

Universidade de Taubaté

Ana Claudia Moura da Silva Fonseca

Melhoria na análise de identificação de matérias primas por espectroscopia de infravermelho no laboratório químico de uma empresa de cosméticos utilizando Seis Sigma

Taubaté – SP

2017

Ana Claudia Moura da Silva Fonseca

Melhoria na análise de identificação de matérias primas por espectroscopia de infravermelho no laboratório químico de uma empresa de cosméticos utilizando Seis Sigma

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade d Taubaté.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade.

Orientado por prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

F676m

Fonseca, Ana Cláudia Moura da Silva

Melhoria na análise de identificação de matérias primas por espectroscopia de infravermelho no laboratório químico de uma empresa de cosméticos utilizando seis sigma. / Ana Cláudia Moura da Silva Fonseca - 2017.

87f. : il; 30 cm.

Monografia (Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma - Green Belt) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2017

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso;
Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Espectroscopia. 2. Laboratório químico. 3. Empresa de cosméticos. 4. Qualidade. 5. Seis sigma. I. Título.

Ana Claudia Moura da Silva Fonseca

Melhoria na análise de identificação de matérias primas por espectroscopia de infravermelho no laboratório químico de uma empresa de cosméticos utilizando Seis Sigma

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade d Taubaté. Área de concentração: Qualidade e Produtividade.

Orientado por prof. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

Resultado:

Data:

BANCA EXAMINADORA

Professor:

Universidade de Taubaté

Assinatura:

Professor:

Universidade de Taubaté

Assinatura:

Taubaté – SP

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me apoiaram nesta jornada, em especial à minha família, que me apoiou nos estudos e me aconselhou nas escolhas.

Ao prof. Álvaro Azevedo Cardoso que teve um papel fundamental na elaboração deste trabalho.

À prof.^a Juliana Furtado por todo suporte durante o período de aprendizado.

E por fim, a empresa em que trabalho, local onde o projeto foi desenvolvido, pela disponibilidade e crédito para a conclusão deste propósito.

RESUMO

MELHORIA NA ANÁLISE DE IDENTIFICAÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO NO LABORATÓRIO QUÍMICO DE UMA EMPRESA DE COSMÉTICOS UTILIZANDO SEIS SIGMA

O presente projeto tem como objetivo melhorar a análise de identificação de matérias primas por espectroscopia de infravermelho, bem como a prevenção de não conformidades de item crítico de qualidade durante a execução do processo de identificação de materiais em um laboratório de controle de qualidade.

Utilizando a ferramenta de qualidade DMAIC, foram desenvolvidas as etapas do processo de melhoria no procedimento de identificação de materiais, criando uma biblioteca de espectros de padrões com a finalidade de construir uma comparação instrumental entre amostras e padrões de comparação, resultando em análises mais objetivas e robustas.

As etapas do desenvolvimento do projeto compreendem ao processo inicial de identificação da oportunidade de melhoria e análise dos resultados obtidos durante o processo existente, sendo observado o tempo de análise de infravermelho, bem como a precisão dos resultados, sendo assim, foi detectado a oportunidade de promover a melhoria no processo.

O projeto foi implantado obtendo a transformação de uma análise química manual e subjetiva, pois o processo de comparação entre amostra e padrões ocorria de forma manual, em uma análise objetiva e instrumental.

Com os resultados obtidos, observou-se uma correlação acima de 80% de precisão e uma redução de lead time de 50%, pois inicialmente cada análise necessitava de 20 minutos de lead time, após a implementação do projeto, houve uma redução de 10 minutos.

Considerando que as margens de número destes testes no laboratório são em média de 80 análises semanais, houve uma redução de consumo de 53 horas mensais, ou seja, 6,667 dias trabalhados.

Sendo assim, o projeto desenvolveu um sistema de análise capaz de mitigar a possibilidade de desvios inerentes ao processo anterior, pois este era realizado subjetivamente, ao passo que a análise correlacional garante a excelência da qualidade com resultados precisos e objetivos, tornando a análise rápida e eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia de Infravermelho; Laboratório Químico; Empresa de Cosméticos; Qualidade; Seis Sigma

ABSTRACT

IMPROVEMENT IN THE ANALYSIS OF RAW MATERIAL IDENTIFICATION BY INFRARED SPECTROSCOPY IN THE CHEMICAL LABORATORY OF A COSMETICS COMPANY USING SIX SIGMA

The present project aims at an analysis of the identification of raw materials by infrared spectroscopy, as well as a prevention of non-conformities of critical quality item during the execution of the process of identification of materials in a quality control laboratory.

Using a DMAIC quality tool, they were developed as steps of the improvement process without a material identification procedure, creating a library of pattern spectra for the purpose of constructing a comparison of instruments and samples and comparison patterns, resulting in more analysis objective and robust.

The stages of the project development understands the initial process of identifying the results analysis and analysis of the results obtained during the process, observing the time of infrared analysis, as well as an accuracy of the results, being Thus, an opportunity to promote better without process was detected.

The project was implemented by obtaining a transformation of a manual and subjective chemical analysis, in the process of comparing sample and standards, publication manual, in an objective and instrumental analysis.

With the results obtained, a correction of more than 80% accuracy and a 50% lead time reduction were observed, since initially each analysis required 20 minutes of lead time, after a project implementation, there was a reduction of 10 minutes.

Considering that the number margins of these tests in the laboratory are on average 80 weekly analyzes, there was a consumption reduction of 53 hours per month, that is, 6,667 days worked. Thus, the project developed a system of analysis capable of mitigating the possibility of deviations inherent in the previous process, since this was performed subjectively, while the correlation analysis guarantees quality excellence with accurate and objective results, making a rapid analysis and effective.

KEYWORDS: Infrared Spectroscopy; Chemical Laboratory; Cosmetics Company; Quality, Six Sigma

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modos de vibração molecular. Os sinais X e Y indicam movimentos para dentro e para fora do plano do desenho, respectivamente.....	16
Figura 2 - Espectro de Infravermelho 3-metil, 2-Butanona.....	18
Figura 3- Representação esquemática de uma medida por espectroscopia por transformada de Fourier de absorção no infravermelho.....	20
Figura 4- Laboratório Químico.....	24
Figura 5 - Natura.....	28
Figura 6 - Unilever	29
Figura 7 - Avon.....	31
Figura 8 - P&G	32
Figura 9 - Grupo Boticário	34
Figura 10 - Folha de Verificação.....	44
Figura 11 – Fluxograma linear e Funcional.....	46
Figura 12 - Formas Básicas de um Fluxograma.....	47
Figura 13 - Tipos de Histogramas	48
Figura 14 - Gráfico de Pareto	49
Figura 15 - Diagrama de Causa e Efeito.....	50
Figura 16 - Modelos de gráfico de controle	52
Figura 17 - Gráfico de Dispersão	54
Figura 18 - 5W1H.....	56
Figura 19 - DMAIC	57
Figura 20 - DMAIC - Seis Sigma.....	58
Figura 21 -Equipamento de Espectro de Infravermelho utilizado para o projeto.	62
Figura 22 - Esquema básico de um equipamento de Infravermelho médio	62
Figura 23 - Fluxograma	63
Figura 24 - Espectro de Tetraetilxanoato.....	64
Figura 25 - Ishikawa	66
Figura 26 - Matriz de Causa e Efeito.....	66
Figura 27 – Gráfico de Pareto.....	67
Figura 28 - Etapa 1	68
Figura 29 - Etapa 2	68
Figura 30 - Etapa 3	69
Figura 31 - Etapa 3	69
Figura 32 - Etapa 3	70
Figura 33 - Etapa 4	70
Figura 34 - Etapa 5	71
Figura 35 - Etapa 6	72
Figura 36 - Equipamento em análise de material sólido	73
Figura 37 - Estrutura do Material Tinosorb S.....	74
Figura 38 - Espectro da amostra Tinosorb S Lote 22875	75

Figura 39 - Espectro do Padrão Tinosorb S ID 21142 NC 4000887489	76
Figura 40 -Comparação Eletrônica do Material Tinosorb S NC 4001283694	78
Figura 41 - Parâmetro de correlação mínima 0,8000	79
Figura 42 - Comparação de um material “Não Conforme.....	81

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Reprodutibilidade das análises antes do Projeto	65
Tabela 2 - Reprodutibilidade das análises depois do Projeto	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Espectroscopia de Infravermelho	13
2.1.1	Tipos de vibrações moleculares.....	15
2.1.2	Instrumentação no IR	18
2.1.3	Preparação de Amostras para Identificação.....	20
2.1.4	Vantagens da Análise de Infravermelho.....	21
2.2	Laboratório Químico	23
2.2.1	Controle de Qualidade Físico Químico	24
2.2.2	Análise de Matérias Primas	26
2.3	Empresa de Cosméticos	26
2.3.1	Classificação das cinco maiores empresas no ramo de cosméticos em 2012.....	27
2.3.2	História da Unilever	29
2.3.3	História da Avon.....	31
2.3.4	Origem da P&G.....	33
2.4	Qualidade	35
2.4.1	Conceito de qualidade	37
2.4.2	História da Gestão da Qualidade	38
2.4.3	Gestão de Qualidade no Brasil	39
2.5	Seis Sigma	41
2.5.1	Implementação do Método Seis Sigma	42
2.5.2	Equipe Seis Sigma	43
2.5.3	Ferramentas da Qualidade	44
2.5.4	Fluxograma.....	45
2.5.5	Histograma	47
2.5.6	Diagrama de Pareto	49
2.5.7	Diagrama de causa e efeito.....	50
2.5.8	Carta de controle.....	51

2.5.9	Gráfico de dispersão	52
2.5.10	Brainstorming	54
2.5.11	Checklist	54
2.5.12	Técnica nominal de grupo	55
2.5.13	Análise de campo de forças	55
2.5.14	5W1H	56
2.5.15	DMAIC.....	57
3	METODOLOGIA	60
3.1	Etapa 1: Criação de uma Biblioteca de Espectros de Padrões constituída de no mínimo seis lotes aprovados para cada código de padrão.....	61
3.2	Etapa 2: Definição do fator mínimo de correlação para a aceitação ou recusa do material analisado.....	61
3.3	Etapa3: Elaboração do modelo de relatório a ser reportado para a análise de comparação.....	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	Tutorial: Comparação de Espectros Amostra versus Padrão	68
4.2	Método de comparação manual:	74
4.3	Análise: Projeto Comparação Eletrônica	78
4.4	Comparação eletrônica de um material “Não Conforme”	80
5	CONCLUSÃO	83
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Em busca de uma qualidade total e assegurada, há uma crescente inovação no processo de gestão de qualidade nas indústrias e uma grande preocupação por parte das empresas em atender aos requisitos exigidos pelas normas de fabricação, as exigências ambientais e de consumidores a fim de se tornarem cada vez mais competitivas no mercado atual. Para manter a marca sempre valorizada e com potencial, se faz necessário a busca contínua por melhorias no processo produtivo, tendo como ferramenta principal para tal tarefa o controle de qualidade. Em diversas áreas de fabricação é necessário que este controle de qualidade seja totalmente seguro e eficiente para a identificação e quantificação de produtos e matérias-primas.

Sendo assim, por meio do DMAIC, ferramenta da qualidade, foi implantada a melhoria no processo de identificação de materiais para o controle de qualidade de matérias primas em uma empresa de cosméticos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem como justificativa provar a eficiência da metodologia Seis Sigma para a melhoria no de controle de qualidade, aumentando a robustez do processo, reduzindo a possibilidade de desvios inerentes ao processo, bem como reduzindo o lead time de análise.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo melhorar significativamente a eficiência da análise de espectroscopia de infravermelho médio, bem como o lead time do processo de identificação de materiais, por meio de comparação instrumental, realizada em uma indústria de cosméticos na cidade de São José dos Campos. Esta comparação que antes era realizada manualmente sendo uma análise passível de erros por se tratar de uma comparação subjetiva e visual, torna-se uma análise instrumental. Desta forma, a análise passa a ter uma correlação objetiva.

O projeto surgiu para aumentar a confiabilidade e agilizar o processo, com redução do lead time de análises realizadas no laboratório de controle de qualidade, propondo a criação de uma biblioteca de padrões de espectros para utilização de comparação amostra *versus* padrão,

a qual realiza a sobreposição de espectros e cálculo de correlação efetuado pelo *software* do equipamento e comprova a identidade do material.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espectroscopia de Infravermelho

Reconhecer e padronizar a composição de matérias primas e produtos industriais é de suma importância para caracterização e controle de materiais. Com este propósito, o uso da técnica FTIR (Infravermelho por Transformada de Fourier) tem sido muito utilizada por várias indústrias e centros de pesquisa. As principais aplicações da técnica são na qualificação ou identificação de matéria prima e na quantificação de alguma propriedade de interesse. A qualificação de amostras é realizada comparando-se os espectros dessas amostras com espectros de uma amostra de referência, obtida a partir de padrões conhecidos. (RIBEIRO, 2015)

No presente trabalho, a utilização desta técnica foi muito importante para realizar um controle de qualidade mais preciso e eficaz, no qual a análise de matérias primas ocorre por meio de uma comparação espectral destas com seus respectivos padrões estabelecidos, possibilitando ao analista identificar se tais matérias primas estão ou não dentro das especificações exigidas. (RIBEIRO, 2015)

A espectroscopia no infravermelho é uma técnica analítica em que muitas amostras, tais como: líquidos; soluções; pastas; pós; fibras e superfícies podem ser analisadas. (MICHELI, 2010)

Além disso, uma grande vantagem do uso desta técnica está no fato de requerer pouco ou nenhum preparo de amostras, o que faz com que não se tenha gastos com reagentes e tratamentos de resíduos, além de ser uma análise de amostras não destrutiva. (RIBEIRO, 2015)

A espectroscopia ou espectrofotometria, como também pode ser designada, divide-se em espectroscopia de infravermelho próximo, médio e distante, de acordo com a faixa de comprimento de onda em que ocorre a absorção ou radiação de energia sofrida pelo material em análise. (RIBEIRO, 2015)

A região do infravermelho próximo se aplica à análise quantitativa de materiais industriais e agrícolas e no controle de processos, destacando as aplicações farmacêuticas e petroquímicas, sendo também uma ferramenta valiosa para a identificação e determinação de aminas terciárias em misturas. Esta técnica fornece os resultados de maneira mais rápida, é um

método não destrutivo, não gera subprodutos tóxicos e apresenta simplicidade na preparação da amostra. A maior desvantagem desta técnica é a baixa sensibilidade a constituintes em menores concentrações. (PATRÍCIA, 2005)

A região do infravermelho médio é utilizada na maioria das pesquisas desenvolvidas e também possui o maior número de aplicações. Esta técnica possui uma grande quantidade de informações aplicáveis na caracterização funcional de compostos orgânicos. O surgimento dos instrumentos baseados na Transformada de Fourier aumentou o número de aplicações na área qualitativa e quantitativa. Entretanto, a maioria das aplicações na região do infravermelho médio consiste na identificação de compostos orgânicos. (PATRÍCIA, 2005)

Nessa região ocorrem essencialmente transições fundamentais e existe uma faixa espectral conhecida como região de impressão digital pequenas alterações na estrutura e na constituição de uma molécula resultam em mudanças significativas na distribuição dos picos de absorção do espectro que são relacionados com a estrutura da molécula. De posse destas informações, a identificação de compostos pode ser realizada pela comparação do seu espectro com bancos de dados existentes”. (PATRÍCIA, 2005)

Diferentemente do que ocorre neste trabalho, algumas amostras precisam ser preparadas antes de serem analisadas por FTIR, materiais compósitos como polímeros, por exemplo, precisam seguir algumas técnicas de preparação que fazem com que seja adequada a identificação de constituintes nos materiais analisados. (DUTRA, 2015)

Os espectros de absorção, emissão e reflexão no infravermelho de espécies moleculares surgem de variações de energia produzidas por transições de moléculas de um estado de energia vibracional ou rotacional para outro. Para se obter um espectro no infravermelho é necessário que ocorra a passagem de radiação infravermelha através de uma amostra e a partir disso possa ser determinada a fração da radiação incidente que é absorvida em cada frequência ou comprimento de onda. Ao absorver radiação infravermelha as moléculas são excitadas a estados de energia maiores, caracterizando um processo quantizado em que apenas certas frequências (energia) são absorvidas. (MICHELI, 2010)

A radiação infravermelha (IR, do inglês *infrared*) não é suficientemente energética para produzir transições eletrônicas da mesma forma que a radiação ultravioleta e visível. Para a absorção de radiação IR, as espécies moleculares devem possuir diferenças de energia entre diversos estados vibracionais e rotacionais. Uma molécula deve sofrer uma variação no momento de dipolo durante seu movimento rotacional ou vibracional. O momento de dipolo é determinado pela magnitude da diferença de carga e pela distância entre os dois centros de carga. O cloreto de hidrogênio (HCl) é um exemplo de uma molécula que possui um momento

de dipolo significativo. A distribuição de carga ao longo desta molécula não é simétrica, porque o cloro possui uma densidade eletrônica maior que o hidrogênio. Quando uma molécula de cloreto de hidrogênio vibra, ocorre uma oscilação regular em seu momento de dipolo, gerando um campo que pode interagir com o campo elétrico associado à radiação. Se a frequência da radiação é exatamente igual a uma frequência de vibração natural da molécula, ocorre absorção de radiação, causando uma variação na amplitude da vibração molecular. (HOLLER, 2009)

