais, que no processo biológico é representada pela variabilidade do processo de produção da doença, e a utilização de limites máximo e mínimo de controle, Alves (2004). Quando a frequência do evento é relativamente constante durante um período, a análise dos dados não necessita de maior sofisticação. Medidas como a média ou mediana, acompanhadas dos seus respectivos índices de dispersão são suficientes para sintetizar os eventos, Alves (2004). O processo de vigilância em saúde pública é, também, um processo contínuo no tempo, com objetivo de monitorar algumas características relacionadas à ocorrência de doenças Samohyl; Alves (2012). Exemplificando têm-se as taxas médias de incidência, ou número médio de novos casos. Se esses valores se mantêm dentro de um intervalo de variação pré-fixado, a condição de saúde da população monitorada, em relação a essas doenças, é considerada sob controle estatístico, ou seja, estável. Propõe-se detectar possíveis alterações bruscas nos valores dessas médias e, quando detectadas, decidir se as mesmas ocorrem devido ao acaso ou não, nesse último caso, dando elementos para uma possível intervenção Sanches (2000); Alves (2004). No processo “de produção” de doenças, parte-se do pressuposto que ao se utilizar um gráfico de controle, pretende-se também utilizar um limite de alerta. Diferentemente do processo produtivo, não se pode voltar e corrigir o processo de produção da doença. Assim, nestas situações, tomam-se medidas preventivas da ocorrência de novos casos. Estas medidas são tomadas a partir do conhecimento prévio sobre a doença e da identificação de ligações frágeis na sua cadeia transmissiva. Como exemplo de medidas, estão os programas de vacinação Alves (2004).

Além das alterações bruscas, é recomendável, para fins de estudo, também avaliar mudanças gradativas e persistentes, que possam evoluir para uma situação de um processo fora de controle estatístico. Assim, outros procedimentos estatísticos aplicados à análise de dados de vigilância em saúde pública têm sido citados na literatura Sanches (2000). Ele ainda destaca que no seu trabalho, “os parâmetros escolhidos foram por razões meramente estatísticas” e ressalta que “deveriam estar adequados às características e à história natural da doença”. Essa é uma dificuldade presente na vigilância de doenças.

Assim a ausência de um padrão da sua ocorrência poderia levar a afirmativas equivocadas. Para a construção desses métodos, entende-se que o ideal seria a construção de um modelo para cada doença especificamente. Friséen (1992), aborda

a possibilidade de diferentes riscos de falsos julgamentos envolvidos em procedimentos de alarme nos métodos de controle utilizados na vigilância em saúde pública. Afirma ainda que após a escolha do método, é importante saber todos os detalhes que são esperados. Além disso, é importante saber como interpretar os procedimentos de alarme do modelo.

Neste capítulo, encerram-se as discussões quanto ao referencial teórico, com destaque para descrição, funções e elementos dos gráficos de controle propostos, seguido das causas da variabilidade no processo. No próximo capítulo será abordada a descrição dos Indicadores Hospitalares e de Produtividade nos quais serão aplicados os gráficos de controle propostos neste capítulo.

3. Descrição dos Indicadores Hospitalares de Produtividade

Indicadores são variáveis que medem quantitativamente as variações no comportamento dos critérios de qualidade, previamente estabelecidos. São medidas usadas para ajudar a descrever a situação atual de um determinado fenômeno ou problema, fazer comparações, verificar mudanças ou tendências e avaliar a execução das ações planejadas durante um período de tempo, em termos de qualidade e quantidade das ações executadas, MARIZA KLUCK (2002).

A definição mais simples da qualidade talvez seja aquela inspirada pelo trabalho de W. Edwards Deming, um pioneiro do movimento de qualidade na indústria. Em seu aspecto mais básico, fornecer boa qualidade significa fazer o que é correto e da forma correta BLUMENFELD (1993). Na área de atendimento de saúde e planejamento familiar, isso significa oferecer uma gama de serviços que sejam seguros e eficazes e que satisfaçam às necessidades e desejos do cliente.

De uma perspectiva de saúde pública, a qualidade significa oferecer os maiores benefícios de saúde com o menor nível de risco ao maior número de pessoas, dados os recursos disponíveis HUBER (1994). Ainda existem outros que definem a qualidade basicamente como a capacidade de satisfazer aos desejos dos clientes.

A qualidade pode se referir à qualidade técnica do atendimento, aos aspectos não técnicos da prestação do serviço, por exemplo, quanto tempo o cliente tem que esperar, ou como é tratado pelo pessoal de atendimento, ou ainda, aos elementos programáticos, tais como políticas, infraestrutura, acesso e administração DONABEDIAN (1980), BRUCE (1990).

Os clientes, profissionais de saúde, gerentes, elaboradores de políticas, agências de financiamento ou doadores têm perspectivas diferentes, porém legítimas, sobre o que constitui um atendimento de boa qualidade.

Historicamente, para os profissionais de saúde, a qualidade significa qualidade clínica do atendimento, ou seja, poder atender de forma competente, eficaz e segura, poder contribuir para o bem-estar de um indivíduo DIPRETE et al., (1993). De sua parte, os gerentes de programas reconhecem que os serviços de apoio, por exemplo, a logística e manutenção de registros são também importantes para a qualidade da prestação dos serviços. Para os responsáveis pela elaboração de políticas e doadores, outros elementos importantes da qualidade incluem o custo, a eficácia e os

resultados obtidos para a população como um todo HULL (1996); NEWBRANDER (1997).

A definição de qualidade da Organização Mundial da Saúde (OMS) engloba as perspectivas de todos esses grupos: a qualidade de atendimento consiste em realizar intervenções de forma adequada (de acordo com as normas), ou seja, que tenham sido confirmadas como seguras, pelas quais o público possa pagar e que possam ter impacto substancial sobre a taxa de mortalidade, morbidade, invalidez e desnutrição, ROEMER (1988).

O controle de qualidade garante que as atividades do programa ocorram conforme planejado. As atividades de controle da qualidade também poderão descobrir falhas no projeto e, assim, indicar mudanças que poderiam melhorar a qualidade, BUCHANAN (1995).

No campo da saúde, o objetivo principal do controle da qualidade é garantir que todo prestador de serviços ofereça sempre a mesma boa qualidade a todos os clientes, KRITCHEVSKY (1991), MCGLYNN (1995).

O controle da qualidade inclui a supervisão e o monitoramento cotidianos para confirmar que as atividades estejam sendo realizadas como planejado e que o pessoal do atendimento esteja seguindo as diretrizes, DIPRETE et al. (1993). Também inclui a avaliação periódica que mede o progresso obtido para cumprir os objetivos do programa. Um bom controle de qualidade exige que os programas elaborem e mantenham:

- indicadores mensuráveis de qualidade;
- coleta e análise de dados nos momentos mais adequados;
- supervisão eficaz.

As estatísticas de saúde são construídas a partir de dados relativos a eventos vitais (nascimentos, óbitos e perdas fetais), estrutura da população, morbidade (doenças) e serviços e atividades sanitárias. A avaliação da situação de saúde de uma comunidade pode ser complementada por coeficientes e índices provenientes de indicadores hospitalares, LAURENTI et al., (1987).

Os indicadores são instrumentos utilizados para avaliar o desempenho hospitalar, envolvendo sua organização, recursos e metodologia de trabalho. Os dados coletados nas diversas áreas do hospital, transformam-se em instrumentos de gestão úteis para a avaliação da assistência prestada, quantidade e tipo de recursos envolvidos, controle dos custos gerados na produção dos serviços e grau de

resolução dos mesmos, APM e CRM/SP (1992).

Considerando que indicadores são meramente reflexos de uma situação real e, portanto, medidas indiretas e parciais de uma situação complexa, quando calculados sequencialmente, no tempo, podem indicar a direção e a velocidade das mudanças e servem para comparar diferentes áreas ou grupo de pessoas em um mesmo momento, MELLO JORGE et al. (1992).

Uma ressalva a ser considerada é a grande dificuldade existente em definir e interpretar padrões-ouro (*gold standards*) para a performance de hospitais. A alternativa é acompanhar indiretamente o desempenho ao longo do tempo na própria instituição e comparativamente a outros hospitais, através de indicadores.

Segundo Schiesari e Kisil (2003), a preocupação em avaliar instituições hospitalares no Brasil data da década de 1940, mas somente na década de 1990, com o advento do programa de organização da acreditação no Brasil, é que ações mais efetivas surgiram nesta direção. Isso contribuiu para que diversas associações e órgãos da área de saúde convergissem para a idéia de se adotar um manual único a ser seguido no país. A elaboração da versão inicial do Manual Brasileiro de Acreditação em 1998 foi fruto deste esforço que culminou na formação da Organização Nacional de Acreditação (ONA). Em sua versão de 2006, este manual preconiza, como um requisito fundamental do padrão de gestão das principais áreas de serviços hospitalares, a adoção efetiva de uma sistemática de medição e avaliação de processos ANVISA-ONA (2006). Urge, portanto, desenvolver propostas que subsidiem o planejamento e a implementação de uma sistemática permanente de avaliação e melhoria tanto dos serviços de assistência à saúde como dos processos de administração nos hospitais, estimulando-os a atingirem padrões mais elevados de desempenho. Embora diversas variáveis possam ser avaliadas no gerenciamento de processos, as iniciativas discutidas acima revelam que, assim como pode ser constatado em outros. Apesar deste processo de amadurecimento, pesquisas acadêmicas revelam que poucos serviços de saúde dispõem de indicadores para gestão hospitalar e menos ainda os utilizam MALIK e TELES (2000). Setores industriais, o binômio produtividade e qualidade também têm merecido destacada atenção no âmbito da gestão de processos hospitalares FELDMAN et al. (2005).