A oscilação do momento de dipolo pode ocorrer também por meio de transições rotacionais, quando a rotação de moléculas assimétricas em torno de seus centros de massa resulta em oscilações periódicas do momento de dipolo, possibilitando interação com o campo de radiação. (HOLLER, 2009)

Não ocorre variação no momento de dipolo durante a vibração ou rotação de espécies homo nucleares, tais como O₂, N₂ ou Cl₂. Como consequência, tais compostos não podem absorver radiação IR. (HOLLER, 2009)

A frequência ou o comprimento de onda de uma absorção depende das massas relativas dos átomos, das constantes de forças das ligações e da geometria dos átomos. As intensidades das bandas podem ser expressas como transmitância (T) ou absorbância (A). A transmitância é a razão entre a energia radiante transmitida por uma amostra e a energia radiante que nela incide. A absorbância é o logaritmo, na base 10, do recíproco da transmitância, isto é,

$$A = \log_{10} \left(\frac{1}{T} \right). \text{ (HOLLER, 2009)}$$

2.1.1 Tipos de vibrações moleculares

As vibrações podem ser classificadas nas categorias de estiramento e de deformação. Uma vibração de estiramento (deformação axial) envolve uma variação contínua na distância Interatômica ao longo do eixo da ligação entre dois átomos. As vibrações de deformação são caracterizadas por uma variação no ângulo entre duas ligações e são de quatro tipos: deformação simétrica no plano, deformação assimétrica no plano, deformação simétrica fora do plano e deformação assimétrica fora do plano, demonstradas na Figura 1. (HOLLER, 2009)

Geralmente, é possível deduzir o número e os tipos de vibrações de moléculas diatômicas e triatômicas simples. Para moléculas poliatômicas é possível calcular o número de vibrações após considerar alguns pontos importantes como descrito a seguir. (MICHELI, 2010)

Uma molécula contendo N átomos possui $3N$ graus de liberdade, pois para cada N pontos são necessárias três coordenadas para cada ponto, fornecendo um total de $3N$. Cada coordenada corresponde a um grau de liberdade para cada um dos átomos em uma molécula poliatômica. (HOLLER, 2009)

Deformações Axiais



Deformações Angulares

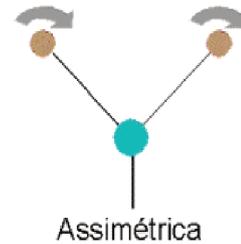
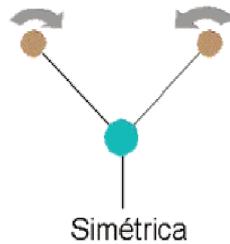


Figura 1 - Modos de vibração molecular. Os sinais X● indicam movimentos para dentro e para fora do plano do desenho, respectivamente

Fonte: LaPTeC (2017)

Em um movimento translacional de uma molécula (movimento de uma molécula inteira através do espaço) todos os átomos na molécula movem-se juntos através do espaço, a definição do movimento translacional requer três coordenadas e, portanto, este movimento simultâneo requer três dos $3N$ graus de liberdade. (HOLLER, 2009)

Outros três graus de liberdade são necessários para descrever a rotação das moléculas como um todo. Os $3N-6$ graus de liberdade remanescentes envolvem movimentos Inter atômicos e, portanto, representam o número de vibrações possíveis da molécula. (MICHELI, 2010)

Em uma molécula linear em que todos os átomos estão posicionados sobre uma única linha reta, a rotação em torno do eixo de ligação não é possível e dois graus de liberdade são

suficientes para descrever o movimento rotacional. Assim, o número de vibrações para uma molécula linear é dado por $3N - 5$. Cada uma das $3N - 6$ ou $3N - 5$ vibrações é denominada modo normal. (MICHELI, 2010)

Fatores que levam a produção de um menor número de bandas experimentais que seriam esperadas segundo o número teórico de modos normais: (1) a simetria das moléculas é tal que nenhuma variação no momento de dipolo resulta de uma vibração particular; (2) as energias de duas ou mais vibrações são idênticas ou praticamente idênticas; (3) a intensidade de absorção é tão baixa que não é detectada por meios usuais; ou (4) a energia vibracional está em uma região de comprimento de onda além da faixa de trabalho do instrumento. (MICHELI, 2010)

Espectrometria de absorção no IR-MÉDIO

A região mais amplamente usada em espectrometria do infravermelho é a do IR-médio, a qual compreende entre 670 a 4000 cm^{-1} ($2,5$ a $14,9\text{ }\mu\text{m}$). Neste caso, espectros de absorção, reflexão e emissão são empregados tanto para análise qualitativa como quantitativa de sólidos, líquidos e misturas complexas. (HOLLER, 2009)

Em análise qualitativa, a identificação de um composto orgânico a partir de um espectro é um processo de duas etapas. A primeira consiste na determinação dos grupos funcionais mais prováveis de estarem presentes observando-se a região de frequência de grupos, que compreende a radiação de aproximadamente 3600 cm^{-1} a cerca de 1250 cm^{-1} . (HOLLER, 2009)

A segunda etapa envolve uma comparação detalhada do espectro do composto desconhecido com os espectros dos compostos puros que contém todos os grupos funcionais encontrados na primeira etapa. (HOLLER, 2009)

A região de impressão digital de 1200 a 6000 cm^{-1} (usada para identificar compostos) é útil, porque pequenas diferenças na estrutura e na constituição de uma molécula causam mudanças significativas no espectro e na distribuição das bandas de absorção nesta região.

Uma forte semelhança entre dois espectros na região de impressão digital (assim como nas outras) constitui uma evidência quase completa de que os dois compostos são idênticos. HOOLER (2009)

As frequências de grupos e tabelas de correlação são muito importantes no processo de identificação, pois estas permitem que sejam realizadas estimativas fundamentadas sobre quais

grupos funcionais provavelmente estão presentes ou ausentes em uma molécula. (HOLLER, 2009)

Nos dias atuais, praticamente todos os fabricantes de instrumentos IR oferecem sistemas de busca computacionais para auxiliar a identificação de compostos a partir de dados espectrais IR armazenados em arquivos. A posição e as intensidades relativas dos picos no espectro de um analito são determinadas e armazenadas em memória, fornecendo um perfil que pode ser comparado com perfis de compostos puros armazenados em disco. O computador, então, compara os perfis e imprime uma lista de compostos que possuem espectros similares ao do analito. (HOLLER, 2009)

A Figura 2 é um exemplo de espectro de infravermelho.

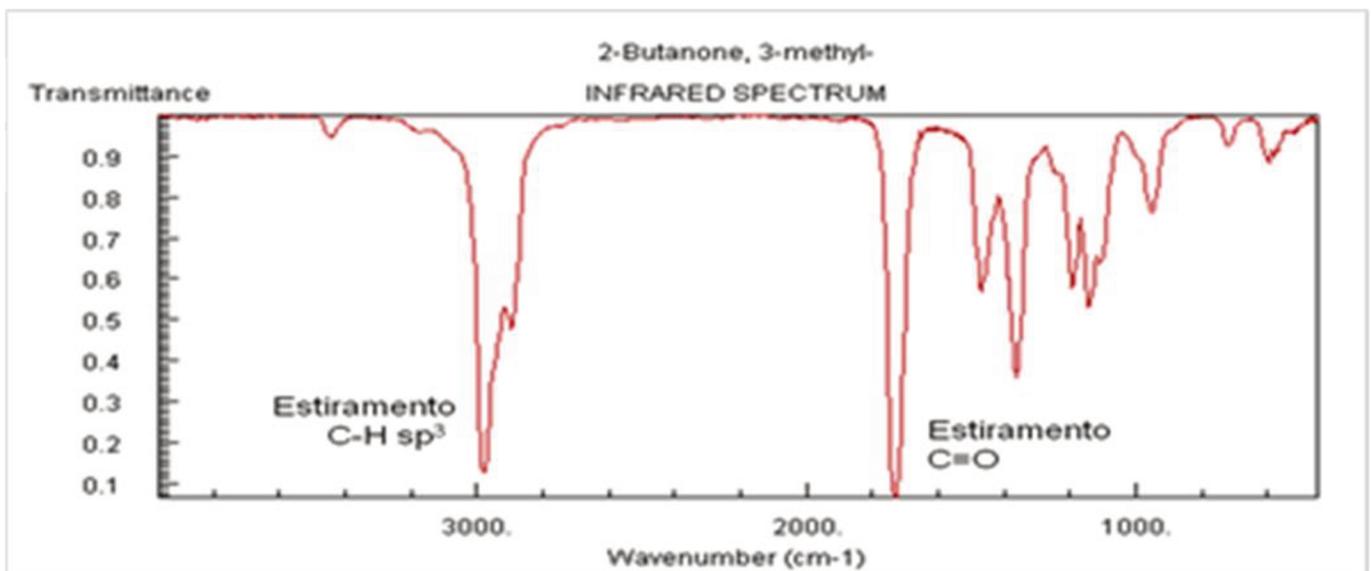


Figura 2 - Espectro de Infravermelho 3-metil, 2-Butanona

Fonte: ChromAcademy (2017)

2.1.2 Instrumentação no IR

Os espectrofotômetros mais comuns são os de feixe duplo, que tem cinco seções principais: fonte de radiação, área da amostra, fotômetro, rede de difração e detector.

A radiação infravermelha é produzida por uma fonte aquecida eletricamente, usualmente um filamento de Nernst ou um Globar (pequeno bastão de carbeto de silício).

A imagem da fonte deve ser mais larga do que a largura máxima das fendas. (HOLLER, 2009)

A radiação da fonte é dividida em dois feixes, o de referência e o de amostra, por espelhos. Os dois feixes são focalizados na área de amostras, e em seguida, passam através de células, uma de referência e a outra da amostra. (HOLLER, 2009)

Um espelho rotativo focaliza os dois feixes que são recombinados em um único feixe alternado. As intensidades das absorções são balanceadas através de um atenuador colocado no feixe de referência, assim as absorções do solvente da célula de referência e da célula da amostra são balanceadas e o espectro registrado contém somente as bandas de absorção da amostra. Após a dispersão por uma rede ou por um prisma, os feixes alternados incidem no transdutor e são convertidos em um sinal elétrico. O sinal segue para o detector que gerará o espectro. (HOLLER, 2009)

Em espectrofotômetros com Transformada de Fourier, a codificação é obtida dividindo-se a fonte de radiação em dois feixes cujos caminhos ópticos podem ser variados periodicamente para fornecer padrões de interferência. (HOLLER, 2009)

É feita a variação das distâncias percorridas pelos dois feixes, o que gera uma sequência de interferências e, conseqüentemente, variações na intensidade de radiação recebida pelo detector (interferograma). A transformada de Fourier é, então, usada para o processamento dos dados, convertendo o interferograma obtido para uma forma no domínio frequências, dando origem ao espectro completo no infravermelho. (HOLLER, 2009)

A Figura 3 representa esquematicamente uma medida por FTIR.

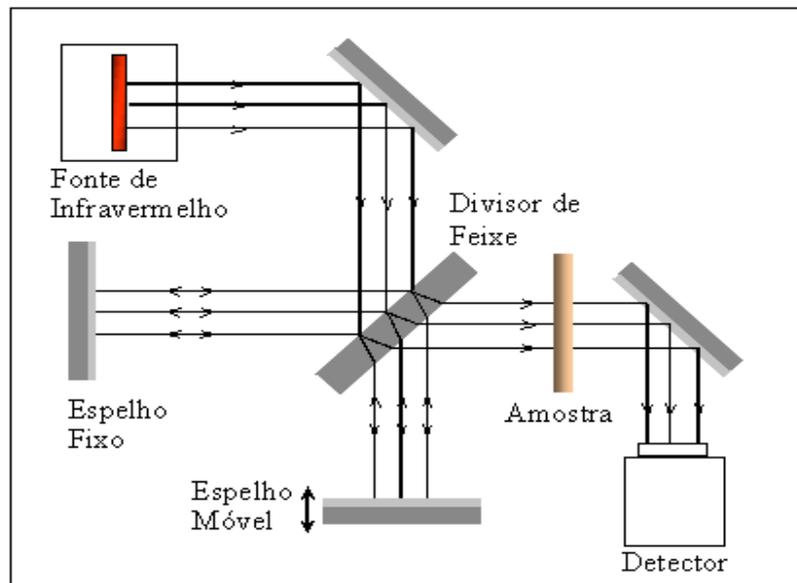


Figura 3- Representação esquemática de uma medida por espectroscopia por transformada de Fourier de absorção no infravermelho

Fonte: LaPTeC (2017)

2.1.3 Preparação de Amostras para Identificação

A etapa de preparo da amostra é geralmente a mais cara e que envolve mais consumo de tempo e esforço. (ROCHA, 2014)

O tempo total envolvido na análise pode ser determinado pelo tempo gasto na etapa de preparo da amostra. Amostragem e preparo de amostra ainda determinam o tempo total de análise e são etapas limitantes do processo. (ROCHA, 2014)

Tipos de Amostras:

Amostras homogêneas: Gases e líquidos, na maioria das situações qualquer porção é representativa. (ROCHA, 2014)

Amostras heterogêneas: Podem apresentar composição diferente em porções retiradas ao acaso, os cuidados com a amostragem e preparação devem ser grandes para evitar falsos resultados. (ROCHA, 2014)

Preparação da amostra:

As amostras líquidas podem ser prensadas entre duas placas de um sal de alta pureza como o cloreto de sódio. Essas placas têm de ser transparente à luz infravermelha e, dessa forma, não introduzirem nenhuma linha no espectro da amostra. Essas placas obviamente são bem solúveis em água, então a amostra, os reagentes de lavagem e o meio precisam ser anídros (isto é, sem água). (ROCHA, 2014)

As amostras sólidas normalmente são preparadas misturando-se uma certa quantidade da amostra com um sal altamente purificado (geralmente brometo de potássio).

Essa mistura é triturada e prensada a fim de se formar uma pastilha pela qual a luz pode passar. (ROCHA, 2014)

Essa pastilha precisa ser prensada a altas pressões a fim de garantir de que ela seja translúcida, mas isso não pode ser alcançado sem um equipamento apropriado (como uma prensa hidráulica). (ROCHA, 2014)

Da mesma forma que o cloreto de sódio, o brometo de potássio não absorve radiação infravermelha, então as únicas linhas espectrais a aparecer virão do analito. (ROCHA, 2014)

2.1.4 Vantagens da Análise de Infravermelho

A espectroscopia de absorção no infravermelho é umas das técnicas analíticas utilizadas em laboratórios de pesquisa, tanto nas indústrias quanto nos meios acadêmicos, tão importante como outros meios analíticos instrumentais modernos: a espectrometria no ultravioleta, a espectrometria de absorção atômica e a espectrometria de raios x. (ROCHA, 2014)

Algumas das vantagens dessa técnica são a facilidade de preparação da amostra; a possibilidade do uso de amostras em filmes sólidos, amostras líquidas e gasosas; bem como o custo, o tamanho e a versatilidade do equipamento necessário para as análises.

Outras técnicas para o preparo das amostras precisam de extração ou calcinação, ou ainda podem demandar equipamentos muito caros. (ROCHA, 2014)

Um espectrofotômetro de infravermelho custa menos que a metade de um aparelho de espectrometria de raios x. (ROCHA, 2014)

A utilização da técnica, tem apresentado mudanças, desde meados dos anos 80. Além da substituição gradual dos equipamentos inicialmente empregados, denominados espectrofotômetros dispersivos, por espectrofotômetros com transformada de Fourier (FTIR),

começam a desenvolver-se as aplicações na região do infravermelho próximo (NIR). (ROCHA, 2014)

A técnica de espectroscopia no infravermelho próximo apresenta atualmente crescimento, principalmente nas linhas de produção de fábricas. (HOLLER, 2009)

A espectrofotometria é o processo instrumental de medição baseado nas propriedades de absorção e emissão de energia eletromagnética em alguma região do espectro eletromagnético. (HOLLER, 2009)

A porção do espectro percebida pelo olho humano (região visível) está compreendida entre comprimentos de onda de 380 nm e 780 nm e, acima desse limite, até cerca de 50.000 nm (faixa entre as regiões do visível e das microondas), a radiação é chamada infravermelha (IV). A região do infravermelho entre 2,5 mm e 15,0 mm (2.500 nm a 15.000 nm) concentra o maior interesse dos químicos, embora as regiões do infravermelho próximo (0,7 mm a 2,5 mm) e do infravermelho distante (14,3 mm a 50 mm) venham angariando maior atenção, ultimamente.

O objetivo da espectroscopia de absorção no IV é a determinação dos grupos funcionais de um dado material. (HOLLER, 2009)

Cada grupo absorve em frequência característica de radiação na região do IV. Assim, um gráfico de intensidade de radiação versus frequência, o espectrograma de IV, permite caracterizar os grupos funcionais de um padrão ou de um material desconhecido. (HOLLER, 2009)

Mesmo moléculas das mais simples podem produzir espectros extremamente complexos. O químico utiliza este fato vantajosamente, comparando o espectro de um composto desconhecido com o de uma amostra conhecida. (HOLLER, 2009)

Determinado o espectrograma da amostra desconhecida, a correlação pico a pico constitui boa prova de identidade, visto ser pouco provável a coincidência de espectros de dois compostos diferentes. Embora o espectro no IV seja característico da molécula como um todo, certos grupos de átomos originam bandas mais ou menos na mesma frequência, independentemente da estrutura da molécula. (HOLLER, 2009)

É justamente a presença dessas bandas características de grupos funcionais que permite a obtenção de informações úteis para a identificação de estruturas, através de simples exame do espectro e consulta a tabelas. (HOLLER, 2009)

Os espectros de IV, em conjunto com outros dados espectrais, são úteis para a determinação das estruturas de moléculas – quase todos os laboratórios de universidades e

indústrias dispõem de espectrofotômetros de IV, principalmente aqueles dotados de sistema óptico de duplo feixe s componentes do aparelho – Os espectrofotômetros de feixe duplo utilizados na determinação de espectros de IV (figura 1) consistem de cinco seções principais: fonte de radiação, área de amostras, fotômetro, monocromador e detector. (HOLLER, 2009)

A radiação IV é produzida por uma fonte aquecida eletricamente, usualmente um filamento de Nernst ou um “globar”. Em grande parte das vezes, a fonte é constituída de óxidos de terras raras moldados em forma adequada, que emitem radiações na região do IV quando aquecidos a altas temperaturas, alcançando entre 1.000 oC e 1.800 oC. O filamento de Nernst é fabricado a partir de um adesivo de óxidos de zircônio, tório e cério, enquanto o “globar” é um pequeno bastão de carbetto de silício. A máxima radiação emitida, no caso do “globar”, ocorre na região de 1,8 mm a 2,0 mm, reduzindo-se por um fator de aproximadamente 600, a medida em que se aproxima da região de 16,7 mm. O filamento de Nernst fornece energia máxima de radiação a aproximadamente 1,4 mm, e reduz-se de um fator de aproximadamente 1.000 nas regiões de baixa frequência. (HOLLER, 2009)

2.2 Laboratório Químico

A importância do laboratório químico em uma escala industrial, em qualquer de suas especialidades, baseia-se no exercício de suas atividades sob condições ambientais controladas e normatizadas, de modo a assegurar que não ocorram influências estranhas que alterem o resultado do experimento ou medição e, ainda, de modo a garantir que o experimento seja repetível em outro laboratório e obtenha o mesmo resultado. (ROCHA, 2014)

São inúmeras as realizações de experiências por meio de cálculos, medições e análises químicas, conforme Figura 4, que exigem controle e precisão em um ambiente estruturado e controlado, de acordo com normas técnicas estabelecidas por lei. (ROCHA, 2014)



Figura 4- Laboratório Químico

Fonte: Faculdade de Farmácia UFMG (2017)

2.2.1 Controle de Qualidade Físico Químico

Em um laboratório químico de controle de qualidade, as amostras de todas as matérias-primas são analisadas no Controle da Qualidade Físico-Químico. (ROCHA, 2014)

São feitos muitos tipos de teste tais como: solubilidade, densidade relativa, testes de identificação (para saber se a matéria-prima corresponde com o que está escrito no certificado e rótulo do fornecedor), testes de pureza e impurezas, teste de metais pesados, chumbo, umidade, perda por secagem etc. (ROCHA, 2014)

Estes testes são feitos de acordo com livros chamados Farmacopéias. Nestes livros estão escritos os testes que se deve fazer para cada matéria-prima e os valores limite dos resultados para cada teste (especificação de cada teste). (RODRIGUES VAN, 2017). (ROCHA, 2014)

Um exemplo de especificação: Doseamento da matéria-prima "X" deve ser de 98% a 101%. Se estiver entre este intervalo, está aprovada. Se estiver fora, está reprovada. (ROCHA, 2014)

Todos os testes realizados e resultados são documentados no Boletim de Análise da Matéria-Prima ou Material de Embalagem (ficam guardados por anos no arquivo da indústria, assim como amostras de retenção). (RODRIGUES VAN, 2017)

Enquanto o Controle da Qualidade faz os testes, as matérias-primas ficam em Quarentena aguardando os resultados do Controle de Qualidade (RODRIGUES VAN, 2010)

Se a matéria-prima for reprovada em algum teste ela é devolvida ao fornecedor, abrindo um documento de não conformidade para o material. (RODRIGUES VAN, 2010)

Apenas se forem aprovadas as matérias-primas podem ser utilizadas na Produção.

No laboratório Físico-Químico também se faz a análise da água utilizada para o processo de fabricação, bem como, testes para saber se os equipamentos utilizados na Produção foram limpos corretamente, se ficaram resíduos de produtos ou materiais de higienização utilizados no processo de limpeza dos reatores durante os processos de sanitização dos equipamentos.

No Controle da Qualidade utilizam-se equipamentos de alta tecnologia, solventes e reagentes químicos. (RODRIGUES VAN, 2010)

As matérias-primas são reanalisadas sempre que necessário, de acordo com um programa pré-estabelecido.

Estas realizações envolvem riscos ambientais, biológicos, químicos e físicos, bem como, ergonômicos, os quais exigem medidas específicas para a redução ou até mesmo a mitigação dos impactos ocorridos. (RODRIGUES VAN, 2010)

Assim, o controle de qualidade é muito importante para que as características essenciais como a segurança, eficácia e credibilidade dos seus produtos sejam asseguradas para os consumidores. É um conjunto de operações que assegura e verifica se os produtos estão dentro dos padrões de qualidade exigidos. (ROCHA, 2014)

Para se ter qualidade em seus produtos ou serviços, uma empresa deve passar por um processo constante de implementação e execução de um conjunto de normas que de acordo com Rocha e Galende (2014) “[...] sugere a obrigação de um empenho organizado de todos os funcionários, a fim de evitar ou eliminar erros em cada uma das fases da produção”.

Com um controle de qualidade bem estabelecido, que se estende desde os insumos e matérias primas utilizado até os produtos finalizados, é possível que a indústria consiga a otimização dos processos, redução do tempo e desperdícios, sustentabilidade, padronização de procedimento e de produtos finais. (ROCHA, 2014)

A fabricação de um produto requer um conjunto de diversas tecnologias. Durante as etapas do processo, os funcionários da área de controle de qualidade realizam vários ensaios para se certificar se determinadas propriedades de insumos e produtos estão de acordo com as especificações requeridas. (ROCHA, 2014)

Segundo Rocha e Galende (2014), “são atribuições do controle de qualidade em uma indústria: desenvolver, constituir, alterar e treinar metodologias analíticas e operações de laboratório fundamentadas em referências oficialmente reconhecidas e realização de estudos internos de validação de métodos; monitorar os aparelhos da empresa; determinar especificações escritas sobre todos os produtos utilizados (matéria-prima, materiais de embalagem, produtos intermediários e produtos acabados); emitir certificados de análise e

laudos analíticos, desenvolver e aplicar programas internos de auditoria, organizacionais e de documentação”. (ROCHA, 2014)

2.2.2 Análise de Matérias Primas

A análise de matérias primas antes da sua utilização, é de grande importância em uma indústria de cosméticos. (ROCHA, 2014)

Visto que este segmento de fabricação atende às necessidades quanto à saúde e bem-estar dos clientes, o cuidado com os materiais deve fazer parte da prioridade do processo. (ROCHA, 2014)

Para a identificação de matérias primas, têm-se diversos tipos de testes, sendo um deles a espectroscopia de infravermelho médio. (ROCHA, 2014)

Esta técnica tem por base a identificação por meio de comparação entre a amostra e o padrão existente na especificação de cada material, onde as vibrações moleculares provocadas pela incidência de raios de infravermelho, provocam uma vibração única para cada material, o que comprova a identificação de cada amostra analisada. (ROCHA, 2014)

Outros testes também são utilizados em um laboratório de controle de qualidade, como, titulações, análise de teste de aparência, odor, interações químicas com determinados reagentes, entre outros. (ROCHA, 2014)

Esse trabalho faz referência à espectroscopia de infravermelho médio, técnica utilizada para grande parte das matérias primas no laboratório onde o projeto de melhoria foi desenvolvido. (ROCHA, 2014)

2.3 Empresa de Cosméticos

A história dos cosméticos iniciou-se há 30 mil anos, com os homens pré-históricos que pintavam seus corpos e se tatuavam. Para isso utilizavam terra, cascas de árvores, seiva de folhas esmagadas e orvalho. (GUIA-ME, 2017)

Na Antiguidade os egípcios foram os primeiros a usar os cosméticos e produtos de tocador em larga escala. (GUIA-ME, 2017)

Há milhares de anos eles já utilizavam óleo de castor como bálsamo e proteção, e tinham o hábito de tomar banho usando como sabão uma mistura perfumada à base de cinzas ou argila.

Usavam também extratos vegetais, como a hena. Eles tinham caixas de toalete para guardar seus cosméticos, e enterravam os faraós junto com seus cremes e poções de beleza.

Na Grécia antiga os banhos eram uma prática muito comum, e a higiene e o asseio eram valorizados. (GUIA-ME, 2017)

Já nas últimas décadas do século XX, a maquiagem passa a fazer parte das cores da alta costura, e o filtro solar ganha grande importância para prevenir os danos provocados pelo excesso de sol. (GUIA-ME, 2017)

Os consumidores tornam-se cada vez mais exigentes de fórmulas mais leves e modernas com resultados mais rápidos e que resultem em benefícios visualmente eficazes.

Os cosméticos não apenas cobrem as imperfeições, mas controlam rugas e escondem as marcas do tempo. (GUIA-ME, 2017)

Uma das maiores revoluções do século XX, datada em 1995, quando a nanotecnologia entra pela primeira vez na fórmula dos cosméticos. (GUIA-ME, 2017)

A Lancôme, divisão de produtos de luxo da LoOreal, lança um creme facial com nanocápsulas de vitamina E para combater o envelhecimento usando uma fórmula desenvolvida e patenteada pela Universidade de Paris. (GUIA-ME, 2017)

A partir daí as maiores empresas mundiais de cosméticos começam a investir em pesquisa e desenvolvimento de diversas linhas de produtos que utilizam a nanotecnologia.

Outra característica dos anos 90 foi o fortalecimento de linhas de produtos feitos com ingredientes naturais. (GUIA-ME 2017)

Ingredientes amazônicos, como a castanha do Pará, guaraná e andiroba, ganham espaço na preferência dos consumidores em produtos como cremes, xampus e perfumaria.

Atualmente são inúmeras as indústrias no mercado cosmético que atuam em segmentos naturais, utilizando de diversos extratos nacionais que resultam em alta qualidade e redução ou ausência de restrições da derme. (GUIA-ME, 2017)

2.3.1 Classificação das cinco maiores empresas no ramo de cosméticos em 2012

Segundo publicação de Marcela Ayres (2012), as cinco maiores empresas de beleza do Brasil são:

1. Natura, Figura 5



Figura 5 - Natura

Fonte: Natura (2017)

A Natura é uma empresa brasileira que atua no setor de produtos de tratamento para o rosto, corpo, sabonetes, barba, desodorantes, óleos corporais, maquiagem, perfumaria, barba, cabelos e linha infantil. (NATURA 2017)

Fundada em 1969 por Antônio Luiz Seabra, hoje está presente no Brasil, Argentina, Chile, Colômbia, México, Peru, Venezuela e França e Estados Unidos, além de outros 63 países indiretamente. (NATURA 2017)

O número de funcionários, chamados na empresa de "colaboradores", atingiu 7.000 em 2013 e o de consultoras estimado em 1,5 milhão. (NATURA 2017)

Após abrir uma loja e uma pequena fábrica no bairro da Vila Mariana em São Paulo, em 1974 a empresa deixou de oferecer seus produtos em lojas e passou a vendê-los no modelo de venda-direta. (NATURA 2017)

Em 2016, adquiriu por um valor não informado a compra da Emeis Holdings Pty Ltd, dona da rede de cosméticos australiana. (NATURA 2017)

Em 2017, realizou a compra da rede The Body Shop da L'Oréal, por cerca de € 1 bilhão, aumentando significativamente sua presença internacional e faturamento global. (NATURA 2017)

2. Unilever, Figura 6.



Figura 6 - Unilever

Fonte: Unilever (2017)

Compreendendo um grupo de mais de 400 marcas que se relacionam, a Unilever detém diversos campos de atuação.

“Quando os consumidores buscam alimentos balanceados nutricionalmente ou sorvetes para intolerantes, sopas saudáveis econômicas, shampoos luxuosos ou produtos de cuidados domésticos diários, há uma boa chance da marca escolhida ser uma das nossas. Sete entre cada dez casas no mundo têm pelo menos um produto Unilever. Nossa família de marcas domésticas líderes mundiais inclui Lipton, Knorr, Dove, Axe, Hellmann's e Omo. Marcas locais confiáveis criadas para atender as necessidades específicas dos consumidores no mercado doméstico incluem Blue Band, Pureit e Suave.

Seja qual for a marca, onde quer que seja comprada, estamos trabalhando para garantir que ela tenha um papel para ajudar a atender nosso objetivo como negócio – tornar comum a vida sustentável”. (UNILEVER, 2017)

2.3.2 História da Unilever

A Unilever é uma multinacional britânica-neerlandesa de bens de consumo co-sediada em Roterdã, nos Países Baixos, e em Londres, no Reino Unido. (UNILEVER, 2017)

Seus produtos incluem alimentos, bebidas, produtos de limpeza e produtos de higiene pessoal. (UNILEVER, 2017)

É a terceira maior empresa de bens de consumo do mundo medida pela receita de 2012, após a Procter & Gamble e a Nestlé. (UNILEVER, 2017)

A Unilever é a maior produtora de alimentos untáveis do mundo, como a margarina. Uma das empresas multinacionais mais antigas, seus produtos estão disponíveis em cerca de 190 países. (UNILEVER, 2017)

É uma empresa de listada em duas bolsas de valores, composta da Unilever N.V., com sede em Roterdã, e a Unilever PLC, sediada em Londres. As duas empresas operam como uma única empresa, com um conselho de administração comum. (UNILEVER, 2017)

A Unilever está organizada em quatro divisões principais: Alimentos, Refrescos (bebidas e gelados), Cuidados Domésticos e Cuidados Pessoais. (UNILEVER, 2017)

Possui instalações de investigação e desenvolvimento no Reino Unido, nos Países Baixos, na China, na Índia e nos Estados Unidos. (UNILEVER, 2017)

Foi fundada em 1930 pela fusão da produtora de margarina holandesa Margarine Unie e da britânica Lever Brothers. (UNILEVER, 2017)

Durante a segunda metade do século XX a empresa ficou mais diversificada e expandiu suas operações em todo o mundo. Ela fez várias aquisições corporativas, incluindo a Lipton (1971), a Brooke Bond (1984), a Chesebrough-Ponds (1987), a Best Foods (2000), a Ben & Jerry (2000), a Alberto-Culver (2010) e a Dollar Shave Club (2016). (UNILEVER, 2017)

Em 2015, sob a liderança de Paul Polman, a empresa mudou gradualmente seu foco para marcas de saúde e beleza e longe de marcas de alimentos com crescimento lento. (UNILEVER, 2017)

2.3.2.1 Plano de sustentabilidade Unilever (PSU)

Segundo o portal da UNILEVER, a PSU tem três grandes metas:

- Ajudar mais de um bilhão de pessoas a melhorar sua saúde e bem-estar.
- Reduzir pela metade a pegada ambiental dos produtos.

Obter 100% das matérias-primas agrícolas de forma sustentável e melhorar as condições de vida das pessoas envolvidas na cadeia de valor. (UNILEVER, 2017)

3. Avon, Figura 7



Figura 7 - Avon

Fonte: Avon (2017)

2.3.3 História da Avon

A Avon, há 130 anos, empenha-se em favor da beleza, da inovação, do otimismo e, sobretudo, das mulheres. (AVON,2017)

A empresa cria e distribui produtos que são vendidos por mais de seis milhões de revendedores independentes, no mundo inteiro. (AVON, 2017)

O portfólio de produtos inclui linhas completas de maquiagem, produtos para cuidados da pele, fragrâncias, moda e itens para decoração, por meio de marcas como a Linha Avon de Maquiagem, Renew, Avon Care, Skin-So-Soft e Advance Techniques. (AVON, 2017)

Em fevereiro de 2015:

- ✓ 60% de todos os funcionários da Avon eram mulheres;
- ✓ 45% dos cargos de direção ou hierarquicamente superiores eram ocupados por mulheres;
- ✓ 45% dos cargos de gerente sênior ou hierarquicamente inferiores eram ocupados por mulheres;
- ✓ em metade dos principais mercados da empresa, há uma mulher ocupando o cargo de vice-presidente de vendas.