Para facilitar as comparações de dados e informações dentro dos hospitais e entre hospitais, a terminologia, as definições, o vocabulário e a nomenclatura utilizada devem estar acordados e padronizados, de maneira uniforme. Os dados devem ser

codificados para que possam ser armazenados de forma compacta e recuperados mais rapidamente. No que se refere à identificação dos indicadores hospitalares, a Unidade Hospitalar está de acordo com a legislação vigente, ou seja, utiliza-se dos indicadores padronizados na elaboração do seu plano estatístico. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tem preconizado a adoção de indicadores padronizados de acordo com a portaria 312 (em anexo), o que facilitaria comparações de dados e informações dentro dos hospitais e entre hospitais.

3.1 Taxa de Mortalidade Geral Hospitalar

É a relação percentual entre o número de óbitos ocorridos em pacientes internados, durante um determinado período, e o número de pacientes saídos (altas + óbitos) no mesmo período.

$$TMGH = \frac{\text{n.º de óbitos em determinado período}}{\text{n.º de saídos (altas + óbitos) no mesmo período}} \times 100 \quad (\text{Equação 16})$$

Esse fator é importante para a avaliação da eficiência hospitalar, sendo considerado um bom índice em hospital geral um resultado de 3% para os casos agudos, 4% para os casos crônicos e de 1 a 2% para casos cirúrgicos. Mortalidade superior requer uma investigação acurada das causas.

3.2 Taxa de Mortalidade Específica ou Institucional

É a relação percentual entre o número de óbitos ocorridos no hospital após um período de 48 horas após a admissão, durante determinado período, e o número de pacientes saídos (altas + óbitos) no mesmo período.

$$TMI = \frac{\text{n.º de óbitos após 48 horas em determinado período}}{\text{n.º saídos (altas + óbitos) no mesmo período}} \times 100 \quad (\text{Equação 17})$$

É o elemento mais expressivo na avaliação do padrão de assistência hospitalar, pois só verifica os óbitos após dois dias de internação. Nos hospitais agudos o coeficiente não deve exceder 2,5%.

3.3 Taxa de Mortalidade Pós-Operatória

É a relação percentual entre o número de óbitos pós-operatórios ocorridos durante determinado período de tempo e o total de pacientes operados no mesmo período.

$$TMPo = \frac{n.^{\circ} \text{ de óbitos pós-operatórios em determinado período}}{n.^{\circ} \text{ de pacientes operados no mesmo período}} \times 100 \quad (\text{Equação 18})$$

Deve ser aferida por unidade clínica e cirúrgica. Serviços de cirurgia de qualidade alcançam coeficientes inferiores a 0,5% e alguns autores acham que não deve atingir 1%. Óbito pós-operatório é o óbito ocorrido dentro dos 10 primeiros dias após a operação, motivado por hemorragia, infecção, choque, embolia, etc.

3.4 Taxa de Mortalidade por Anestesia

É a relação percentual entre o número de óbitos por anestesia, ocorridas durante determinado período no hospital, e o total de anestésias ministradas no mesmo período.

$$TMA_n = \frac{n.^{\circ} \text{ de óbitos por anestesia durante determinado período}}{n.^{\circ} \text{ de anestésias no mesmo período}} \times 100 \quad (\text{Equação 19})$$

Não é admissível mais que 1 óbito a cada 5 mil anestésias.

3.5 Taxas de Complicações ou Intercorrências

É a relação percentual entre o número de complicações ou intercorrências ocorridas durante um determinado período e o número de altas e óbitos no mesmo período.

$$TCo = \frac{n.^{\circ} \text{ de complicações durante determinado período}}{n.^{\circ} \text{ de saídas no mesmo período}} \times 100 \quad (\text{Equação 20})$$

Complicação é o agravamento de uma situação patológica e em maioria são resultantes das deficiências de cuidados ao paciente. São admitidos valores de 3 a 4% dos casos.

3.6 Média de Permanência

É a relação numérica entre o total de doentes-dia num determinado período e o total de doentes saídos (altas + óbitos). Corresponde ao número médio de pacientes-dia, serviços prestados individualmente a cada paciente em determinado período de tempo.

$$Mpe = \frac{n.^{\circ} \text{pacientes-dia em determinado período}}{n.^{\circ} \text{saídos no mesmo período}} \quad (\text{Equação 21})$$

A média de permanência é também conhecida como tempo médio de permanência, tempo médio de internação, média do tempo de permanência e duração média de permanência. Representa o número de dias em que o paciente permanece internado, resultando alguns fatores que antecedem e seguem a internação. Tais como: um serviço de ambulatório organizado, podendo serem feitos os exames auxiliares de diagnóstico antes da internação e permitindo seguir o tratamento após a admissão, tornando possível uma alta precoce, da política do hospital, da existência de postos de saúde para acompanhamento do paciente, das condições sócio-econômicas da família, da equipe de saúde, etc. São vantagens de baixa permanência o menor tempo de ausência na família, redução do custo da hospitalização, melhor utilização do leito, maior produção de saúde para a coletividade. A média de permanência difere de hospital para hospital segundo a especialidade, o tipo de enfermidade e a política da instituição. Nos hospitais de curta permanência temos em clínica médica 08 dias e em clínica cirúrgica 06 dias. A baixa média de permanência pode traduzir alto nível de atendimento, o que determina recuperação rápida.

3.7 Taxa de Cirurgia Desnecessárias

É a relação percentual entre o total de intervenções cirúrgicas sem comprovada indicação e o total de intervenções em determinado período. Deve ser de no máximo 5%.

$$TCD = \frac{n.^{\circ} \text{ de intervenções não fundamentadas em determinado período}}{n.^{\circ} \text{ de intervenções em determinado período}} \times 100 \quad (\text{Equação 22})$$

3.8 Taxa de Ocupação Hospitalar - TOH

O total de leito-dia é o número de camas ocupadas ou não que estiverem disponíveis para o paciente e, paciente-dia é o número de pacientes que realmente ocupa um leito. A relação entre os leitos disponíveis e ocupados é a taxa de ocupação hospitalar. Ou seja:

Leitos-dia operacionais: Unidade de medida que representa a disponibilidade de um leito hospitalar de internação por um dia hospitalar. Os leitos-dia correspondem aos leitos operacionais ou disponíveis, aí incluídos os leitos extras com pacientes internados, o que significa que o número de leitos-dia pode variar de um dia para outro de acordo com o bloqueio de leitos, por exemplo, por razões de infecção hospitalar ou por motivos relacionados à manutenção, desbloqueio de leitos e pela utilização de leitos extras. O número de leitos-dia operacionais no mês é a somatória dos leitos-dia operacionais de cada do mês SIPAGEH (2006); SCHOUT e NOVAES (2007); CQH (2009).

Pacientes-dia: Unidade de medida que representa a assistência prestada a um paciente internado durante um dia hospitalar. O número de pacientes-dia corresponde ao volume de pacientes que estão pernoitando no hospital em cada dia. O número de pacientes-dia no mês será a somatória de pacientes-dia de cada dia no mês SIPAGEH (2006); SCHOUT e NOVAES (2007); CQH (2009).

$$TOH = \frac{\text{total de pacientes dia no mês}}{\text{total de leitos no mês}} \times 100 \quad (\text{Equação 23})$$

Em um hospital distinguem-se os leitos disponíveis e os leitos realmente ocupados:

Um hospital geral não deve funcionar com 100% de sua capacidade. O ideal é ter uma lotação entre 70% a 85%. Havendo leitos reservados exclusivamente para especialidades, o percentual de ocupação tende a cair, não sendo conveniente deixar leitos exclusivos, a menos que sejam ocupados.

A baixa percentagem de ocupação torna o hospital deficitário economicamente (abaixo de 70%), porque continua com as mesmas despesas físicas diminuindo a receita. A ocupação muito elevada causa sobrecarga de trabalho na preparação de leitos, dificulta a higienização das enfermarias/leitos, prejudica o trabalho da farmácia e sobrecarrega as tarefas administrativas.

3.9 Taxa de Infecção Hospitalar – TIH

A relação percentual entre o número de infecções adquiridas pelo paciente durante a sua permanência na maternidade em determinado período e o número de saídas (altas + óbitos) no mesmo período:

$$TIH = \frac{\text{total de casos novos de infecção no mês atribuíveis ao hospital no mês} \times 100}{\text{total de pacientes saídos (altas+óbitos+evasão+transferência) no mês}} \quad (\text{Equação 24})$$

Esta avaliação visa às infecções pós-operatórias e obstétricas. O coeficiente de forma alguma deve exceder a 2%, caso contrário, deve-se estudar as causas determinantes das infecções.

3.10 Taxa de Recém Nascidos Patológico – TPRN

A relação percentual entre o número de recém nascidos na maternidade com alguma patologia em determinado período e o número de nascidos vivos no mesmo período:

$$TPRN = \frac{\text{total de recém nascidos com alguma patologia no mês} \times 100}{\text{total de nascidos vivos}} \quad (\text{Equação 25})$$

A avaliação de nascidos vivos é tratada como o produto da concepção, independentemente do tempo de gestação, que depois da expulsão ou da extração

completa do corpo materno, respire ou apresente qualquer outro sinal de vida, tal como batimentos do coração, pulsações do cordão umbilical ou movimentos efetivos dos músculos de contração voluntária, estando ou não cortado o cordão umbilical e estando ou não desprendida a placenta. Cada produto de um nascimento que reúna essas condições se considera como uma criança viva.

Neste capítulo foi apresentada a descrição dos principais indicadores Hospitalares adotados na área da saúde e estabelecidos pela ANVISA.

4. METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos que nortearam a pesquisa. Nele serão apresentados a caracterização da pesquisa, o campo de investigação e a instituição envolvida no estudo de caso. Apresentam-se, ainda, instrumentos utilizados para a coleta de dados e a forma como foram analisados e tratados os dados obtidos no decorrer da pesquisa.

4.1 Tipo de Pesquisa

Para Yin (2010), o método de pesquisa, estudo de caso é usado em muitas situações para contribuir ao nosso conhecimento dos fenômenos individuais, grupais, organizacionais, sociais, políticos e relacionados.

Baseado na taxionomia de Vergara (2007), este estudo classifica-se quanto aos fins e quanto aos meios:

a) Quanto aos fins

A Pesquisa classifica-se em Descritiva, pois expõe características de determinada população ou determinado fenômeno. Irá descrever a pesquisa que pretende não só para analisar os dados, mas esclarecer através dos gráficos a coleta de dados na maternidade. Pode também esclarecer correlação entre variáveis e definir sua natureza. Vergara (2007, p. 47) destaca que: “[...] expõe características de determinada população ou determinado fenômeno. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base tal explicação. ”

b) Quanto aos meios de investigação

A Pesquisa classifica-se de Campo, pois contemplará observações, comparações e simulações de tempo em fenômenos e decisões ocorridos e a ocorrer.

Posto isto, a pesquisa classifica-se também como bibliográfica, por ser um estudo estatístico de gráfico de controle desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral.

Além disso, a pesquisa se classifica em Estudo de Caso, por esta circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como, empresa, órgão público, comunidade ou mesmo país, tendo ainda o caráter de profundidade e detalhamento.

Assim, para o estudo supracitado, a definição caracteriza-se como estudo de caso de pesquisa, tendo como unidade de pesquisa uma maternidade na cidade de Manaus. Gil (2010) apontou o estudo de caso como uma forma profunda e exaustiva do estudo de um ou poucos objetos, de forma que o conhecimento amplo e detalhado seja permitido. Exige um estudo intensivo, em que se considera, em específico, a compreensão como um todo do conteúdo pesquisado, isto é, trazendo a necessidade de uma fundamentação teórica consistente e capaz de trazer a compreensão do todo.

4.2 Universo

O universo da pesquisa refere-se as Maternidades de Manaus, objetivando diretamente as internações de mulheres grávidas.

4.3 Amostra

Para a definição de amostra, foi utilizado a amostragem não probabilística do tipo intencional, que consiste no julgamento da identificação de amostras representativas da população alvo. No caso, a maternidade que melhor respondeu ao objetivo da pesquisa, além de ser a única que se dispôs a ceder a série histórica dos indicadores, foi a Maternidade do Alvorada.

4.4 Coleta de Dados

Segundo Gil (2010), estudo de caso pode ser considerado um delineamento em que são utilizados diversos métodos e técnicas de coleta de dados, como por exemplo, a observação, a entrevista e a análise de documentos.

A presente pesquisa iniciou-se com uma parceria estabelecida entre a Maternidade do Alvorada por meio dos dirigentes da instituição pública através do setor de dados. Esta condição permitiu o acesso às informações existentes em relatórios técnicos hospitalares (Mapa de Produção) do ano de 2010 a 2014, tendo sido as mesmas utilizadas no processo de análise dos dados levantados. Portanto a

coleta de dados deu-se através de:

Pesquisa documental junto a maternidade pública estadual, com o objetivo de descrever a análise estatística dos gráficos de controle dos processos hospitalares. Os Indicadores Hospitalares cedidos pela Maternidade do Alvorada para a realização do estudo foram:

- i) Taxa de Ocupação Hospitalar (TOH)
- ii) Taxa de Infecção Hospitalar (TIH)
- iii) Taxa de RN's Patológico Hospitalar (TPRN)

A organização do banco de dados foi elaborada em planilha eletrônica (Microsoft Excel) para as análises estatísticas e posteriormente os dados foram exportados ao software Action para as análises gráficas.

4.5 Procedimentos de Tratamento e Análise dos Dados

Após a coleta de dados e a revisão do banco de dados, o trabalho desenvolveu-se em várias etapas: o estabelecimento das semelhanças entre os conceitos da área da saúde com os do CEP, a descrição dos principais indicadores de desempenho hospitalar adotados na área da saúde, a realização de uma análise descritiva e posteriormente testes de normalidade para as variáveis, usando o teste de Kolmogorov-Smirnov por meio do software R, onde tal verificação é uma exigência das técnicas tradicionais dos gráficos de controle, para finalmente indicar os Parâmetros do Gráficos Shewhart e EWMA após a confirmação de normalidade e independência dos dados e por fim construir e analisar o desempenho dos Gráficos de Controle propostos, utilizando o software Action.

4.6 Divulgação do Resultados

As informações relevantes obtidas desta pesquisa serão divulgadas em forma de artigos publicados, revistas ou periódicos especializados. Além disso, será encaminhado aos gestores da Maternidade do Alvorada para que tenham conhecimento dos resultados obtidos, que podem servir de suporte para tomada de decisão no processo de gerencial hospitalar.

Neste capítulo apresentou-se as variáveis analisadas assim como a estratégia analítica dessa pesquisa.

5. RESULTADOS

No capítulo 5 são apresentados os resultados e aplicação da metodologia apresentada, além das características da Maternidade do Alvorada. No item 5.2 apresentam-se as estatísticas descritivas e a aplicação das cartas de controle propostas

5.1 Características da Maternidade

Localizada na rua 7 s/n no bairro Alvorada, zona Centro Oeste do município de Manaus. telefone: (92) 3238-4502, e-mail: mat_alvorada@saude.am.gov.br. A maternidade hoje atende com a capacidade de 24 leitos e realiza em média cerca de 180 partos por mês. Recebeu a certificação de Hospital amigo da criança, onde se cumpriu alguns pré-requisitos, dentre eles destacam-se o funcionamento de um comitê de investigação de óbitos maternos, infantis e fetais e a realização dos “Dez Passos para o Sucesso do Aleitamento Materno”, propostos pela OMS e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância.



Figura 5: Frente da Maternidade

5.2 Análise Descritiva

Na organização do controle de qualidade na Unidade Hospitalar, o objetivo é buscar constantemente melhorias no acompanhamento dos seus indicadores, para obter parâmetros fidedignos que facilitem a tomada de decisão. Para isso é

necessário, uma pré análise dos dados, onde optou-se pela utilização do software Microsoft Excel para mostrar a evolução mensal dos indicadores e as médias anuais dos mesmos no período, de 2010 a 2014 como é mostrado a seguir:

- **Taxa Mensal de Ocupação Hospitalar – TOH:**

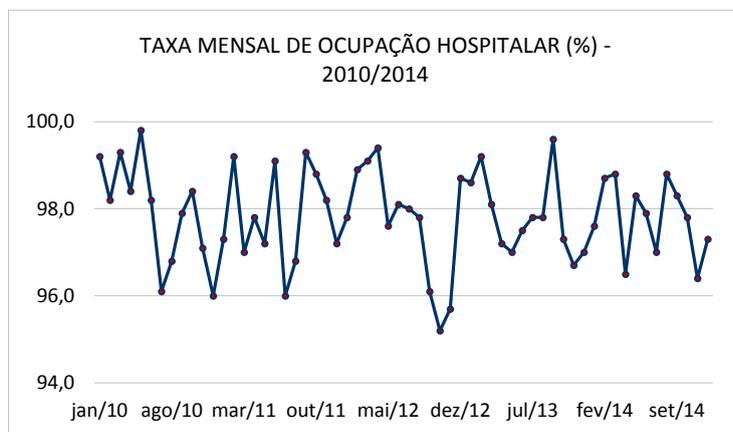


Gráfico 1: Taxa mensal de ocupação hospitalar

Gráfico 2: Média Anual da TOH.

A Taxa de Ocupação Hospitalar (TOH) apresentou média geral de 97,8% com desvio padrão de 0,58%, que representa uma variabilidade de apenas 0,0034%. Em metade do período observado a TOH foi inferior a 97,8% e na outra metade foi superior a este valor. A menor taxa foi de 95,2% no mês de outubro de 2012 e a maior 99,8% no mês de maio de 2010, como pode ser percebido no gráfico 1. Como já foi dito no item 3.1, de acordo com a ANVISA, o ideal de um hospital é ter uma lotação entre 70% a 85%. No caso da maternidade do Alvorada todas as taxas mensais ultrapassaram esse limite. O gráfico 2 mostra que o ano com a maior taxa de ocupação foi em 2010 com 98%, e o ano com menor taxa foi em 2012 com 97,7%, ficando ainda assim longe do limite máximo ideal.

- **Taxa Mensal de Infecção Hospitalar – TIH:**

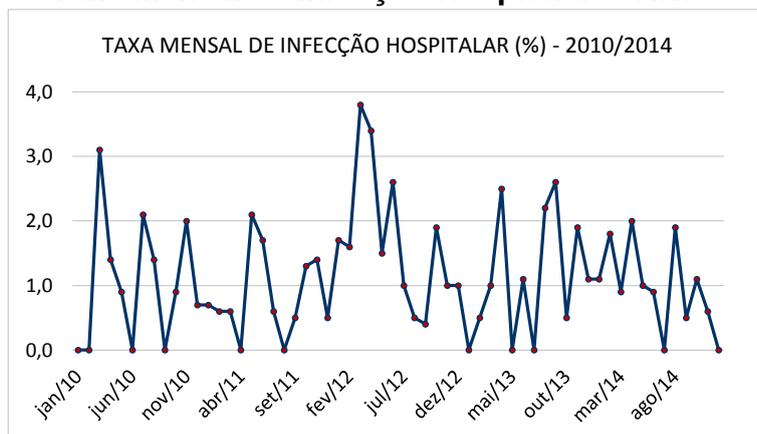


Gráfico 3: Taxa mensal de Infecção Hospitalar

Gráfico 4: Média Anual da TIH.