No Brasil, a Avon opera desde 1958, comercializando produtos em todo o território nacional. (AVON, 2017)

Atualmente, o país representa a maior operação da companhia e detém sua maior força de vendas. Possui unidades nos seguintes estados: São Paulo (Fábrica e Centro de Distribuição), Ceará (Centro de Distribuição) e Bahia (Centro de Distribuição). (AVON 2017)

O Centro de Distribuição de São Paulo, em Cabreúva, é o maior da empresa, certificado com o selo Leed Gold, que o qualifica como construção verde. (AVON, 2017)

A cada campanha de venda, que dura em média 19 dias, 1,5 milhão de revendedores autônomos interagem com milhões de brasileiros e suas famílias, levando beleza e desenvolvendo relacionamentos. (AVON, 2017)

Esses revendedores são informados e capacitados por meio de vários canais de comunicação e ferramentas na internet, além dos encontros pessoais, em reuniões de vendas organizadas a cada campanha. (AVON, 2017)

Por ser a maior operação da empresa no mundo, a Avon Brasil exerce grande influência sobre as decisões de desenvolvimento de produtos.

A linha de hidratação corporal Encanto, por exemplo, foi desenvolvida com foco na necessidade da mulher brasileira. O mesmo aconteceu com a fragrância Luiza Brunet. (AVON, 2017)

4. P&G, Figura 8



Figura 8 - P&G

Fonte: P&G (2017)

2.3.4 Origem da P&G

Procter & Gamble (P&G) é uma empresa estadunidense fundada em 1836 que reúne um enorme conglomerado de sub-empresas, produzindo alimentos, produtos de higiene e limpeza, dentre outros produtos. (P&G, 2017)

Em 2005 comprou a Gillette, que além dos aparelhos de barbear também era dona das marcas Oral-B, das pilhas Duracell e eletrodomésticos Braun. (P&G, 2017)

A P&G emprega atualmente pouco mais de 138.000 funcionários ao redor do mundo. A empresa ficou popularizada no Brasil pelo slogan que faz alusão a sua sigla “Provou Gostou”.

Detém mais de 380 marcas por todo mundo. Algumas delas são comercializadas apenas em alguns países, outras são consumidas em quase todo o mundo. (P&G, 2017)

Os principais países a receberem produtos da Procter & Gamble são os Estados Unidos e o Canadá e seu maior concorrente é a Unilever. (P&G, 2017)

No segundo semestre de 2011 a empresa fechou um contrato milionário com o Flamengo para ser patrocinadora master do seu time de futebol. (P&G, 2017)

O valor da negociação foi de 5,6 milhões por 4 meses de contrato.

Procter & Gamble foi um dos principais patrocinadores dos Jogos Olímpicos de 2012 de Londres patrocinando 150 atletas, bem como um dos principais patrocinadores dos Jogos Olímpicos de Inverno de 2014, em Sochi. (P&G, 2017)

Será também patrocinadora dos Jogos Olímpicos de Inverno de 2018 em Pyeongchang, Coreia do Sul. (P&G, 2017)

5. Grupo Boticário, Figura 9



Figura 9 - Grupo Boticário

Fonte: Grupo Boticário (2017)

O Boticário é a antiga denominação de "farmacêutico" e foi o nome adotado por Miguel Krigsner, para a sua farmácia de manipulação, que abriu portas, no dia 22 de março de 1977 na cidade de Curitiba, localizada no estado do Paraná. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

A ideia surgiu depois de um curso em Porto Alegre em que Krigsner participou e onde a manipulação artesanal de medicamentos começava a ser redescoberta, dando ao paciente uma opção de tratamento personalizada, principalmente dentro da dermatologia. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

Mais do que uma simples farmácia teria de ser um local muito agradável, onde as pessoas se sentissem bem. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

Em vez dos balcões repletos de remédios, a loja tinha uma sala alcatifada, sofá, revistas e café para aqueles que quisessem aguardar pela preparação da sua receita. Era o início do atendimento especial que a marca mantém e aprimora até hoje. (O BOTICÁRIO, 2017)

Na farmácia de manipulação onde começou a história de O Boticário em lugar dos habituais ajudantes de Farmácia, estavam ao balcão os próprios farmacêuticos e proprietários, transmitindo, assim, uma imagem de seriedade e confiança. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

Em pouco tempo, principalmente devido ao "boca a boca", as pessoas passaram a ir até à farmácia à procura de produtos, que já eram sinónimos de qualidade. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

Foi neste contexto que Miguel Krigsner partiu, depois da manipulação de receitas, para a produção de produtos com a marca O Boticário. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

Começou por bater os cremes numa batedeira que a irmã tinha recebido a mais de presente de casamento. (GRUPO BOTICÁRIO, 2017)

E assim nasceram os primeiros produtos - um creme hidratante, um shampoo e um banho de espuma à base de algas marinhas e a primeira colónia da marca a, até hoje famosa, Acqua Fresca. (O BOTICÁRIO, 2017)

Nos últimos 17 anos, o setor de cosméticos apresentou um crescimento médio composto de 10% ao ano no Brasil.

A indústria brasileira, em 2012, faturou R\$ 34 bilhões, líquidos de impostos sobre as vendas., conforme Folha de São Paulo em 17 de outubro de 2017. (GUIA-ME, 2017)

2.4 Qualidade

Qualidade: Exigência ou necessidade?

São várias as definições para qualidade e todas elas apontam para um mesmo horizonte: o cliente. (WERKEMA, 1995)

O termo qualidade tornou-se tão abrangente para as organizações que novas terminologias estão surgindo para melhor conceituar o conjunto de processos que determinam a excelência de um produto ou serviço. (WERKEMA, 1995)

Entre elas estão Gestão para a Qualidade Total, Gerência de Qualidade Total, Controle de Qualidade Total (CQT ou TQC). (WERKEMA, 1995)

A qualidade de um produto ou serviço pode ser mensurada, quando essa, atende às necessidades de seus clientes de forma agradável. (WERKEMA, 1995)

Além disso, cada pessoa tem uma visão diferente no momento de comprar um produto ou desfrutar de um serviço, pois, estarão baseadas naquilo que aprenderam, nas suas expectativas e também em suas necessidades, que poderão ser distintas. (WERKEMA, 1995)

Oferecer produtos ou serviços que superem as expectativas do cliente tornou-se um conceito muito comum para a qualidade, por isso os autores James Cortada e Heitor Quintella

(1994), recorrem aos gurus do CQT para destacar as seguintes definições: “melhoria contínua” de W. Edwards Deming, “próprio para o uso” segundo Joseph M. Juran, “em conformidade com os requisitos” utilizada por Philip Crosby e “o mais econômico, o mais útil e que sempre satisfaça o consumidor” proposta pelo japonês Karuo Ishikawa. (WERKEMA, 1995)

Shoji Shiba, Alan Graham e David Walden (1997), definem a qualidade como sendo quatro adequações do produto ou serviço. (WERKEMA, 1995)

A primeira delas é a “adequação ao padrão”, ou seja, o produto deve funcionar como o planejado pelos projetistas, atendendo às normas e padrões preestabelecidos. (WERKEMA, 1995)

A segunda, a “adequação ao uso”, verifica se o produto ou serviço está suprimindo as exigências do cliente e do mercado. (WERKEMA, 1995)

A terceira, a “adequação ao custo”, que indica o equilíbrio entre a qualidade e o baixo custo, exige grande inspeção durante o processo de produção para que todas as unidades fiquem dentro dos padrões e nenhuma precise ser descartada, desperdiçada. (WERKEMA, 1995)

E a última adequação indicada é a “adequação à necessidade latente”, que significa a satisfação das necessidades do cliente antes que ele esteja consciente dela. (WERKEMA, 1995)

O autor Vicente Falconi (1992) também conceitua a qualidade como uma aliança entre o projeto, as necessidades do cliente e o custo. (WERKEMA, 1995)

Ele enfatiza o sistema da qualidade como determinante para o sucesso de uma organização. (WERKEMA, 1995)

Segundo PALADINI, 1990, como uma definição de controle de qualidade têm-se um sistema dinâmico e complexo, que abrange todos os setores da fábrica – direta ou indiretamente com o objetivo de melhorar o produto final e manter essa melhoria, operando em níveis economicamente aceitáveis. (WERKEMA, 1995)

Primeiramente, ações em nível de setor e indivíduo garantirão o gerenciamento e implantação da qualidade por toda a empresa, e em segunda análise, em nível de alta administração com a aprovação das políticas e metas para a qualidade propostas pela gerência.

Porém, segundo Oakland (1994), para um programa da qualidade ser bem-sucedido ele deve ser aplicado em todas as áreas e começar pelo topo. (WERKEMA, 1995)

A alta gerência deve demonstrar que o projeto tem seriedade; a média gerência, papel importantíssimo, deve dominar os princípios da Gerência da Qualidade e explicá-los aos chefiados estando segura que o comprometimento com a qualidade é passado aos subordinados. Quando difundido em toda a organização, esse nível de gerência deve assegurar que os esforços

e realizações de seus subordinados obtenham o reconhecimento, a atenção e a recompensa que merecem. (WERKEMA, 1995)

Segundo Ishikawa (1993), a gestão da qualidade só é bem-sucedida se todos assumirem suas próprias responsabilidades e o topo da administração tiver conhecimento dos processos. Os programas de Gestão da Qualidade garantem maior segurança à empresa no sentido de ser capaz de fornecer produtos que atendam requisitos de clientes de forma consistente, fazendo com que ela se torne competitiva. (WERKEMA, 1995)

Enfim, nota-se que três fatores são fundamentais para identificar e resolver problemas: trabalho em equipe, comprometimento e ter as competências necessárias. (WERKEMA, 1995)

2.4.1 Conceito de qualidade

O conceito de Qualidade é definido de vários modos pelos gurus da qualidade:

- ✓ Adequação para o uso;
- ✓ Redução da variabilidade;
- ✓ Atendimento às especificações, entre outros.

Através do controle e melhoria da qualidade reduz-se a variabilidade dos processos e produtos e evitam-se desperdícios de tempo, como por exemplo, as horas destinadas a retrabalho; desperdícios de materiais, como, a produção de produtos não conformes e outros. Além disso, controlar e melhorar a qualidade possibilita que os esforços da organização estejam coordenados a atender os anseios dos clientes. (WERKEMA, 1995)

No entanto, qualidade não pode ser definida apenas como ausência de defeito, pois um produto isento de defeitos, mas com um preço elevado, não atenderá as expectativas dos clientes, já que ninguém estará disposto a comprá-lo. (WERKEMA, 1995)

Um outro fator a ser observado é que Qualidade é um conceito subjetivo que está relacionado diretamente às percepções de cada indivíduo. (WERKEMA, 1995)

Diversos fatores como cultura, modelos mentais, tipo de produto ou serviço prestado, necessidades e expectativas influenciam diretamente nesta definição. (WERKEMA, 1995).

2.4.2 História da Gestão da Qualidade

Desde a Antiguidade, a qualidade possui diferentes formas de acordo com o tipo de negócio. Nos séculos XVIII e XIX, os artesãos relacionavam a qualidade de um produto ao fato de atender às necessidades de seus clientes. (KERDNA, 2017)

Com a **Revolução Industrial**, os artesãos perderam clientela, assim, a mão de obra de trabalhos manuais foi substituída por trabalhos mecânicos, sendo necessário inspecionar todos os processos, dando início ao modelo do Taylorismo, de produção em série. (KERDNA, 2017)

Na **Primeira Guerra Mundial** (1914-1918), foram encontrados vários defeitos em produtos bélicos, mesmo havendo pessoas responsáveis pela supervisão da qualidade destes produtos. (KERDNA, 2017)

Na **Segunda Guerra Mundial** (1939-1945), a indústria foi impulsionada a produzir materiais bélicos de qualidade. Foi nesse período, que o controle estatístico da qualidade se destacou. (KERDNA, 2017)

Assim, em 1931, W. A. Shewart, em uma publicação, decidiu mostrar alguns conceitos sobre qualidade. Walter Andrew Sherwart, físico, engenheiro e estatístico norte-americano, também conhecido como “Pai do controle estatístico da qualidade”, iniciou estudos sobre a qualidade nas indústrias e demais locais de produção. (KERDNA, 2017)

Desenvolveu o CEP - Controle Estatístico de Processo, e criou o ciclo PDCA, método usado para resolver problemas, controlar e melhorar processos de forma constante.

O Japão foi um dos países que se destacou, pois houve a necessidade da melhoria de seus produtos. (KERDNA, 2017).

Atualmente, os consumidores exigem cada vez mais qualidade dos serviços e produtos que adquirem. Por isso, surgiram ferramentas do governo para auxiliar na defesa do consumidor. (KERDNA, 2017)

No Brasil, por exemplo, existe o Sistema Nacional de Informações de Defesa do Consumidor (SINDEC), sistema do Ministério da Justiça que realiza a gestão dos atendimentos realizados pelo Procon; e o site Consumidor.gov, uma plataforma que faz a integração entre empresa e consumidor, com o objetivo de ajudá-los a solucionar os problemas de consumo. Essa plataforma está sob a supervisão dos Procons e da Secretaria Nacional do Consumidor do Ministério da Justiça. (KERDNA, 2017)

Em 1950, o americano Edwards Deming surgiu com o método de controle estatístico no Japão, introduzindo-o a técnicos e engenheiros. (KERDNA, 2017) Em 1954, Joseph Juran contribuiu com a evolução da qualidade para os japoneses. Outros autores também ajudaram a formar esse conceito, e nas décadas de 70 e 80, as potências mundiais da época, Estados Unidos e Japão, aprimoraram os processos da qualidade, de maneiras distintas. (KERDNA, 2017)

A partir daí organizações do mundo todo implementaram os modelos de Gestão da Qualidade. A partir do século XX, os consumidores tornaram-se cada vez mais exigentes, cobrando qualidade do produto. (KERDNA, 2017)

2.4.3 Gestão de Qualidade no Brasil

O modelo de Gestão da Qualidade começou a ser implantado no Brasil a partir de 1990. Através dele, a organização passou a adquirir novas competências como: aprender novos procedimentos, ter atitudes diferenciadas, interação com o público interno e externo e também com o mercado. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

Além disso, a década de 90 trouxe o início da utilização das normas ISO 9000, bem como, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, criado pelo Governo Federal com o objetivo de auxiliar na competitividade dos produtos brasileiros.

Vários Estados do Brasil implantaram e criaram programas da qualidade.

Atualmente, os consumidores exigem cada vez mais qualidade dos serviços e produtos que adquirem. Por isso, surgiram ferramentas do governo para auxiliar na defesa do consumidor. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

No Brasil existe o Sistema Nacional de Informações de Defesa do Consumidor (SINDEC), sistema do Ministério da Justiça que realiza a gestão dos atendimentos realizados pelo Procon; e o site Consumidor.gov, uma plataforma que faz a integração entre empresa e consumidor, com o objetivo de ajudá-los a solucionar os problemas de consumo.

Essa plataforma está sob a supervisão dos Procons e da Secretaria Nacional do Consumidor do Ministério da Justiça. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

O Controle Estatístico de Processo – CEP - foi sem dúvida a primeira ferramenta da qualidade a ser utilizada na indústria brasileira na década de 60. Na década de 70, algumas empresas, influenciadas pela Petrobrás, passaram a adotar a Normatização de seus procedimentos, baseados na 10CFR50, uma versão tenra das Normas de Garantia da Qualidade,

as quais foram utilizadas como base para a geração da “família ISO 9000”, na década de 80. Ainda naquela década, aportou no Brasil o Círculo de Controle de Qualidade – CCQ, dando início a uma série de utilização de ferramentas japonesas por empresas instaladas no Brasil. No início da década de 90, estimuladas pela abertura de mercado no Brasil e pela globalização da economia, as empresas passaram a adotar sistemas de gestão oriundo do Japão, como a Gestão pela Qualidade Total - TQC, a Manutenção Produtiva Total – TPM e a Produção Enxuta – Just-In-Time ou Lean Manufacturing, este último inspirado no Sistema Toyota de Produção. Nesta mesma década foi criada a Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade, responsável pelo Prêmio de maior reconhecimento de Excelência de Gestão, que utilizou como referência para seus critérios os Prêmios Malcolm Baldrige (Estados Unidos) e o Europeu. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

O governo brasileiro, com o objetivo de disseminar a Qualidade em todas as instituições, públicas e privadas, criou o Programa Brasileiro para Qualidade e Produtividade. Para o sucesso de qualquer uma destas Ferramentas ou Sistemas de Gestão, o Programa japonês 5S, foi e é utilizado de maneira unânime, como uma Base física e cultural. Ainda no final da década de 90, e já neste milênio, cresceu a utilização das técnicas de Six Sigma, para garantir a estabilidade de processos, com o objetivo de reduzir à quase zero (3,4 Partes defeituosas por Milhão) o número de não-conformidades. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

Após resultados extraordinários obtidos pela General Eletric, naquela época liderada pelo atual Consultor Norte-Americano Jack Welch, várias outras empresas passaram a adotar invariavelmente esta ferramenta gerencial de cunho estatístico. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

Recentemente, várias empresas tratam esta ferramenta em conjunto com o Sistema Lean Manufacturing.