Para a TIH apresentou média geral de 1,1% com desvio padrão de 0,4%, que representa uma variabilidade muito pequena de apenas 0,0016%. Em metade do período observado a TIH foi inferior a 1% e na outra metade foi superior a este valor. A maior taxa de infecção hospitalar foi de 3,8% no mês de março de 2012, como pode ser percebido no gráfico 3. Para o caso de Infecção Hospitalar, o coeficiente de forma alguma deve exceder a 2%, caso contrário, deve-se estudar as causas determinantes das infecções. No caso da maternidade 9 dos 60 meses estudados foram além desse limite. Porém suas taxas médias anuais se mantiveram todas abaixo do limite máximo de 2% como mostra o gráfico 4.

- **Taxa de RN'S Patológico Hospitalar – TPRN:**

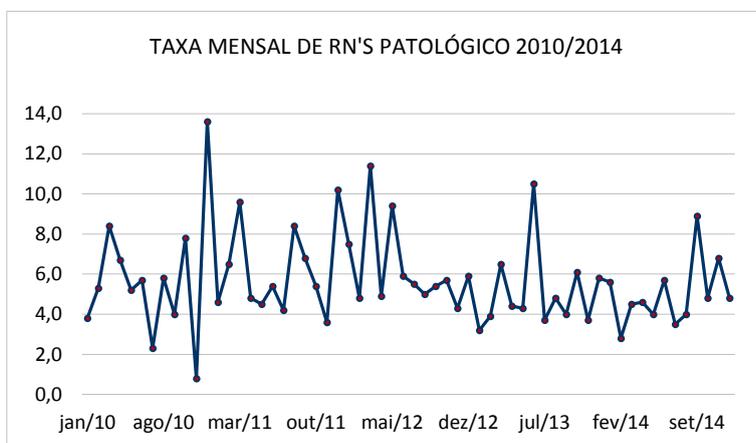


Gráfico 5: Taxa mensal de RN's patológico hospitalar



Gráfico 6: Média anual da TPRN

Para a TPRN apresentou média geral de 5,7% com desvio padrão de 1,32%, que representa uma variabilidade de apenas 0,018%. Em metade do período observado a TPRN foi inferior a 5,3% e na outra metade foi superior a este valor. A menor taxa foi de 0,8% no mês de novembro de 2010 e a maior 13,6% no mês de dezembro de 2010, seguido do mês de março de 2012 com 11,4%, como mostra o gráfico 5. No entanto as taxas médias anuais não ultrapassaram 6,3%, como mostra o gráfico 6.

5.3 Aplicação das Cartas de Shewhart para a Média e Amplitude (\bar{X} e R)

Para uma aplicação adequada, tanto das cartas de controle de Shewhart como dos gráficos EWMA, torna-se necessário também a verificação dos pressupostos de normalidade e independência, exigidos pelas técnicas tradicionais dos gráficos de

controle, é sugerido a utilização do teste de Kolmogorov-Smirnov, para tal foi utilizado o *software R*, por ser um programa de fácil acesso, gratuito e muito recomendado pela comunidade acadêmica.

Quadro 2: Resultados do Teste Kolmogorov-Smirnov dos indicadores:

Taxas	Regra de decisão: Se o p-valor do teste for menor que o nível de significância adotado, Rejeita-se a hipótese nula: H_0 , conforme o item 2.5.			
	p-value do Teste	Nível de significância adotado	Teste	Decisão
TOH	0,86	0,05	$0,86 > 0,05$	Aceita H_0
TIH	0,25	0,05	$0,25 > 0,05$	Aceita H_0
TPRN	0,06	0,05	$0,06 > 0,05$	Aceita H_0

Fonte: Wivian Garcia

Portanto de acordo com a regra de decisão para todas as taxas aceitamos H_0 a um nível de significância de 5%, o que significa que todos os dados têm distribuição Normal. Onde também pode ser verificado pela Figura 6, por meio do gráfico de probabilidade Normal é possível julgar se os dados se ajustam a uma distribuição Normal pela visualização de como os pontos distribuem-se sob a linha. Quanto mais próximo os pontos estiverem da linha contínua mais será válida a suposição de normalidade dos resíduos. Logo pode-se dizer que os resíduos seguem uma distribuição Normal.

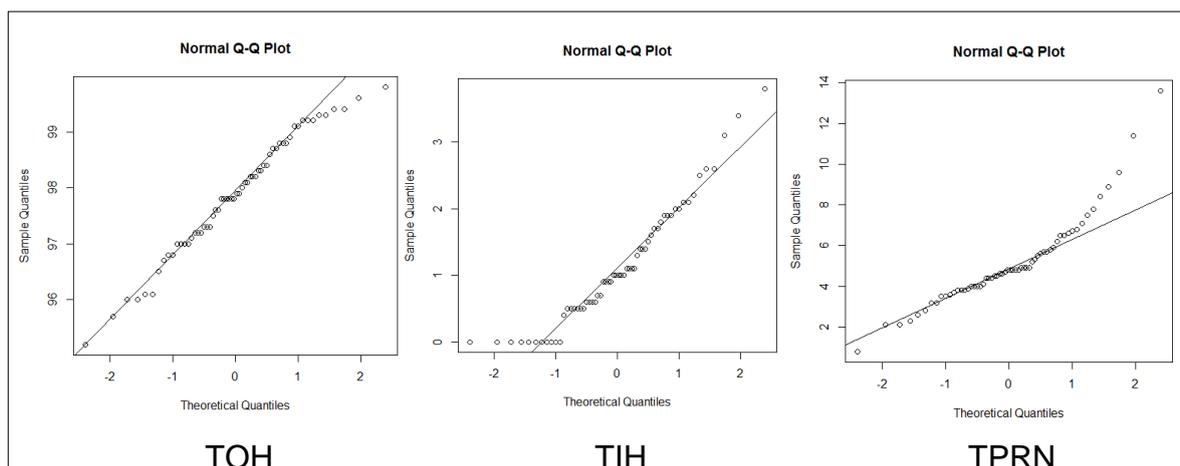


Figura 6: Representação gráfica dos Testes de Normalidade

Portanto, uma vez atendida às exigências de normalidade podemos assim finalmente construir as cartas de controle, primeiramente as cartas \bar{X} e R, logo após EWMA, inicialmente indicando seus parâmetros e posteriormente utilizando o *software Action no Excel*, para a plotagem dos gráficos conforme abaixo:

5.3.1 Indicação dos Parâmetros e Construção das Cartas \bar{X} e R.

Abaixo temos o quadro com dados descritivos dos indicadores, necessários para a composição das cartas:

Quadro 3: Dados descritivos dos Indicadores Propostos

Ano	TOH		TIH		TPRN	
	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}	R
Janeiro	98,1	1,9	0,7	1,7	4,9	4,3
Fevereiro	98,8	1,0	0,9	1,8	4,7	3,7
Março	98,4	2,3	1,9	3,2	8,1	7,0
Abril	97,9	2,8	1,9	3,4	5,1	2,3
Mai	98,0	2,8	1,1	2,1	5,5	5,4
Junho	98,2	1,5	1,3	2,6	6,7	5,2
Junho	97,0	2,0	0,7	2,1	3,9	3,2
Agosto	97,6	2,0	1,2	2,2	5,6	4,4
Setembro	98,3	3,5	0,8	2,6	5,8	4,9
Outubro	97,5	3,6	1,2	1,4	6,0	2,9
Novembro	96,8	2,5	1,4	1,4	3,9	6,0
Dezembro	97,2	2,7	0,6	1,1	8,0	8,8
Médias	$\bar{\bar{X}} = 97,8$	$\bar{\bar{R}} = 2,4$	$\bar{\bar{X}} = 1,1$	$\bar{\bar{R}} = 2,1$	$\bar{\bar{X}} = 5,7$	$\bar{\bar{R}} = 4,8$

Fonte: Wivian Garcia

De acordo com a Equação 6 para definir os limites de \bar{X} e Equação 8 (pag.32) para os limites de R, segue abaixo os cálculos para os parâmetros das Taxas escolhidas. Dado $n=5$ (5 anos estudados), onde A_2 , D_3 e D_4 são constantes que dependem de n e encontra-se tabelados no Anexo A, temos portanto, $A_2 = 0,577$, $D_3 = 0$ e $D_4 = 2,114$.

Taxa de Ocupação Hospitalar - (TOH):

Parâmetros do Gráfico \bar{X} :

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{\bar{R}} \Rightarrow 97,8 + 0,577 \times 2,4 = 99,2$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \Rightarrow 97,8$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{\bar{R}} \Rightarrow 97,8 - 0,577 \times 2,4 = 96,4$$

Parâmetros do Gráfico R:

$$LSC = D_4\bar{\bar{R}} \Rightarrow 2,114 \times 2,4 = 5,1$$

$$LC = \bar{\bar{R}} \Rightarrow 2,4$$

$$LIC = D_3\bar{\bar{R}} \Rightarrow 0 \times 2,4 = 0$$

Gráfico \bar{X} e R para Taxa de Ocupação – TOH

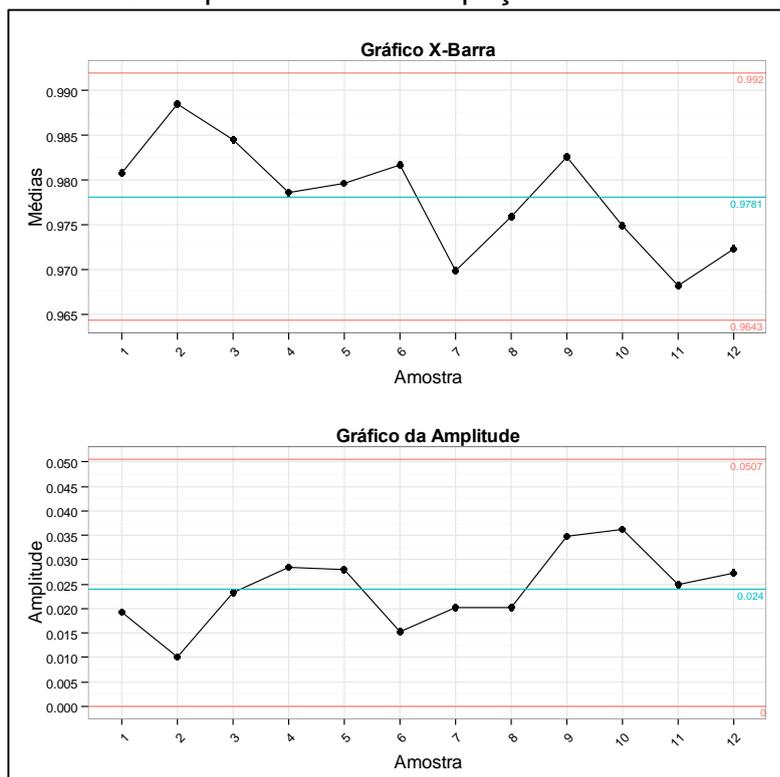


Gráfico 7: \bar{X} e R para TOH

Analisando o gráfico de controle \bar{X} observou que, para a variável TOH não ocorreu qualquer indicação de causas especiais ou assinaláveis, tais como: Pontos fora do limite de controle ou uma tendência do aumento ou queda gradual no nível das médias.

Taxa de Infecção Hospitalar - (TIH):

Parâmetros do Gráfico \bar{X} :

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \Rightarrow 1,1 + 0,577 \times 2,1 = 2,3$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \Rightarrow 1,1$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \Rightarrow 1,1 - 0,577 \times 2,1 = 0,11$$

Parâmetros do Gráfico R:

$$LSC = D_4\bar{R} \Rightarrow 2,114 \times 2,1 = 4,4$$

$$LC = \bar{R} \Rightarrow 2,1$$

$$LIC = D_3\bar{R} \Rightarrow 0 \times 2,1 = 0$$

Gráfico \bar{X} e R para Taxa de Infecção – TIH

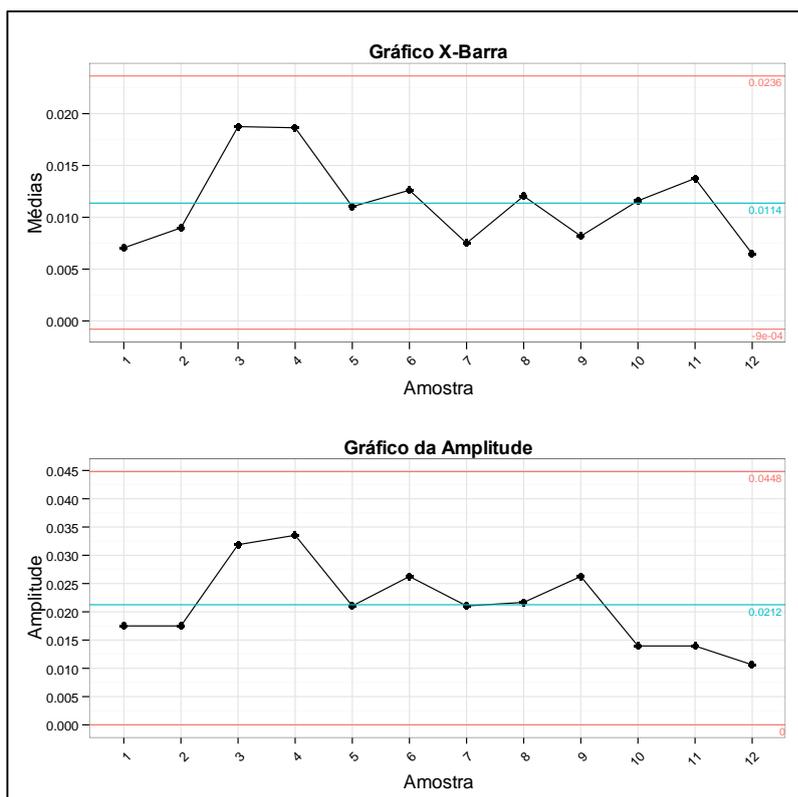


Gráfico 8: \bar{X} e R para TIH

Analisando o gráfico de controle \bar{X} , observou-se que para a variável TIH também não ocorreu nenhuma indicação de causas especiais de acordo com o item 2.3.2.

Taxa de RN's com alguma Patologia - (TPRN):

Parâmetros do Gráfico \bar{X} :

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \Rightarrow 5,7 + 0,577 \times 4,8 = 8,5$$

$$LC = \bar{\bar{X}} \Rightarrow 5,7$$

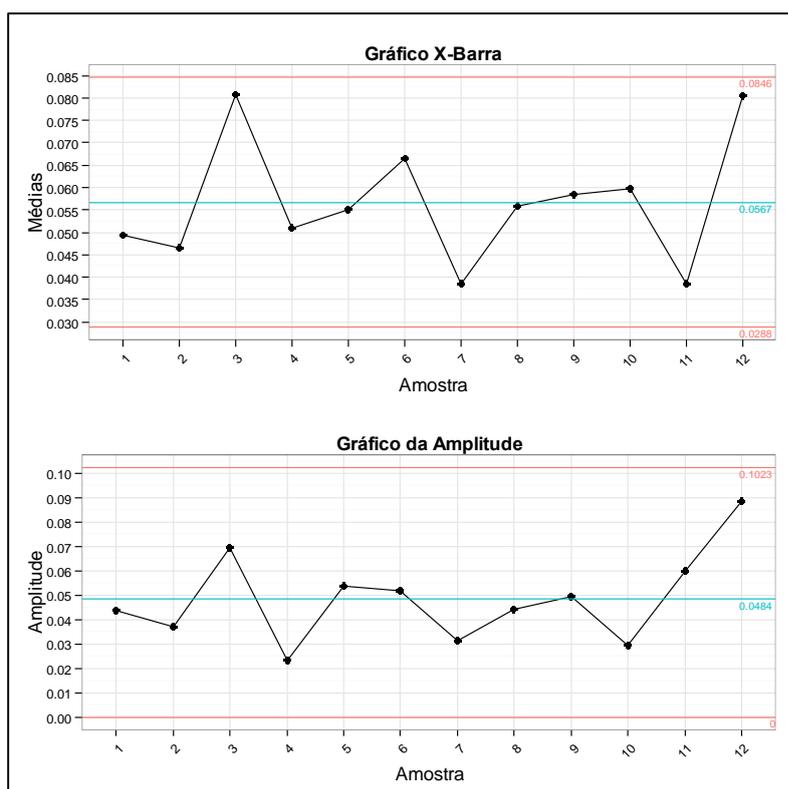
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \Rightarrow 5,7 - 0,577 \times 4,8 = 2,9$$

Parâmetros do Gráfico R:

$$LSC = D_4\bar{R} \Rightarrow 2,114 \times 4,8 = 10,15$$

$$LC = \bar{R} \Rightarrow 4,8$$

$$LIC = D_3\bar{R} \Rightarrow 0 \times 4,8 = 0$$

Gráfico \bar{X} e R para Taxa de RN's com alguma Patologia – TPRNGráfico 9: \bar{X} e R para TPRN

Também neste caso todos os pontos estão dispostos dentro dos limites de controle em ambos os gráficos de forma aleatória, considera-se portanto que o processo está sob controle. Porém podemos destacar que houve uma larga subida no mês 3 e no mês 12, o que seria um caso de verificação de alguma causa especial para esses pontos.

Um bom caminho para melhorar a sensibilidade do procedimento de controle para grandes mudanças, sem sacrificar a capacidade de detectar pequenas mudanças rapidamente, é combinar os gráficos de Shewhart com o EWMA.