As tendências para as próximas décadas é a integração sistematizada das várias ferramentas gerenciais, a exemplo do que já está ocorrendo com as Normas ISO 9001, 14001 e OHSAS 18001. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

O desafio para as empresas é criar um modelo de gestão que evite superposições de atividades muito comuns entre os programas, tais como: Comitês, Treinamentos, Verificações e Auditorias Internas e Externas, Planos de ações, Orçamentos, Reuniões de Follow-up, etc. Não é fácil encontrar consultorias com profissionais especializados em cada um dos temas. Normalmente há consultores que são especialistas em um dos temas e generalistas em outros. O ideal é que haja uma equipe de consultores especialistas em cada tema, mas com uma visão

holística entre eles, ao mesmo tempo que tenham a flexibilidade para adequar a sua experiência às características e necessidades da empresa, sinalizadas pelas tendências de mercado. (GESTÃO DA QUALIDADE, 2017)

2.5 Seis Sigma

Concebida na Motorola, em 1987, com o objetivo de tornar a empresa capaz de competir com seus concorrentes, que fabricavam produtos de qualidade superior com menores custos, Seis Sigma se baseia na qualidade e eficiência com uma visão ampla, composta por quatro objetivos:

- ✓ Reduzir Defeitos
- ✓ Melhoria na Performance
- ✓ Aumento da satisfação do cliente
- ✓ Aumento do Lucro

No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997, quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades e apurou em 1999 ganhos de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 1995)

O Seis Sigma é um nível otimizado de desempenho que se aproxima do zero defeito em um processo. (WERKEMA, 1995)

O programa Sigma mede a capacidade do processo em trabalhar sem falhas e está ligado à redução na variação do resultado entregue aos clientes, quanto mais alto for o Sigma do processo menor será a quantidade de erros. (PEREZ-WILSON, 1998)

Na teoria, Seis Sigma representa estatisticamente 99,9999998% de produtos perfeitos, como os processos apresentam desvios, Seis Sigma significa na prática 99,99966% de produtos perfeitos. (WERKEMA, 1995)

Seis Sigma é uma poderosa estratégia de negócios que emprega uma abordagem disciplinada para capturar variabilidade dos processos, usando a aplicação de ferramentas e técnicas estatísticas e não estatísticas de forma rigorosa. (WERKEMA, 1995)

Um dos princípios por trás do Seis Sigma é que a variação em um processo cria desperdícios e erros; assim, se eliminarmos as variações, os processos serão mais eficientes.

O termo *sigma* se refere a uma escala de medida de qualidade em processos, e quando se usa essa escala em particular, os *seis sigma* equivalem a apenas 3.4 defeitos por milhão. (WERKEMA, 1995)

2.5.1 Implementação do Método Seis Sigma

Identificar e definir o desempenho estratégico da organização é o primeiro passo para avaliar a necessidade da introdução do método Seis Sigma. (SANTOS; et al 2003)

As seguintes perguntas devem ser respondidas:

- 1) Existe uma necessidade ou oportunidade de mudança crítica para o negócio?
- 2) Há uma justificativa sólida para aplicar o Seis Sigma?
- 3) Com os atuais sistemas de gerenciamento e de aperfeiçoamento de processos, a organização conseguirá alcançar o nível de melhoria requerido para o êxito contínuo do negócio?

De acordo com as respostas obtidas para essas perguntas, verifica-se se a organização está pronta para utilizar o programa Seis Sigma.

Se as respostas para as questões 1 e 2 forem positivas, há boas oportunidades para adotar a filosofia Seis Sigma, principalmente sendo negativa a resposta da questão 3. (SANTOS; et al 2003)

O comportamento dos clientes é um dos indicadores mais eficientes para se verificar a necessidade de mudanças, pois se eles estão reclamando da qualidade ou da confiabilidade dos produtos ou da qualidade do trabalho ou serviços, a organização deve realizar uma avaliação de sua situação. (SANTOS; et al 2003)

Existem algumas situações que servem como referencial para uma organização verificar a necessidade da implantação de programas da qualidade, em especial o programa Seis Sigma, estão entre elas: perda de mercado; gastos exagerados; perdas de clientes; problemas que sempre retornam causando retrabalho. (SANTOS; et al 2003)

2.5.2 Equipe Seis Sigma

Um dos diferenciais do Seis Sigma, foi a criação de uma equipe de pessoas aptas a desenvolverem e promoverem o aumento do desempenho organizacional, a partir dos resultados da implementação de projetos direcionados estrategicamente. (SANTOS; et al 2003). A equipe é composta por pessoas com papéis distintos e níveis de subordinação diferenciados, sendo esta uma forma de reunir colaboradores para que a organização consiga incrementar significativamente o desempenho de seus processos e para que aumente o padrão de qualidade de seus produtos de modo perceptível pelo cliente e desenvolva seu potencial de aprendizagem. (SANTOS; et al 2003)

As atividades de melhoria são conduzidas por projetos, denominados projetos Seis Sigma.

Os projetos são conduzidos por pessoas denominadas de Belts, que recebem treinamento intensivo em métodos estatísticos e ferramentas de gestão da qualidade.

Dependendo do perfil, nível de treinamento e habilidades, os belts podem ser Champions, Master Black Belts, Black Belts e Green Belts. (SANTOS; et al 2003)

O Seis Sigma deve ser implementado de cima para baixo (PYZDEK, 2003)

Champions: São indivíduos de nível hierárquico elevado na empresa, entendem a ferramenta e estão comprometidos com o seu sucesso. Em grandes organizações, o Seis Sigma será liderado em tempo integral por um campeão;

Master Black Belt: É um especialista nas técnicas e métodos estatísticos e de gestão da qualidade, e também na implementação de projetos

Os master black belts são a liderança técnica do programa Seis Sigma.

São eles que treinam pessoas e ajudam a remover barreiras que afetam o desenvolvimento dos projetos.

Os master black belts prestam assistência aos black belts na aplicação dos métodos em situações inusitadas;

Black Belt: é um indivíduo treinado nas técnicas e métodos estatísticos e de gestão da qualidade. Ele lidera as equipes no desenvolvimento dos projetos e tem dedicação integral ao programa;

Green Belt: é um funcionário treinado em técnicas e métodos estatísticos e de gestão da qualidade com dedicação parcial que fornece suporte na implementação e aplicação dos métodos e técnicas nos projetos.

As equipes de projetos são lideradas pelos profissionais green belts, que ao contrário dos black belts e master black belts, não são profissionais que atuam em tempo integral no programa Seis Sigma. (PYZDEK, 2003)

2.5.3 Ferramentas da Qualidade

A qualidade vem acompanhada das ferramentas estatísticas e logísticas básicas usadas no controle, melhoria e planejamento da excelência. (RODRIGUES, 2010)

Estas ferramentas foram difundidas porque demonstram por meio de dados os problemas, sua razão e a indicação de uma solução. Entre as ferramentas básicas do CQT (Controle da Qualidade Total), Vicente Falconi (1992) apresenta algumas ferramentas de controle, verificação e solução, como por exemplo as folhas de verificação, que são formulários planejados de acordo com os processos da organização, onde são coletados os dados a serem verificados e comparados. (RODRIGUES, 2010)

A lista ou folha de verificação, segundo Rodrigues (2010, p. 120) “é um formulário físico ou virtual para tabular dados de uma observação amostral, identificando a frequência dos eventos previamente selecionados em um período determinado.” (RODRIGUES, 2010)

A importância da lista de verificação se concentra na obtenção de informações para tomada de decisão, por isso, é imprescindível que os dados sejam coletados observando a forma e o período estabelecidos e processados e analisados de maneira consistente, conforme exemplo na Figura 10. (GESTÃO DE QUALIDADE, 2017)

PPGEP		Folha de Verificação														
		Metodologia Seis Sigma						Ferramentas da Qualidade								
Tipos		► Distribuição de frequência de um item de controle em processo produtivo.														
Especificação	Desvio	Verificações												Frequência		
					5				10				15			
8,300	-7															
	-6															
	-5															
	-4	X														1
	-3	X	X	X												3
	-2	X	X	X	X	X										6
	-1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					9
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				11
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					8
	2	X	X	X	X	X	X	X								7
	3	X	X	X												3
	4	X	X													2
	5	X														1
	6															
7																
Total															51	

Figura 10 - Folha de Verificação

Fonte: Blog da Qualidade (2017)

Outras ferramentas básicas são amplamente utilizadas, tais como:

2.5.4 Fluxograma

O fluxograma é um instrumento gráfico, onde os símbolos usados no fluxograma descrevem e mapeiam as diversas etapas de um processo, de forma ordenada e com uma sequência lógica, conforme Figura 11. (RODRIGUES, 2010)

Pelo fluxograma pode-se identificar o tempo, a produtividade, a confiabilidade ou a capacidade do processo. Também é possível identificar erros, duplicidade e tarefas sem valor agregado. (RODRIGUES, 2010)

É uma representação de um processo que utiliza símbolos gráficos para descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo. (CITISYSTEMS, 2017)

O objetivo é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado. (CITISYSTEMS, 2017)

As etapas do fluxograma são apresentadas utilizando-se figuras geométricas que podem ser círculos, triângulos, retângulos, linhas ou setas, sendo que cada símbolo possui um significado importante. (CITISYSTEMS, 2017)

Quando pretendemos descrever um processo através de fluxogramas, as formas mais comuns de disposição são: de forma linear (fluxograma Linear) ou de forma matricial (fluxograma Funcional ou Matricial). O fluxograma linear é um diagrama que exhibe a sequência de trabalho passo a passo que compõe o processo. Esta ferramenta ajuda a identificar retrabalhos, redundâncias ou etapas desnecessárias. (CITISYSTEMS, 2017)

Já o fluxograma funcional tem como objetivo mostrar o fluxo de processo atual e quais as pessoas ou grupo de pessoas envolvidas em cada etapa.

Neste caso, linhas verticais ou horizontais são utilizadas para definir as fronteiras entre as responsabilidades. (CITISYSTEMS, 2017)

Este tipo de ferramenta demonstra onde as pessoas ou grupo de pessoas se encaixam em cada sequência do processo e como elas se relacionam com outro grupo, conforme Figura 11, a diferença dos 2 tipos:

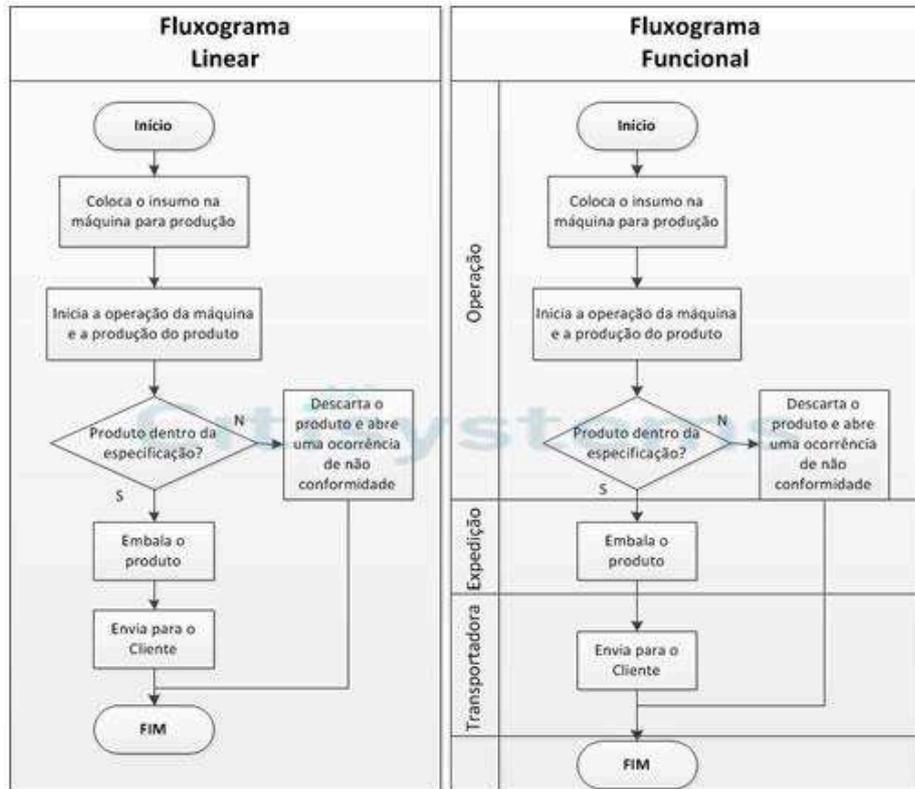


Figura 11 – Fluxograma linear e Funcional

Fonte: Citisystems (2017)

Já com relação às formas básicas utilizadas para compor um fluxograma,, elas podem ser círculos, triângulos, retângulos, linhas, setas, etc, sendo que cada uma delas tem a sua devida importância., conforme Figura 12.



Figura 12 - Formas Básicas de um Fluxograma

Fonte: Citisystemes (2017)

2.5.5 Histograma

O histograma é um gráfico de barras verticais de distribuição de frequência de dados numéricos. (RODRIGUES, 2010)

Ele permite interpretar grande volume de dados e visualizar como eventos que se repetem, variam no tempo. A montagem do histograma demanda a escolha de um processo e a definição do indicador de desempenho a ser considerado. (RODRIGUES, 2010)

Deve-se determinar o período de análise ou a quantidade de dados e realizar os cálculos para posterior construção do histograma. (RODRIGUES, 2010)

O histograma é uma ferramenta extremamente útil para conhecer os dados.

Ele nos mostra informações importantes, como centro e dispersão de conjunto de dados.

2.5.5.1 Tipos de Histogramas

Os histogramas podem ser classificados de acordo com algumas características conforme Figura 13.

- ✓ Histograma simétrico ou de “distribuição normal” apresenta uma frequência mais alta no centro e que vai diminuindo conforme se aproxima das bordas. Ele representa processos estáveis e padronizados.
- ✓ Histograma assimétrico quando apresenta apenas um ponto mais alto (pico), geralmente, representa uma situação onde a característica de qualidade possui apenas um limite de especificação e é controlada durante todo o processo.
- ✓ Histograma com dois picos costuma acontecer quando há uma mistura de dados diferentes. Por exemplo, a análise de dois tipos de matérias-primas diferentes.
- ✓ Histograma do tipo “platô”, ocorre quando há diversas misturas de distribuições com médias diferentes.

O histograma faz parte das ferramentas básicas da qualidade que podem ser aplicadas em situações menos complexas (quando se faz necessário o uso das ferramentas gerenciais) (VERGUEIRO, 2002)

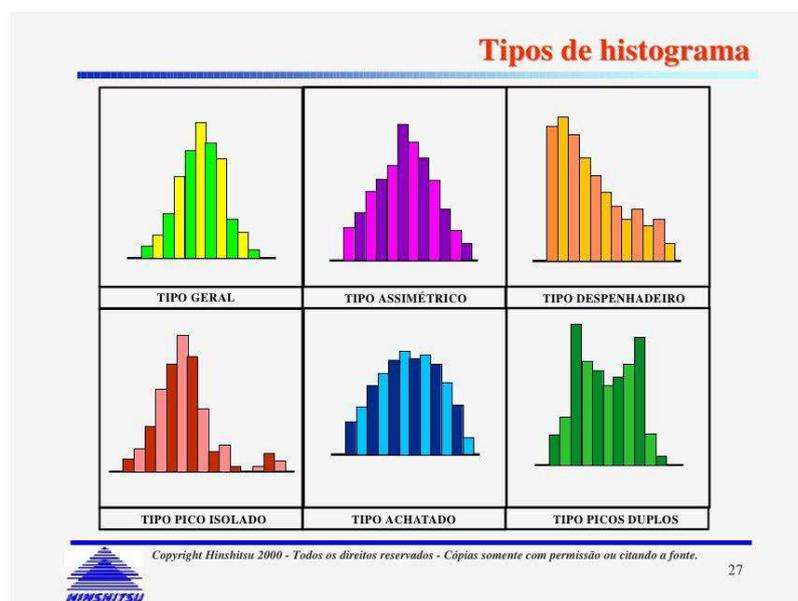


Figura 13 - Tipos de Histogramas

Fonte: CEP – Qualidade (2017)

2.5.6 Diagrama de Pareto

Vilfredo Pareto, sociólogo e economista italiano, estudando a distribuição de riqueza no seu país no século XIX, deparou-se com uma distribuição desigual de renda entre a população. Calculada matematicamente, essa desigualdade representava a concentração de 80% da riqueza nas mãos de 20% da população. (VERGUEIRO, 2002)

A mesma ideia foi aplicada à indústria, comprovando que os problemas se comportavam de forma semelhante; a partir daí esse conceito se estendeu por toda a área da Administração. (VERGUEIRO, 2002)

O diagrama de Pareto é utilizado para identificar os problemas prioritários num processo e hoje é largamente utilizado em todos os níveis organizacionais.

Apresenta-se como um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, conforme Figura 14. Mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos. É utilizado para dados qualitativos. (PORTAL ACTION, 2017)

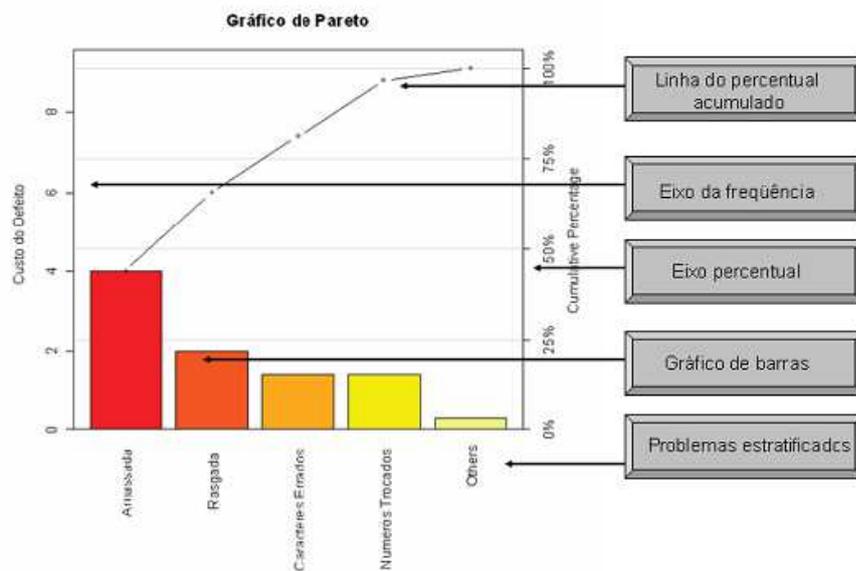


Figura 14 - Gráfico de Pareto

Fonte: Portal Action (2017)

2.5.7 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito, segundo Werkema (1995, p.101) “[...] é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado.”

Este diagrama é também chamado de diagrama espinha de peixe e diagrama de Ishikawa. Espinha de peixe pelo formato gráfico que apresenta e diagrama de Ishikawa por ter sido desenvolvido pelo engenheiro Kaoru Ishikawa, conforme Figura 15. (VERGUEIRO, 2002)

Este diagrama utiliza variáveis 6M (método, mão-de-obra, material, meio ambiente, medida e máquina). (WERKEMA, 1995)

Para elaborar um diagrama de causa e efeito é necessário realizar previamente um brainstorming ou alguma outra técnica que envolva equipes de trabalho. (RODRIGUES, 2010).

Um fator interessante a ser observado é que este diagrama não identifica entre as possíveis causas qual é a causa principal do problema, ele apenas organiza as possíveis causas a fim de facilitar a análise e a solução do problema. (WERKEMA, 1995)

Pode-se utilizar o desdobramento das causas em diagramas secundários para problemas mais complexos, neste caso as causas principais se tornariam efeitos. Com esta técnica é possível evitar diagramas excessivamente carregados. (WERKEMA, 1995)

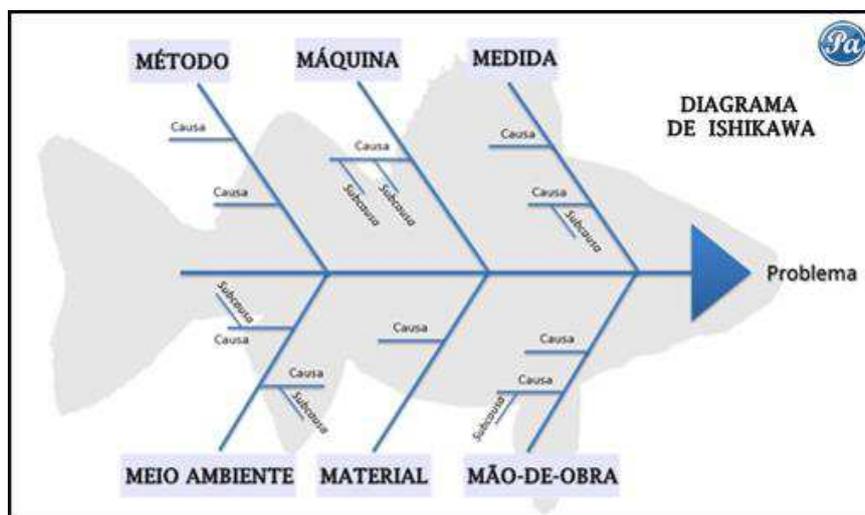


Figura 15 - Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: Blog da Qualidade (2017)

2.5.8 Carta de controle

A variação inevitável de produtos e serviços deve-se a mudanças nos fatores que compõem o processo, caracterizados por máquinas, condições ambientais, matérias-primas, fornecedores. (VERGUEIRO, 2002)

O CEP (Controle Estatístico de Processo) é utilizado para controlar essa variabilidade considerando os limites de especificação e os limites de controle. (VERGUEIRO, 2002)

Os limites de especificação são definidos pelo órgão regulador ou pelo cliente e os limites de controle indicam a situação desejada e o desempenho do processo. Para Rodrigues (2010) a carta de controle é uma forma de explicitar o CEP. (VERGUEIRO, 2002)

Nas palavras de Werkema (1995, p. 198) “os gráficos (cartas) de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo”

A carta de controle foi desenvolvida pelo matemático e estatístico Walter Shewart e por este motivo também é chamada de Carta de Shewart, conforme Figura 16.

A carta de controle é um tipo de gráfico utilizado para o acompanhamento de um processo.

Este gráfico determina estatisticamente uma faixa denominada limites de controle que é limitada pela linha superior (limite superior de controle) e uma linha inferior (limite inferior de controle), além de uma linha média. (VERGUEIRO, 2002)

O objetivo é verificar, por meio do gráfico, se o processo está sob controle, isto é, isento de causas especiais, conforme Figura 16.

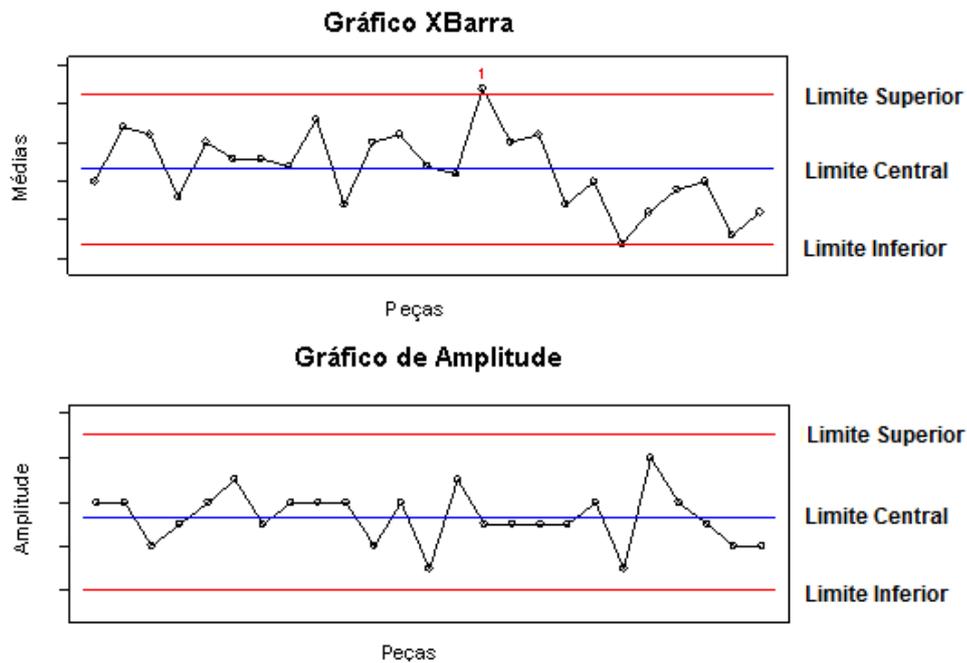


Figura 16 - Modelos de gráfico de controle

Fonte: Portal Action (2017)

2.5.9 Gráfico de dispersão

Conforme Rodrigues (2010, p.174) “a análise de dispersão é uma ferramenta que permite identificar a existência e a intensidade do relacionamento (correlação – R) entre duas variáveis.” Em outras palavras, o que acontece a uma variável se a outra se alterar? (RODRIGUES, 2010)

O gráfico de dispersão pode mostrar a influência positiva ou negativa entre as variáveis, conforme Figura 17. (RODRIGUES, 2010)

Os gráficos de dispersão são utilizados para pontuar dados em um eixo vertical e horizontal com a intenção de exibir quanto uma variável é afetada por outra, (RODRIGUES, 2010)

Cada linha na tabela de dados é representada por um marcador cuja posição depende dos seus valores nas colunas determinados nos eixos X e Y. (RODRIGUES, 2010)

Múltiplas escalas podem ser utilizadas no eixo Y para quando você quiser comparar diversos marcadores com faixas de valores significativamente diferentes. (RODRIGUES, 2010)

Uma terceira variável pode ser configurada para corresponder a cor ou ao tamanho (por ex., um gráfico de bolhas) dos marcadores, então adicionar outra dimensão ao gráfico.

A relação entre duas variáveis é chamada de correlação. (RODRIGUES, 2010)

Se os marcadores estão próximos a formar uma linha reta no gráfico de dispersão, as duas variáveis possuem uma alta correlação. (RODRIGUES, 2010)

Se os marcadores estiverem igualmente distribuídos no gráfico de dispersão, a correlação é baixa, ou zero. (RODRIGUES, 2010)

Entretanto, mesmo se a correlação pareça estar presente, esse pode não ser o caso.

Ambas as variáveis podem estar relacionadas a uma terceira variável, então expandir a sua variação ou uma pura coincidência pode causar uma aparente correlação. (RODRIGUES, 2010)

Se aplicado quando uma análise é criada, o gráfico de dispersão pode exibir informação adicional em linhas de referência ou em diferentes tipos de curvas. (RODRIGUES, 2010)

Estas linhas ou curvas podem, por exemplo, exibir quão bem os seus dados se adaptam a certo ajuste de curva polinomial ou para resumir uma coleção de pontos de dados amostrais ajustando-os a um modelo que descreverá os dados e exibirá uma curva ou uma linha reta no topo da visualização. (RODRIGUES, 2010)

A curva normalmente modifica a aparência dependendo de quais valores você filtrou na análise. Ao passar o mouse, uma dica mostra como a curva é calculada.

As ferramentas complementares da qualidade estão representadas pelo brainstorming, checklist, técnica nominal de grupo, análise de campo de forças e análise de capacidade do processo. (RODRIGUES, 2010)



Figura 17 - Gráfico de Dispersão

Fonte: Portal Action (2017)

2.5.10 Brainstorming

Conforme Rodrigues (2010, p. 159) “Brainstorming ou Tempestade Cerebral é uma técnica para auxiliar uma equipe a gerar/criar diversas ideias no menor espaço de tempo possível.”

O objetivo desta ferramenta é maximizar o fluxo de ideias, com foco na criatividade e na capacidade analítica do grupo. (RODRIGUES, 2010)

No brainstorming, todas as ideias devem ser vistas por todos e nenhuma ideia pode ser criticada ou rejeitada. (RODRIGUES, 2010)

2.5.11 Checklist

O checklist é uma ferramenta bem simples de ser utilizada, mas importante para a verificação de procedimentos repetitivos ou padronizados. Vergueiro (2002) diz tratar-se de uma lista ou relação previamente definida de atividades ou itens que devem ser verificados em cada processo.

Podem ser individuais e coletivos, e se forem coletivos deverão estar afixados em local visível por todos. Não há modelos definidos, são construídos e adaptados às necessidades da organização. (VERGUEIRO, 2002)

2.5.12 Técnica nominal de grupo

A técnica nominal de grupo é semelhante ao brainstorming, no entanto, busca formalizar e controlar o processo de sugestões. (VERGUEIRO, 2002)

O problema a ser atacado também decorre de análise dos participantes da técnica nominal de grupo, isto é, o problema não aparece como decisão única da diretoria ou de uma gerência.

Normalmente é realizado por grupo especialista no problema a ser solucionado. (VERGUEIRO, 2002)

2.5.13 Análise de campo de forças

A análise do campo de forças foi desenvolvida pelo sociólogo Kurt Lewin e tem como objetivo diagnosticar situações e propor resultados. Em qualquer situação há forças de propulsão e forças de contenção que influenciam diretamente nos resultados dessa situação.

Essa técnica identifica essas forças que podem induzir ou restringir uma situação desejada. (VERGUEIRO, 2002)

A análise do campo de forças estimula a criatividade na solução do problema e permite a visualização e priorização das forças mais influentes. (VERGUEIRO, 2002). e) Análise de capacidade do processo Rodrigues (2010, p. 150) explica que “a capacidade de um processo é sua variabilidade diante do intervalo de tolerância fixado, após a sua otimização e estabilização.

Um processo é considerado estável quando se encontra sobre controle.” (VERGUEIRO, 2002)

A análise gráfica da capacidade de um processo consiste na comparação de histogramas ou gráficos de sequências construídos para a característica da qualidade de interesse com os limites de especificação. (VERGUEIRO, 2002)

Esses gráficos são construídos a partir da carta de controle. Werkema (1995) afirma que somente os processos estáveis devem ter sua capacidade avaliada.

A autora explica que se o processo não está estável, então possui um comportamento imprevisível e não faria sentido avaliar a sua capacidade. (VERGUEIRO, 2002)

As ferramentas da qualidade podem ser utilizadas em qualquer organização de acordo com seus objetivos e alinhadas a sua estrutura Diagrama de Pareto: são eixos traçados na vertical e horizontal que permitem a visualização dos problemas em diferentes categorias e a frequência em que estão ocorrendo. (VERGUEIRO, 2002)

2.5.14 5W1H

O 5W1H é um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. (VERGUEIRO, 2002)

Deve ser estruturado para permitir uma rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto, conforme Figura 18. Os elementos podem ser descritos como:

- **WHAT** – O que será feito (etapas)
- **HOW** – Como deverá ser realizado cada tarefa/etapa (método)
- **WHY** – Por que deve ser executada a tarefa (justificativa)
- **WHERE** – Onde cada etapa será executada (local)
- **WHEN** – Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo)
- **WHO** – Quem realizará as tarefas (responsabilidade)

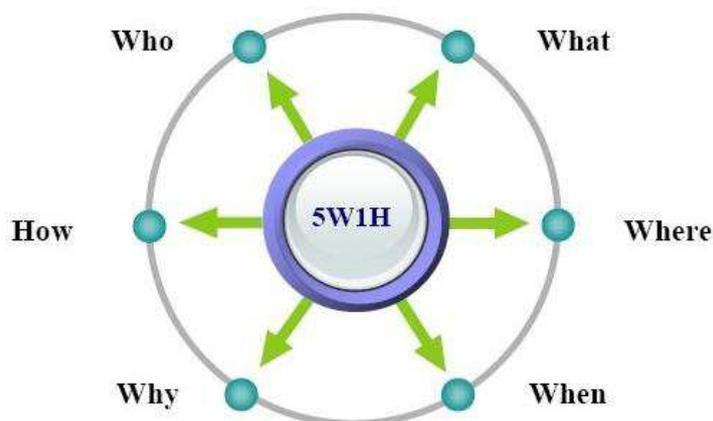


Figura 18 - 5W1H

Fonte: Ferramenta da Qualidade (2017)

2.5.15 DMAIC

Como melhoria de desempenho de processos e produtos já existentes, tem-se o DMAIC, um método estruturado para alcançar as metas que são utilizadas no Seis Sigma, conforme Figura 19.



Figura 19 - DMAIC

Fonte: Portal Action (2017)

O DMAIC é um roteiro que pertence a um conjunto de práticas do Lean Six Sigma, conforme Figura 20.

Este roteiro consiste em um anagrama de cinco palavras, que representam as cinco etapas do roteiro: definir medir, analisar, melhorar e controlar. Se bem estruturadas, as mudanças realizadas podem resultar em melhorias. (WERKENA, 2012)

Para melhorar um processo ou produto, a forma em que este é realizado passa por mudanças. O que se precisa ter em mente é que nem toda mudança resulta em melhoria. Portanto, um roteiro como o DMAIC, quando bem executado pode auxiliar, e muito, a melhoria de um processo ou produto. Ele nos ajuda a conduzir nossos projetos. (WERKENA, 2012)



Figura 20 - DMAIC - Seis Sigma

Fonte: Endeavor (2017)

O DMAIC ainda tem, em cada etapa, diversas ferramentas já conhecidas, como Project Chart, Voz do Cliente (VOC), SIPOC, Carta de Controle, 5W2H, Histograma, Diagrama de Pareto, entre outros, que guiam para atingir os resultados procurados pela empresa. WERKENA (2012)

As etapas do DMAIC, segundo WERKENA (2012), correspondem a:

DEFINIR

Estabelecer a meta, o escopo, as métricas, o time, o cronograma e o impacto financeiro estimado (caso exista).

Nesta etapa deve-se identificar os processos críticos responsáveis pela geração de maus resultados, tais como: reclamações de clientes, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, etc. (PALADINI, 2005)

Nesta etapa recomenda-se a utilização da Carta de Projeto (Project Charter), documento formal que permite a realização de um estudo racional para o projeto (WERKEMA, 2013). Nesta carta é importante constarem as informações sobre o núcleo que envolverá esclarecimentos acerca dos resultados que estão sendo procurados, confirmando valor ao negócio, estabelecendo limites e recursos, comunicando metas e planos e identificando os clientes e suas necessidades (LIN et al, 2013)

MEDIR

O passo da Medição tem o objetivo a situação do processo até o momento do início do projeto, ou seja, determinar a situação atual ou situação corrente.