5.4 Indicação dos Parâmetros do Gráfico EWMA

$Z_0 = \mu_0$ é o valor inicial requerido com a primeira amostra e é igual ao valor objetivo do processo μ_0 . Muitas vezes, a média das observações é usada como valor inicial do método de EWMA, tendo-se então: $Z_0 = \bar{X}$. Portanto de acordo com a Equação 15 (pag.34) podemos então definir os limites dos gráficos EWMA. Onde para o fator de ponderação foi usado $\lambda = 0,05$, a escolha justifica-se pois para valores λ

entre 0,05 e 0,25 e os usuais 3 desvios padrões (comum em uma política Seis Sigma), em geral conduzem a resultados satisfatórios, MONTGOMERY (2004). Após a aplicação na Equação 15 o software Action nos forneceu os resultados a seguir:

Taxa de Ocupação Hospitalar - (TOH):

$$\mu_0 \Rightarrow 0,978$$

<i>Tabela Resumo</i>	
	<i>Valor</i>
Observações	12
Linha Central	0,97816667
Desvio padrão	0,005077369
Parâmetro de Suavização	0,2
N sigma	3

Tabela 2: Parâmetros da TOH para o gráfico EWMA

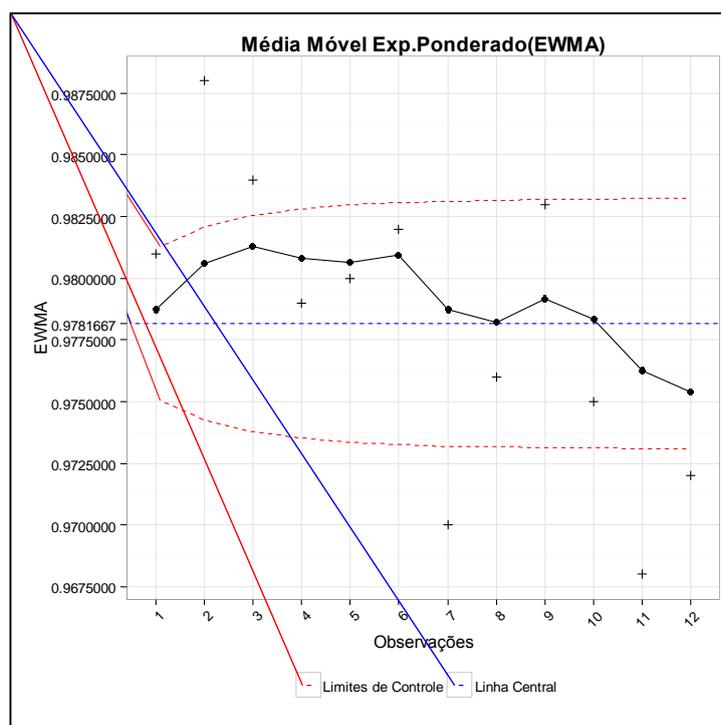


Gráfico 10: EWMA para TOH

Observa-se que o processo está sob controle estatístico, o qual indica um bom comportamento no que diz respeito a taxa de ocupação, não em termos de eficiência e sim em estabilidade do processo pois não há uma variação suficiente para que algum ponto do gráfico exceda os limites de controle.

Taxa de Infecção Hospitalar - (TIH):

$$\mu_0 = 0,011$$

<i>Tabela Resumo</i>	
	<i>Valor</i>
Observações	12
Linha Central = μ_0	0,011374401
Desvio padrão	0,003826484
Parâmetro de Suavização	0,2
N sigma	3

Tabela 3: Parâmetros da TIH para o gráfico EWMA

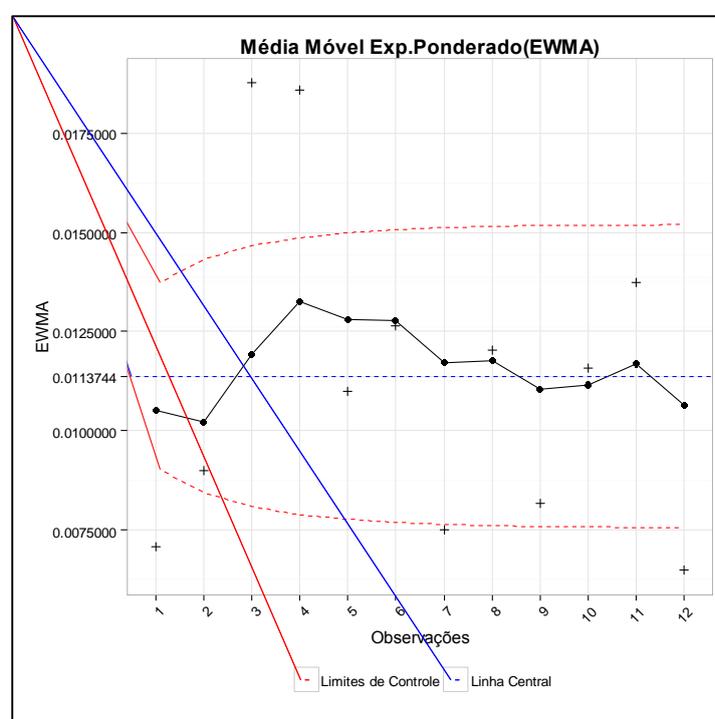


Gráfico 11: EWMA para TIH

Por fim, para este indicador observa-se que o processo está em controle estatístico, pois as variações não foram suficientes para que os limites de controle fossem extrapolados. O gráfico detecta também a mudança na taxa de infecção ocorrida a partir do ponto 2, indicando que houve um aumento da taxa de infecção nesse período.

Taxa de RN's com alguma Patologia - (TPRN):

$$\mu_0 = 0,057$$

Tabela Resumo	
	Valor
Observações	12
Linha Central = μ_0	0,05670188
Desvio padrão	0,01566091
Parâmetro de Suavização	0,2
N sigma	3

Tabela 4: Parâmetros da TPRN para o gráfico EWMA

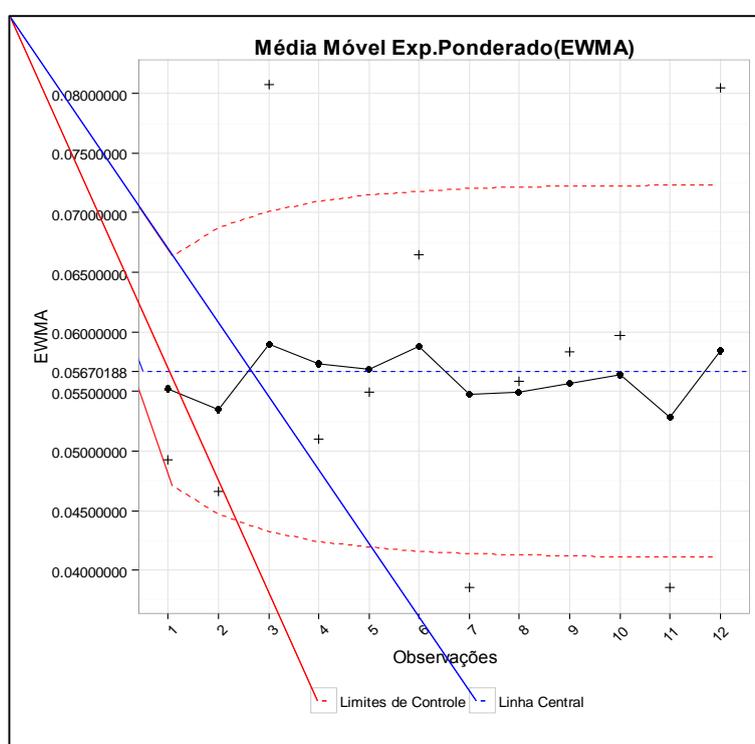


Gráfico 12 EWMA para TPRN

Para TPRN o gráfico teve o mesmo comportamento dos demais, o processo está em controle estatístico, pois as variações não foram suficientes para que os limites de controle fossem ultrapassados.

5.5 Discussão dos Resultados

Na busca por melhores resultados em organizações de saúde, o trabalho trás a proposta da utilização dos gráficos Shewhart e EWMA, no monitoramento estatístico dos indicadores de desempenho hospitalar, afim de detectar qualquer alteração no processo de uma maternidade. Estes gráficos de controle combinados são eficientes contra grandes e pequenas mudanças no processo. Além disso, os gráficos \bar{X} e R propiciam uma implementação mais simples, mas são ineficientes para detectar pequenos desvios e insensíveis para emitir sinal de alerta preventivo.

Na aplicação dos gráficos de \bar{X} e R para taxa de ocupação, foi dito no item 3.1 que um hospital não deve funcionar com 100% de sua capacidade, o ideal é ter uma lotação entre 70% a 85%, e todas nossas taxas mensais de ocupação ultrapassaram esses limites como mostra o Gráfico 10. Por outro lado a baixa porcentagem de ocupação torna o hospital deficitário economicamente (abaixo de 70%), porque continua com as mesmas despesas físicas diminuindo a receita. A ocupação muito elevada causa sobrecarga de trabalho na preparação de leitos, dificulta a higienização das enfermarias, prejudica o trabalho da farmácia e sobrecarrega as tarefas administrativas. Por isso é de extrema importância que ocorra o monitoramento dessa ocupação, e que se adotem medidas para que essa taxa não exceda os limites indicados pela ANVISA, onde mostra claramente que o sistema de internação necessita de um incremento no número de leitos, para que assim se tenha uma maior qualidade no serviço prestado à população.

Para a Taxa de Infecção podemos observar que o coeficiente de forma alguma deve exceder a 2%, conforme foi dito no item 3.2, caso contrário deve-se estudar as causas determinantes das infecções, e todas nossas taxas mensais de infecção não ultrapassaram esses limites, chegando ao máximo de 1,9% no mês 3 e 4 como mostra o Gráfico 7. É de grande importância que ocorra o monitoramento de modo contínuo dessa taxa, e que se adotem medidas urgentes e que essa taxa não exceda os limites indicados pela ANVISA.

Todos os gráficos mostraram os pontos dispostos dentro dos limites, ou seja sob controle. Porém podemos destacar que houve uma larga subida no mês 3 e no mês 12 na taxa de recém nascidos com alguma patologia, que seria um caso de verificação de alguma causa especial para esses pontos. Os especialistas da área

diante dos números analisados, poderiam tomar providências de prevenção sobre o que causou esse aumento do número de recém nascidos com alguma patologia mesmo que ainda sob controle. Poderíamos por exemplo, diante do acompanhamento contínuo por meio desta ferramenta, monitorar os casos de patologia, como foi o caso microcefalia, ocorrido em 2015 e 2016, e investigar o que estaria causando o aumento desse índice. De acordo com Moreira, Mel., Lopes, JMA e Carvalho, M., 2014, seguem algumas sugestões para prevenções de recém nascidos com patologias, destacam-se: aumentar a cobertura e a concentração do atendimento pré-natal, proporcionando iguais oportunidades de utilização desses serviços a toda população; melhorar a qualidade da assistência ao parto, (parteiras tradicionais) e diminuindo o número de cesáreas desnecessárias; aumentar os índices de aleitamento materno, fornecendo condições para a implantação do alojamento conjunto; implantar ou ampliar as atividades de identificação e controle do câncer cérvico-uterino e de mama; implantar ou ampliar as atividades de identificação e controle das doenças sexualmente transmissíveis.