Quando necessário geralmente é feita uma coleta de dados para que o projeto possa prosseguir com as análises posteriores. (WERKENA (2012)

Neste momento o processo é mapeado com suas respectivas etapas, procurando identificar as principais variáveis de entrada e saída. (WERKENA (2012)

Na fase medir, após a coleta de dados é feita uma priorização das variáveis buscando identificar as que mais são representativas no processo; para essa análise geralmente é utilizado o diagrama de Pareto, buscando o modelo 80-20, o qual indica que 20% das causas muitas vezes representam 80% do problema. (WERKENA (2012)

Nesta etapa deve acontecer o refinamento e a focalização do problema (WERKEMA, 2013), desenvolvendo-se o levantamento dos dados históricos e análise do sistema de medição das variáveis de saída (WERKENA, 2012)

A coleta de dados é essencial para validar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, objetivando a definição de prioridades e a tomada de decisões sobre os critérios que são necessários. (WERKENA (2012)

ANALISAR

Trata-se da etapa em que é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas do problema para que se aprofundar nos detalhes, identificando a(s) sua(s) atividade(s) crítica(s) (LIN et al., 2013). Além da análise dos dados coletados e da determinação das causas-raízes de defeitos, também é possível identificar as diferenças entre o desempenho real e o planejado (SANTOS, 2006)

Nesta fase, o principal objetivo é identificar as causas raízes do problema para que o conjunto de ações possa ser estruturado em um plano de ação que atue na causa real do problema e não no efeito. Tornando assim a melhoria sustentável. (SANTOS, 2006)

IMPLEMENTAR

Na fase implementar, o objetivo é construir e garantir a execução do plano de ação, realizar a implantação das soluções, o que deve contemplar ações direcionadas para as principais causas sinalizadas na etapa anterior. (SANTOS, 2006)

Antes do plano de ação, geralmente são testes das ações, para se definir quais os valores otimizados das variáveis de entrada resultarão nas melhores variáveis de saídas. (SANTOS, 2006)

CONTROLAR

Finalmente, é necessário monitorar o sistema para verificar que a melhoria é sustentável; geralmente as pessoas envolvidas são treinadas no novo padrão e são geradas padronizações como LPP (Lição ponto a ponto) e documentações que devem ser estabelecidas e mantidas. (SANTOS, 2006)

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com base na ferramenta DMAIC, de acordo com os recursos oferecidos pelo equipamento de espectrofotometria de infravermelho médio da marca Perkin Elmer modelo Spectrum 100, o qual realiza análises de materiais na forma tal qual, ou seja, não necessita de nenhum tipo de preparação anterior, conforme os limites especificados.

O processo de obtenção dos espectros, teve como técnica utilizada, a espectroscopia de infravermelho médio, com a utilização de UATR (Acessório de Reflectância Universal Atenuada).

São quatro varreduras realizadas pelo software durante a análise, as quais tem por finalidade a obtenção de uma melhor definição de bandas e linhas de base, com redução de ruídos, comparado à uma análise com somente uma varredura executada.

A metodologia de desenvolvimento deste projeto foi dividida em três etapas:

3.1 Etapa 1: Criação de uma Biblioteca de Espectros de Padrões constituída de no mínimo seis lotes aprovados para cada código de padrão.

Utilizou-se de lotes aprovados que estavam armazenados na sala de retenção de materiais, totalizando seis lotes arquivados na biblioteca para cada padrão.

As amostras foram analisadas na forma tal e qual, não necessitando de qualquer preparação para a análise, com identificação padrão de Número do Código Lote e Descrição do Material, ex.: 35242 Lote 4001112446 Tinosorb S.

3.2 Etapa 2: Definição do fator mínimo de correlação para a aceitação ou recusa do material analisado.

A determinação do fator de correlação a ser utilizado, foi baseada na correlação mínima indicada pelo fornecedor do *software* do equipamento, mínimo de 0,80000, o qual poderá ser alterado após estudos posteriores.

3.3 Etapa3: Elaboração do modelo de relatório a ser reportado para a análise de comparação.

O relatório é constituído de um formato padrão, contendo:

- ✓ Data (dia, mês e ano) e horário da análise;
- ✓ Nome do Analista;
- ✓ Código, NC (número do código), lote e descrição do padrão arquivado na biblioteca;
- ✓ Código, NC, lote e descrição do material analisado;
- ✓ Valor da correlação e indicação de “Passa” ou “Não Passa”;
- ✓ Sobreposição de curvas com cores diferenciadas.

Após a análise do material, têm-se a geração do relatório, o qual é impresso, conferido e assinado pelo analista, determinando a aprovação ou recusa do material analisado.

O equipamento utilizado para o desenvolvimento do projeto, está representado na Figura 21.



Figura 21 -Equipamento de Espectro de Infravermelho utilizado para o projeto

De maneira concisa, conforme Figura 22, o funcionamento do equipamento de infravermelho utilizado baseia-se na incidência de fonte eletromagnética sobre o material em análise, o qual encontra-se apoiado sobre um diamante.

Conforme a radiação se processa, as vibrações ocorridas na estrutura do material se manifestam resultando em sinais que são captadas por um processador de sinais, o qual as converte em bandas espectrais que identificam os grupos funcionais que o material possui.

Este espectro formado é único, garantindo a identidade do material.

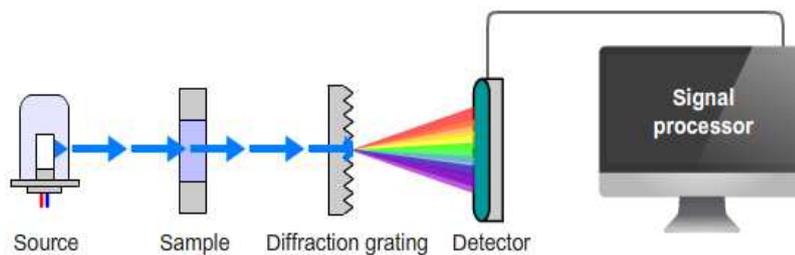


Figura 22 - Esquema básico de um equipamento de Infravermelho médio

Fonte: ChromAcademy (2017)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Figura 23, os resultados foram obtidos seguindo o fluxograma.

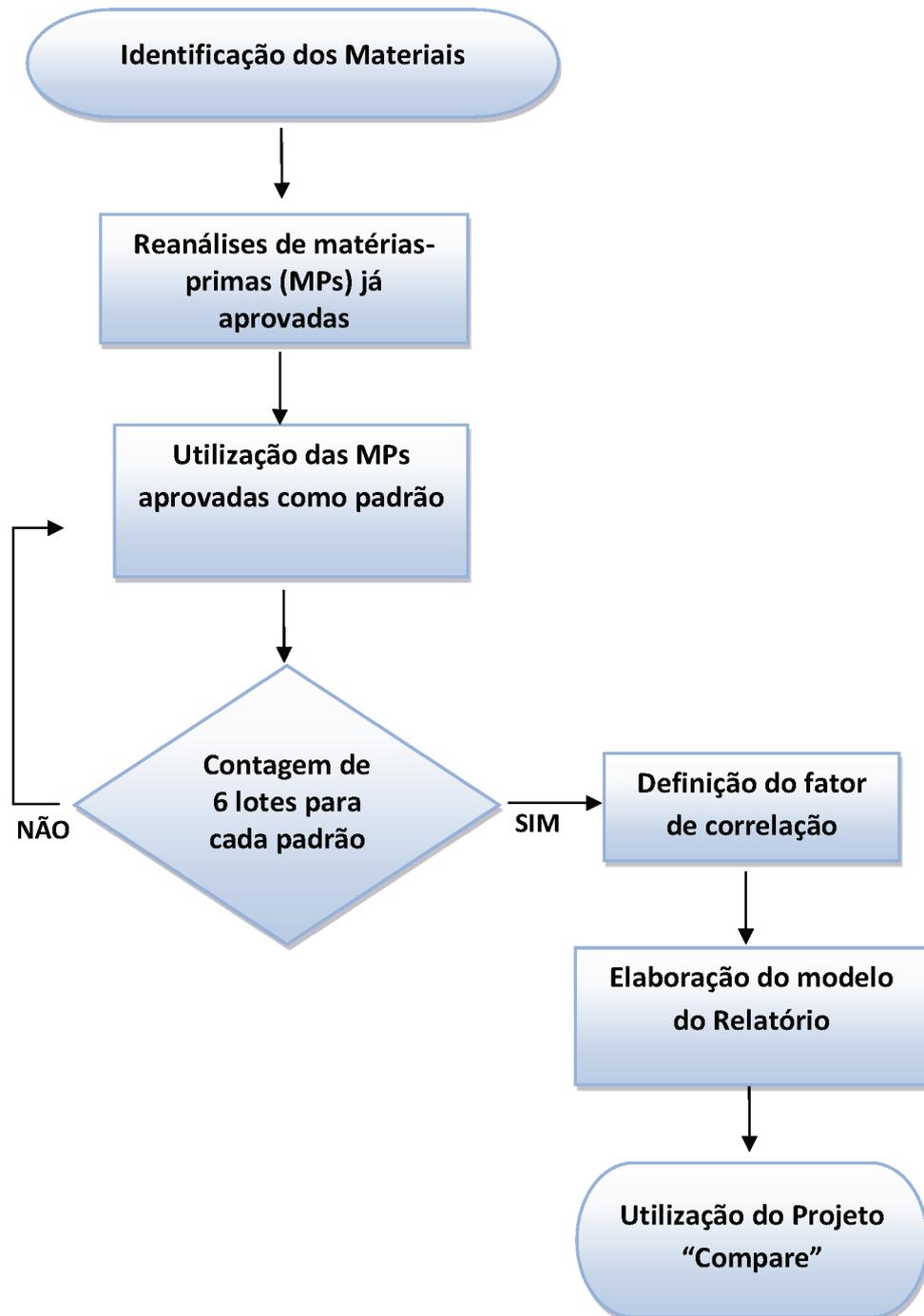


Figura 23 - Fluxograma

Durante as análises de infravermelho realizadas no laboratório químico, foi observado que o tempo médio gasto para a obtenção de resultado da análise é de 20 minutos, o que considera-se relativamente alto, pois trata-se de uma identificação simples, além do que, a comparação amostra x padrão ocorria de forma manual, ou seja, o analista, após a obtenção do espectro de infravermelho, necessitava de imprimi-lo e compará-lo visualmente com o espectro existente na especificação do material, o que possibilitava um possível desvio, já que um espectro comum pode conter várias bandas muito próximas umas das outras, conforme Figura 24.

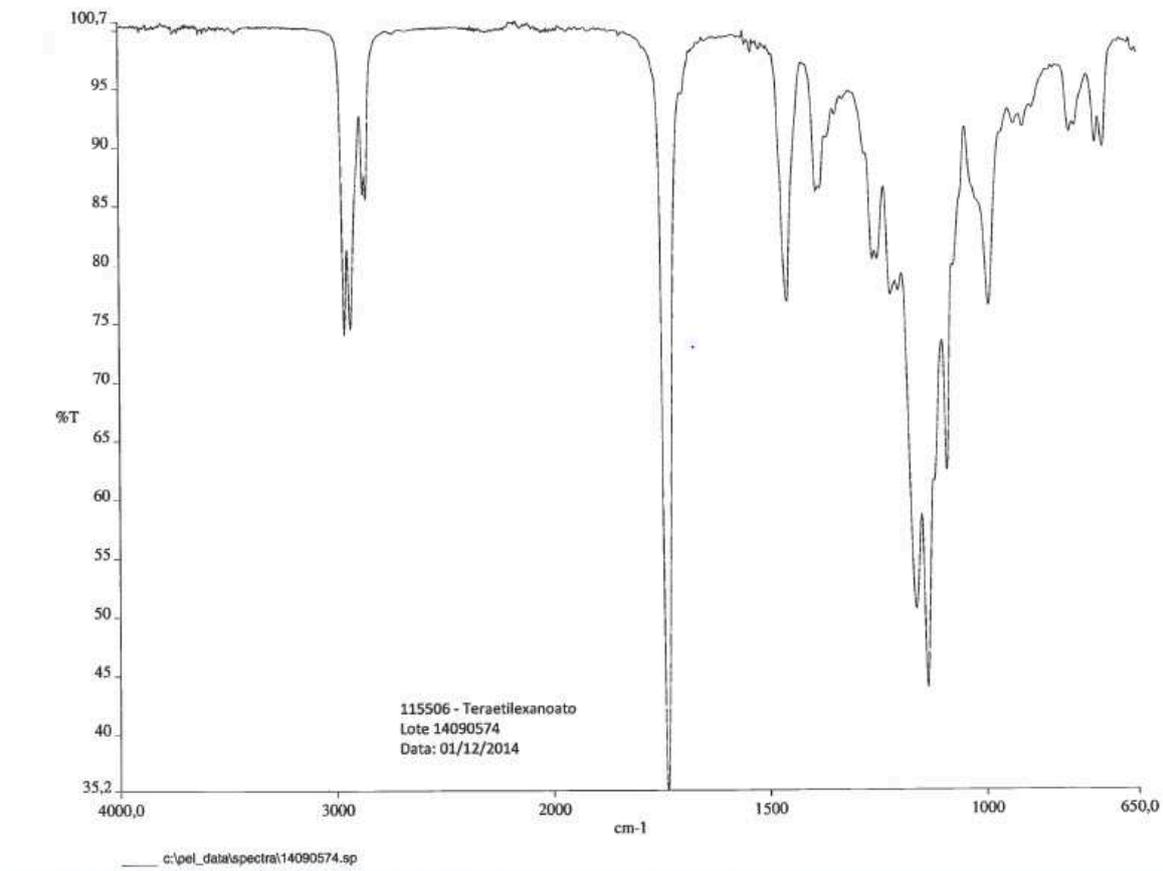


Figura 24 - Espectro de Tetraetilxanoato

Considerando a fase DEFINIR da ferramenta DMAIC, foi então identificado como projeto, a melhoria no processo de análises de materiais, com o objetivo de aumentar a robustez e qualidade, e reduzir cerca de 40 a 50% do lead time do processo.

Com base na etapa MEDIR, foi efetuado um programa de teste de reprodutibilidade da análise de infravermelho, com a finalidade de comprovar o tempo médio gasto durante a

identificação de materiais, independentemente do tipo de matéria prima, realizado por 12 analistas do laboratório.

Conforme tabela 1, foi verificado que o tempo médio gasto na comparação manual, era de 20 minutos, o que nos possibilitou seguir em frente com a investigação da causa raiz do alto tempo consumido nas análises.

Data	Analista	Material	Tempo (min)
03-jul-17	1	Talmag	19
03-jul-17	2	Tinisorb S	21
03-jul-17	3	Dióxido de Titânio	21
04-jul-17	4	Fenoxietanol	20
04-jul-17	5	Talmag	20
04-jul-17	6	Talmag	19
04-jul-17	7	Glucquart	18
05-jul-17	8	Glucquart	20
05-jul-17	9	Alkapon	21
05-jul-17	10	Alkapon	20
05-jul-17	11	Adesivo Hot melt	22
05-jul-17	12	Adesivo Hot melt	20
Média			20

Tabela 1 - Reprodutibilidade das análises antes do Projeto

Com a finalidade de identificar a causa do alto tempo de análise e baixa robustez do processo, foi utilizada a ferramenta de Matriz de Causa e Efeito, com a apresentação do gráfico de Pareto, iniciada primeiramente pelo Ishikawa, o que possibilitou encontrar a direção da qual o projeto poderia atuar, conforme Figuras 25 e 26 e 27.