Um bom caminho para melhorar a sensibilidade do procedimento de controle para grandes mudanças, sem sacrificar a capacidade de detectar pequenas mudanças rapidamente, é combinar os gráficos de Shewhart com o EWMA. Os gráficos EWMA, são eficientes para detectar pequenos desvios e, em tempo real, emitem sinais de alerta precoces mais rapidamente que os demais, suprindo a deficiência das cartas de Shewhart, ou seja, incorpora diretamente o comportamento passado no ponto presente. O procedimento consiste em adicionar os limites de Shewhart ao gráfico EWMA, de tal forma que, um sinal fora de controle, seja detectado pelos valores passados e pela observação atual. Observou-se que para todas as taxas o processo está sob controle estatístico também para o gráfico EWMA, o qual indica um bom comportamento no que diz respeito a TOH, TPRN e para TIH apesar de também não apresentar uma variação suficiente para que os limites de controle fossem extrapolados, vale ressaltar que em ambos os gráficos foi detectado uma mudança na taxa de infecção ocorrida a partir do ponto 2 do gráfico \bar{X} , indicando que houve um aumento da taxa de infecção, esse aumento fica ainda mais evidente nos pontos 2 e 3 do gráfico EWMA. O EWMA também pode ser utilizado para se fazer previsões, podendo ser útil para determinar um apropriado feedback ao ajustamento da média do processo, pois com a previsão, sempre se saberá o possível comportamento do processo um passo à frente.

6 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A elaboração desse trabalho desenvolveu-se em várias etapas: o estabelecimento das semelhanças entre os conceitos da área da saúde com os do CEP, a descrição dos indicadores de desempenho hospitalar, a indicação dos parâmetros dos gráficos de controle propostos e a aplicação e análise desses gráficos junto a Maternidade do bairro Alvorada.

Com a aplicação da metodologia para construção de gráficos de controle, verificou-se que os métodos aqui apresentados e exemplificados constituem, seguramente, um importante suporte de orientação e apoio para os profissionais envolvidos no gerenciamento de processos na área da saúde. O desenvolvimento e o uso adequado de técnicas estatísticas são fundamentais para uma empresa melhorar e manter a qualidade e produtividade. Montgomery (2000) apresentou o vínculo entre qualidade e produtividade afirmando não ser fácil atingir qualidade nos negócios. No controle de processo, utilizam-se os dados rotineiramente coletados e dispõe-se desta informação de forma prática para que todos os funcionários envolvidos atuem na melhoria do processo, tomando a decisão mais adequada além do custo de implementar estas melhorias em qualidade e produtividade ser quase insignificante, pois há vários softwares que podem ser usados gratuitamente, entretanto como sugestão, deve-se treinar os profissionais envolvidos para o melhor uso da ferramenta. O uso sistemático de gráficos de controle é uma excelente maneira de reduzir a variabilidade. Os benefícios seriam significativos, devido ao grande número de variáveis que poderiam ser controladas num ambiente hospitalar ou em qualquer outro setor de saúde.

Para pesquisas futuras sugere-se: aplicar os gráficos CUSUM e reavaliar os resultados para outros tipos de gráficos de controle e indicadores de saúde; ampliar a pesquisa para outros estabelecimentos de saúde da região, além de divulgar a aplicabilidade dessas metodologias com intuito de simplificar sua implementação, promovendo palestras também em hospitais.

Espera-se que esse trabalho possa colaborar, significativamente, na melhoria dos processos que envolvam a área da saúde, o qual tem se mostrado muito problemático nos últimos anos na cidade de Manaus. É preciso avaliar a precisão dos indicadores e seus parâmetros e colocar a escolha do melhor Indicador como estudos futuros. A seleção e construção de indicadores deve ser orientada pelas indagações

que o gestor faz sobre as atividades do sistema e/ou serviços sob sua responsabilidade. A partir destas perguntas, são decididos os indicadores essenciais para avaliar o desempenho e os resultados desejados. Deve-se ressaltar que qualquer intervenção no sentido de melhorar a saúde das pessoas, é de extrema importância devido à repercussão que isso trará para os beneficiados em outros setores, como o pessoal, familiar e no âmbito profissional.

Desenvolver determinantes de qualidade e produtividade em saúde (privada ou pública) depende de pesquisa e investimentos. Embora o interesse seja crescente pela realização de estudos desbravadores e de novos caminhos em busca da qualidade total, ainda há muito a ser feito. Na verdade, pouco se tem conseguido avançar em relação à prevenção de falhas, ou seja, falta descobrir mecanismos de controle da qualidade clínica, aquela percebida pelos profissionais de saúde.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. C. **Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos**. Florianópolis. Dissertação de mestrado do Centro Tecnológico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

ALVES DOS SANTOS, José Antonio; Prevot Nascimento, Rejane; Bernardes de Andrade, Rui Otávio; Martins dos Santos, Vânia. **O papel de uma Universidade Corporativa para o desenvolvimento da aprendizagem organizacional: análise de uma empresa de serviços de saúde**. Revista de Ciências da Administração, vol. 14, n. 34, p. 91-102, dez. 2012. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg9/anais/T13_0674_3481.pdf. Acesso em: 20 mar. 2015.

ALVES, R. G. **Utilidade do Diagrama de Controle de Doenças na Previsão e Controle de Epidemias**. 2004. 116f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Faculdade de Medicina e Núcleo de Estudos de Saúde Coletiva / Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ALWAN, L. C.; ROBERTS H. V. Time-Series Modeling for Statistical Process Control. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 6, n. 1, p. 87-95, jan. 1988.

APM/CRM-SP - ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA e CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa de Avaliação e Controle da Qualidade do Atendimento Médico-Hospitalar, São Paulo, 1992**. Informativo CQH. (CQH- Informativo, ano I, nº 3, julho 1992).

ANVISA ONA, <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/avalia/indicadores/toh.htm>, 2006.

BENNEYAN, J.C. Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology - Part II: chart use, statistics properties, and research issues. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v.19, n.4, p.265-283, 1998.

BENNEYAN, J.C. Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology - Part I: introduction and basic theory. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v.19, n.4, p.194-214, 1998.

BENNEYAN, J.C. Number-between g-type statistical quality control charts for monitoring adverse events. **Health Care Management Science**, v.4, p.305-318, 2001.

BLUMENFELD, S.N. Quality assurance in transition. **Papua New Guinea Medical Journal**, v.36, n.2, p.81-89, 1993.

BOX, G.E.P., JENKINS, G.M. **Time series analysis**. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BROOKMEYER, R; STROUP, D.F. **Monitoring the health of populations: statistical principles e methods for public health surveillance**. New York: Oxford University press; 2004.

BRUCE, J. Fundamental elements of the quality of care: A simple framework. **Studies in Family Planning**, v.21, n.2, p.61-91, 1990.

BUCHANAN, F.D.; BATALDEN, P.E. Knowledge for improvement: Initiating continual improvement at the Hospital Corporation of America. In: Goldfield, N. and Nash, D.H., eds. Providing quality care: Future challenges. 2nd ed. **Ann Arbor, Michigan, Health Administration Press**. 1995, p.99-114.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

COSTA, A.J.L. **Revisão das Técnicas Estatísticas propostas na Literatura para Detecção de Epidemias de Doenças Infecciosas**. 95p. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1995.

COSTA S.G., CASTRO P.S., KOWALSKI I.S.G., FORTES T. **A importância do Controle de Qualidade nas Instituições**, Universidade Paulista, São Paulo, 2007.

CULLEN, J.R.; CHITPRAROP, U.; DOBERSTYN, E.B.; SOMEBATWATTANANGKUL, K. An epidemiological early warning system for malaria control in northern Thailand. **Bulletin of the World Health Organization**, v.62, n.1, p.107-114, 1984.

DIPRETE, B.L.; FRANCO, L.M.; RAFEH, N.; HATZELL, T. **Quality assurance of health care in developing countries**. Bethesda, Maryland, Quality Assurance Project, Center for Human Services. 1993, 27p.

DONABEDIAN, A. The definition of quality: A conceptual exploration. in: Explorations in quality assessment and monitoring: The definition of quality and approaches to its assessment. v.1. **Ann Arbor, Michigan, Health Administration Press**. 1980, p.3-28.

FARRINGTON, P.A.N. **Outbreak detections: application to infectious disease surveillance**. In: BROOKMEYER, R; STROUP, D.F. Monitoring the health of populations: statistical principles e methods for public health surveillance. New York: Oxford University press; 2004. p.203-230.

FELDMAN, L.B.; GATTO, M.A.F.; CUNHA, I.C.K.O. **História da evolução da qualidade hospitalar: dos padrões a acreditação**. Acta Paulista de Enfermagem, v.18, n.2, pp.213-219, 2005.

FIGUEIRA, P. A. et al. **Notificação do Número de Casos de Hepatite no Estado do Pará via Gráficos de Controle**. In: 56a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria e 14o Simpósio de Estatística Aplicada à

Experimentação Agronômica, Maringá, Brasil, 2011. Maringá, 2011.

FRISÉN, M. **Evaluations of methods for statistical surveillance**. *Statistics in Medicine*, v.11, n. 11, p.1489 – 1502, 1992.

GAUTÉRIO, E.G; MATTOS, V. L.D. (2014); **Utilização de controle estatístico de processo na avaliação de desempenho acadêmico**. *Produção Online*, Florianópolis, v. 14, n. 2, p. 744-763.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

HENNING, E.; et.al.(2014); **Um estudo para aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade de água potável**. *Sistema e Gestão*, v. 9, n.1, p. 2-13.

HUBER, D. **Proposed approach for medical quality of care in family planning/reproductive health services supported by Pathfinder International**. 1994, 111p.

HULL, V.J. Improving quality of care in family planning: How far have we come? **Jakarta, Indonesia, Population Council**, 1996. (South and East Asia Regional Working Papers N° 5).

HUNTER, J.S. The exponentially weighted moving average. **Journal of Quality Technology**, v.18, p.203-210, 1986.

Kluck, M. M. ; PROMPT, C. A. ; FERREIRA, J. ; GUIMARÃES, J. R. . **A Gestão da qualidade Assistencial do Hospital de Clínicas de Porto Alegre**: implementação e validação de indicadores. *RAS. Revista de Administração em Saúde* , v. 4, p. 27-32, 2002.

KRITCHEVSKY, S.B.; SIMMONS, B.P. Continuous quality improvement: Concepts and applications for physician care. **Journal of the American Medical Association**, v.255, n.13, p.1817-1823, 1991.

LAURENTI, R. et al. **Estatísticas de saúde**. 2ª. ed. São Paulo. E.P.U., 1987.

LIMA S. S.; SOUZA E. S. A.; CARTAGENES V. D. **Uso dos Gráficos de controle no Monitoramento de Indicadores Hospitalares**. Hospital Universitário João de Barros Barreto/Universidade Federal do Pará. 59ª Reunião Anual da SBPC, 2014.

LUCAS, M.J.; SACCUCCI, M.S. Exponentially weighted moving average control schemes: properties and enhancements. **Technometrics**, v.32, n.1, p.1-12, 1990.

MAGALHÃES R. R.; CYMROT R. **Técnicas de monitoramento e controle estatístico de processos através de cartas de controle da soma cumulativa e de cartas de controle de média móvel exponencialmente ponderada**. In: X

Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de PósGraduação – Universidade do Vale do Paraíba. Anais. São José dos Campos, SP, Brasil, 19 e 20 de outubro 2006.

MALIK, A. M., TELES, J. P. Qualidade em saúde. São Paulo : FGV-EAESP, 2000. Projeto de pesquisa financiado pelo NPP.

MARTONE, W.J.; GAYNES, R.P.; HORAN, T.C.; EMORI, T.G.; JARVIS, W.R.; BENNET, M.E. et al. Nosocomial infections rates for interhospital comparison: limitations and possible solutions. **Infection Control Hospital and Epidemiology**, v.12, p.609-621, 1991.

McGLYNN, E.A. Quality assessment of reproductive health services. **Western Journal of Medicine**, v.163, 3 Suppl., p.19-27, 1995.

McGUCKIN, M.B.; ABRUTYN, E. A surveillance method for early detection of nosocomial outbreaks. **American Journal of Infectology Control**, v.7, p.18-21, 1979.

MELLO-JORGE, M.H.P.; GOTLIEB, S.L.D.; SOBOLL, M.L.M.S.; BALDIJÃO, M.F.A.; LATORRE, M.R.D. **O sistema de informação sobre nascidos vivos - SINASC**. São Paulo, Centro da OMS para Classificação de Doenças em Português (Centro Brasileiro de Classificação de Doenças), 1992. (MS/USP/OPAS-OMS - Série Divulgação, nº 7).

MOHAMMED, M. A. **Using statistical process control to improve the quality of health care**. Qual Saf Health Care. n.13, p. 243-245, 2004.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 4th Edition, New York: John Wiley e Sons Inc., 2000. 796p.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. Tradução Ana Maria Lima de Farias. 4 ed. Rio deL Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MOREIRA, M.E.L.; LOPES J.M.A. Ventilação Mecânica no recém-nascido. In: MOREIRA, M.E.L. LOPES, J.M.A. and CARVALHO, M., orgs. O recém-nascido de alto risco: teoria e prática do cuidar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004. 564 p. ISBN 85-7541-054-7.

NEWBRANDER, W.; ROSENTHAL, G. **Quality of care issues in health sector reform**. In: Private health sector growth in Asia: Issues and implications. Chichester, England, John Wiley and Sons. 1997, p.177-195.

NIKKEL, W. **Estatística Aplicada à Produção**. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2007.

OLIVEIRA, C.C; et. al.(2011); **Utilização do controle estatístico do processo**

(CEP) para monitoramento da graduação alcoólica (°INPM) na produção de álcool. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 5, n.1, p. 293-305.

REINKE, W.A. Applicability of industrial sampling techniques to epidemiologic investigations: examination of an underutilized resource. **American Journal of Epidemiology**, v.134, n.10, p.1222-1232, 1991.

RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, Carla Schwengber ten. **Controle Estatístico do Processo**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br>. Acessado em: 11/10/2013.

ROEMER, M.I.; MONTOYA-AGUILAR, C. **Quality assessment and assurance in primary health care**. Geneva, World Health Organization (WHO), 1988. (WHO Offset Publication n.105), 82 p.

ROSA, L. C. **Introdução ao Controle Estatístico de Processos**. Santa Maria: Editora UFSM, 2009.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Qualidade**. Elsevier: Rio de Janeiro, 2009.

SANCHES, O. **Princípios básicos de procedimentos estatísticos aplicados na análise de dados de vigilância em saúde pública: uma revisão**. **Cadernos de Saúde Pública**, v.16, n.2, p.317-333, 2000.

SCHIESARI, L.M.C.; KISIL, M. **A avaliação da qualidade nos hospitais brasileiros**. *Revista de Administração em Saúde*, v.5, n.18, 2003.

SELLICK, J.A. The use of statistical process control charts in hospital epidemiology. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, v.14, n.11, p.649-656, 1993.

SHEWHART, W.A. **Economic control of quality of manufactured product**. Princeton, NJ: D. Van-Nostrand Reinhold, 1931.

SILVA, W. V. et al. **Aplicação do Gráfico de Controle Ewma no Processo Produtivo de uma Indústria de Alumínio: Um Estudo de Caso**. In: XI SIMPEP. Anais. Bauru, São Paulo, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

SIPAGEH; SCHOUT e NOVAES; CQH, (2009). **Indicadores**. Porto Alegre: Unisinos. 2006. Disponível em: http://www.projeto.unisinos.br/sipageh/index.php?option=com_content&task=vie. Acesso em 25/10/2016.

THOR, J. et al. **Application of statistical process control in healthcare improvement: systematic review**. *Qual Saf Health Care*, v.16, n. 5, p. 387–399, 2007.

TRIOLA, Mario F. 2008. **Introdução à estatística**. 10^a ed. Rio de Janeiro: LTC.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

WILLIAMS, S.C.; SCHMALTZ, S.P.; MORTON, D.J.; KOSSS, R.G.; LOEB., J.M. Quality of Care in U.S. Hospitals as Reflected by Standardized Measures, 2002–2004 The New England Journal of Medicine, n.353, pp.255-264, 2005.

ZANINI R.R. **Utilização dos Gráficos de Controle: Uma Aplicação na Área da Saúde**; Santa Maria – RS UFSM, 2006.

ANEXO A

VALORES DAS CONSTANTES PARA CÁLCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

n	Fatores para Limites de Controle											Fatores para Linha Central			
	A	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	c ₄	1/c ₄	d ₂	1/d ₂
2	2,121	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	2,606	0,000	3,686	0,000	3,267	0,7979	1,2533	1,128	0,8865
3	1,732	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,276	0,000	4,358	0,000	2,574	0,8862	1,1284	1,693	0,5907
4	1,500	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,088	0,000	4,698	0,000	2,282	0,9213	1,0854	2,059	0,4857
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	1,0638	2,326	0,4299
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	0,000	5,078	0,000	2,004	0,9515	1,0510	2,534	0,3946
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,204	5,204	0,076	1,924	0,9594	1,0423	2,704	0,3698
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,306	0,136	1,864	0,9650	1,0363	2,847	0,3512
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,393	0,184	1,816	0,9693	1,0317	2,970	0,3367
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,687	5,469	0,223	1,777	0,9727	1,0281	3,078	0,3249
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,9754	1,0252	3,173	0,3152
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,922	5,594	0,283	1,717	0,9776	1,0229	3,258	0,3069
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,9794	1,0210	3,336	0,2998
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,9810	1,0194	3,407	0,2935
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,741	0,347	1,653	0,9823	1,0180	3,472	0,2880
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,9835	1,0168	3,532	0,2831
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,9845	1,0157	3,588	0,2787
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,608	0,9854	1,0148	3,640	0,2747
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,487	5,891	0,403	1,597	0,9862	1,0140	3,689	0,2711
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,9869	1,0133	3,735	0,2677
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,605	5,951	0,425	1,575	0,9876	1,0126	3,778	0,2647
22	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,659	5,979	0,434	1,566	0,9882	1,0119	3,819	0,2618
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,710	6,006	0,443	1,557	0,9887	1,0114	3,858	0,2592
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,031	0,451	1,548	0,9892	1,0109	3,895	0,2567
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,806	6,056	0,459	1,541	0,9896	1,0105	3,931	0,2544

n = número de replicatas

Fonte: ISO 8258 – Shewhart control charts