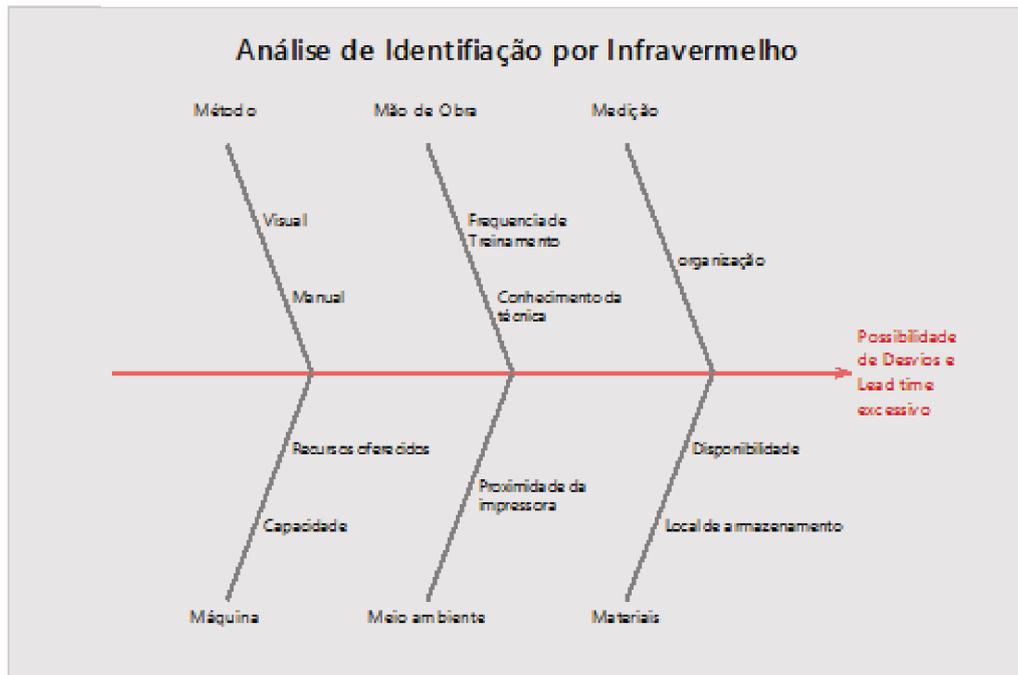


Figura 25 - Ishikawa

9 - Alto impacto
3 - Médio impacto
1 - Baixo impacto

Matriz de Causa e Efeito

Impacto	9	9				
	1	2	3	4	5	
Possíveis Causas	Lead time excessivo	Possibilidade de desvio				Total
1 Capacidade do equipamento	3	1				36
2 Recursos oferecidos pelo software	9	9				162
Organização dos acessórios de medição	3	1				36
Frequência de treinamento	1	1				18
Proximidade da Impressora	1	1				18
3 Método visual	9	9				162
Método manual	9	9				162
Local de armazenamento dos materiais	1	1				18
Conhecimento da técnica	3	3				54
4 Disponibilidade dos materiais de análise	1	1				18
Total	40	36				684

Figura 26 - Matriz de Causa e Efeito

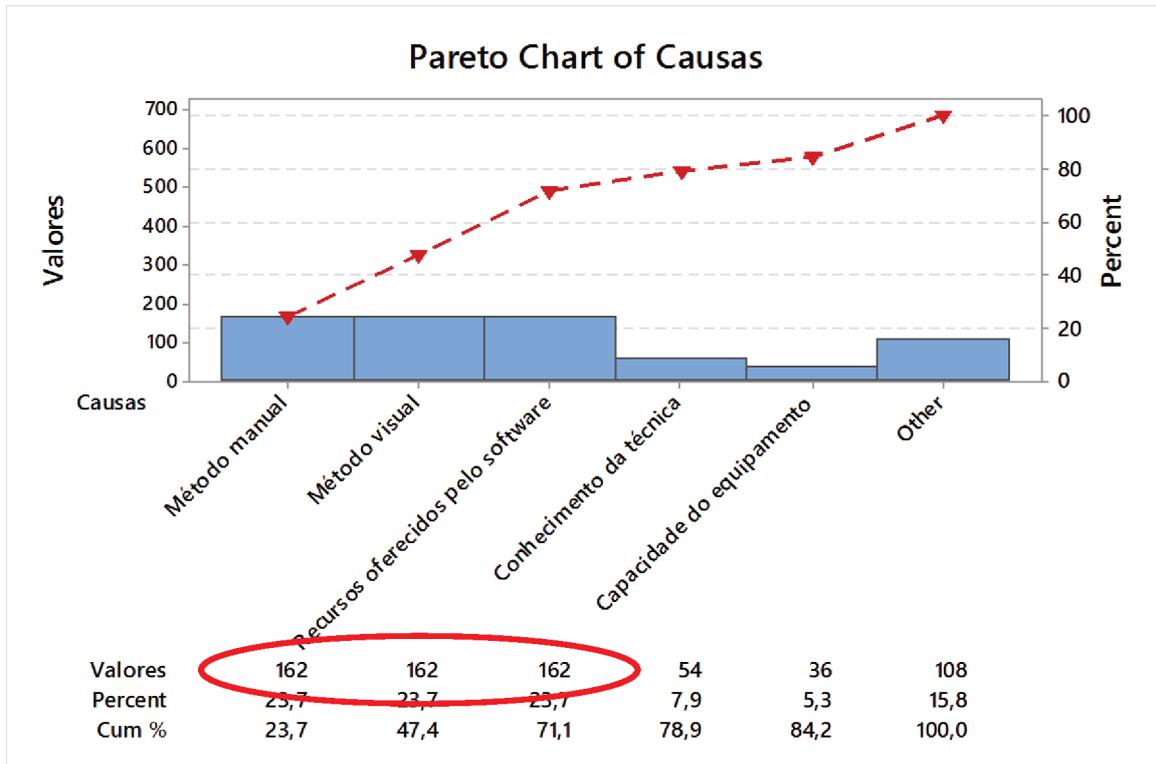


Figura 27 – Gráfico de Pareto

Analisando o gráfico de Pareto, pode-se observar que as possíveis causas mais expressivas tanto para o lead time excessivo, como para a possibilidade de desvios no processo, são os recursos oferecidos pelo equipamento (162), bem como o método manual e visual (162).

Sendo assim, o projeto foi conduzido a trabalhar nestas causas a fim de se obter um resultado positivo na melhoria do processo.

Para implementação do projeto, foi verificado com o fornecedor do equipamento a possibilidade de realização de um *up grade* no software do equipamento, para a utilização de novos recursos, de forma a transformar a comparação visual em comparação instrumental, o que mitigaria a possibilidade de desvios e reduziria o tempo das análises.

Tendo como resposta positiva, foi iniciado a criação de uma biblioteca de espectros para a nova forma de análise em implantação, conforme Tutorial de Comparação de Espectros.

4.1 Tutorial: Comparação de Espectros Amostra *versus* Padrão

Para a realização da comparação do espectro do material com os espectros dos padrões da biblioteca, devem-se seguir as etapas do tutorial representado pelas Figuras sequenciais de número 28 a 34.

Etapa 1: Após o início da análise de um material no equipamento Perkin Elmer, têm-se a geração da curva do espectro, conforme Figura 28.

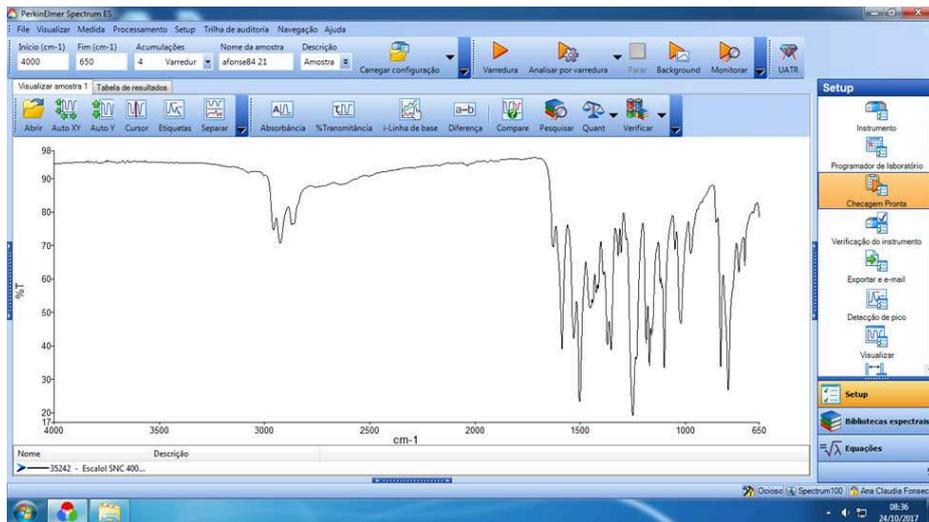


Figura 28 - Etapa 1

Etapa 2: Após a geração da curva do espectro, deve-se clicar em: Setup – Compare, para dar início à comparação do espectro da amostra em análise com o espectro do padrão contido na biblioteca, conforme Figura 29.

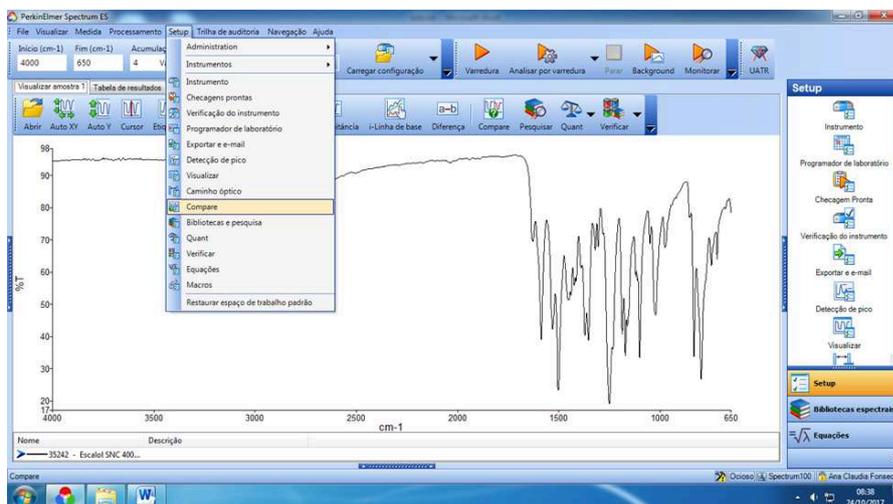


Figura 29 - Etapa 2

Etapa 3: Dando continuidade ao tutorial, clicar em adicionar, conforme Figura 30, para selecionar a pasta correspondente ao código do padrão desejado para a comparação, que se encontra organizado em ordem numérica, como pode ser visto na Figura 31.

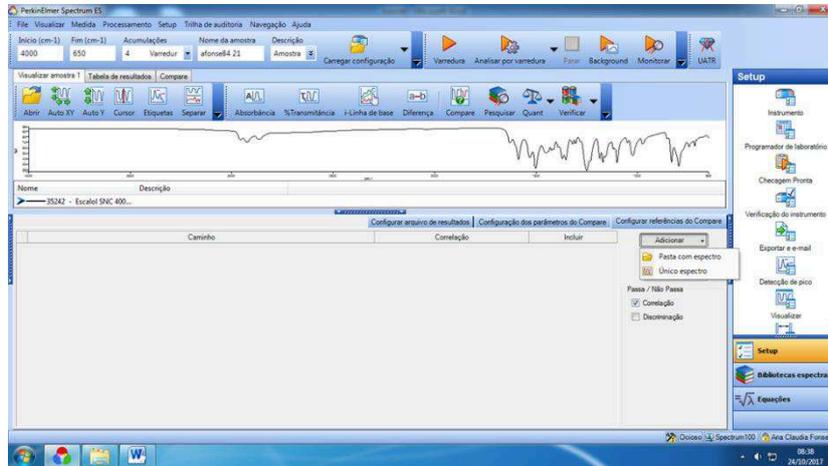


Figura 30 - Etapa 3

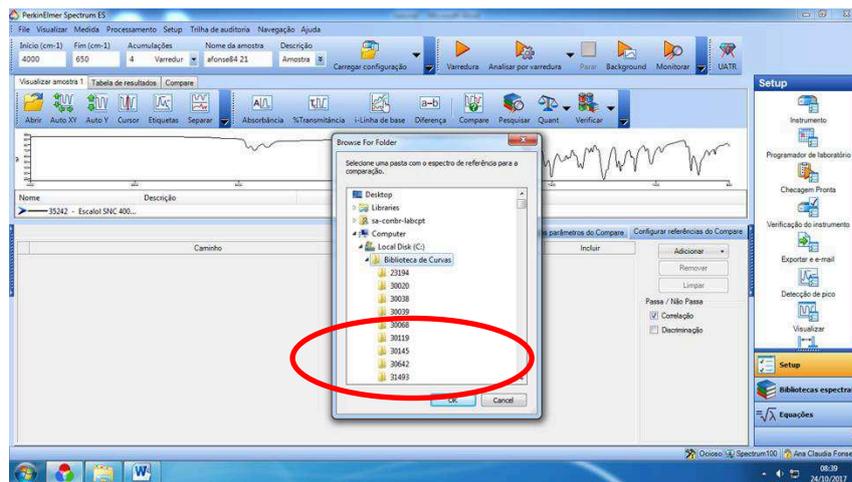


Figura 31 - Etapa 3

No caso deste trabalho, foi utilizado um padrão identificado com código 35242 correspondentes ao material Tinosorb S, conforme Figura 32.

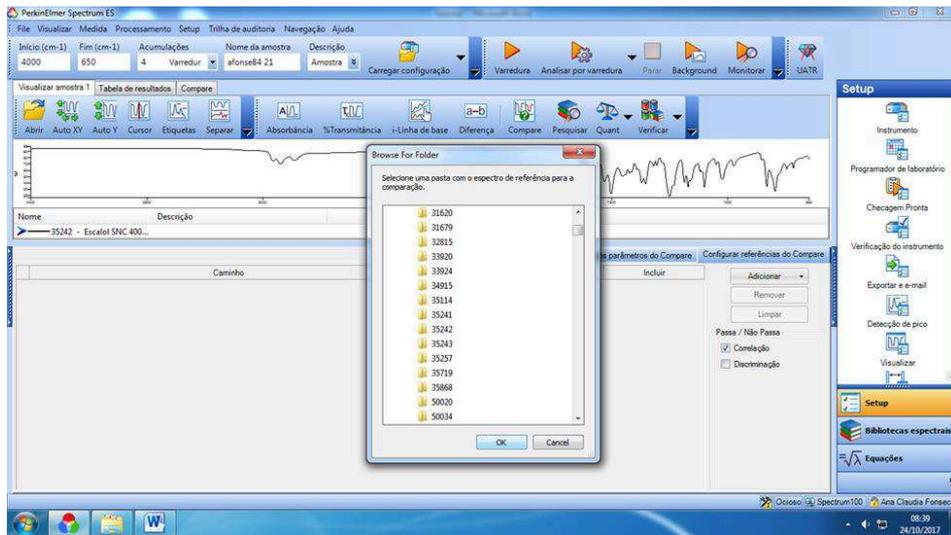


Figura 32 - Etapa 3

Etapa 4: Após definida a pasta com o padrão desejado para a comparação, clicar em Compare para que seja iniciada a comparação do espectro do material com os espectros dos padrões da biblioteca, conforme Figura 33.

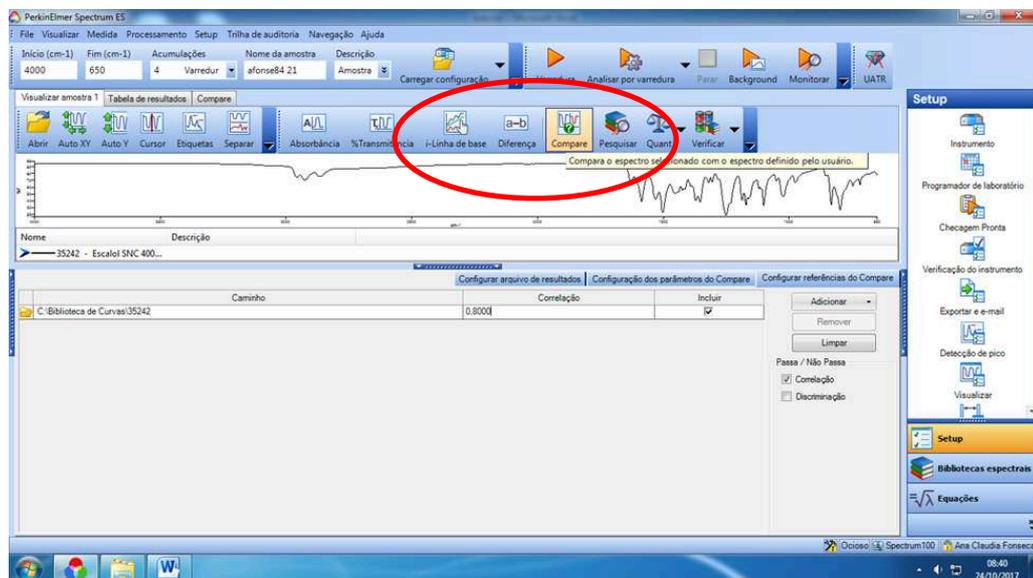


Figura 33 - Etapa 4

Etapa 5: Uma nova tela irá se abrir, indicando que o material foi analisado, e apresenta o status “passa”, conforme Figura 34.

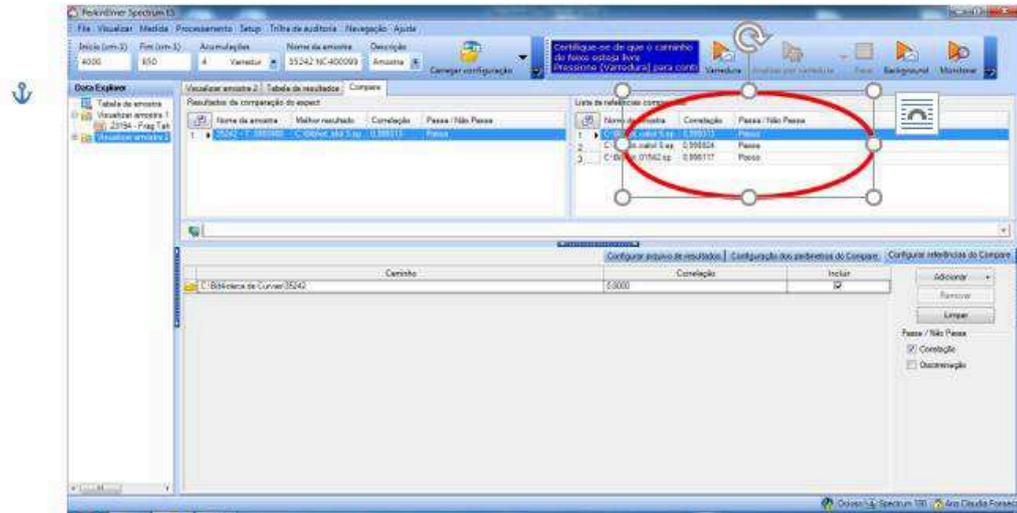


Figura 34 - Etapa 5

Como pode ser observado na Figura 34, foram utilizados três lotes de padrões de código 35242 contidos na biblioteca para a comparação com a amostra em análise, gerando três valores de correlação.

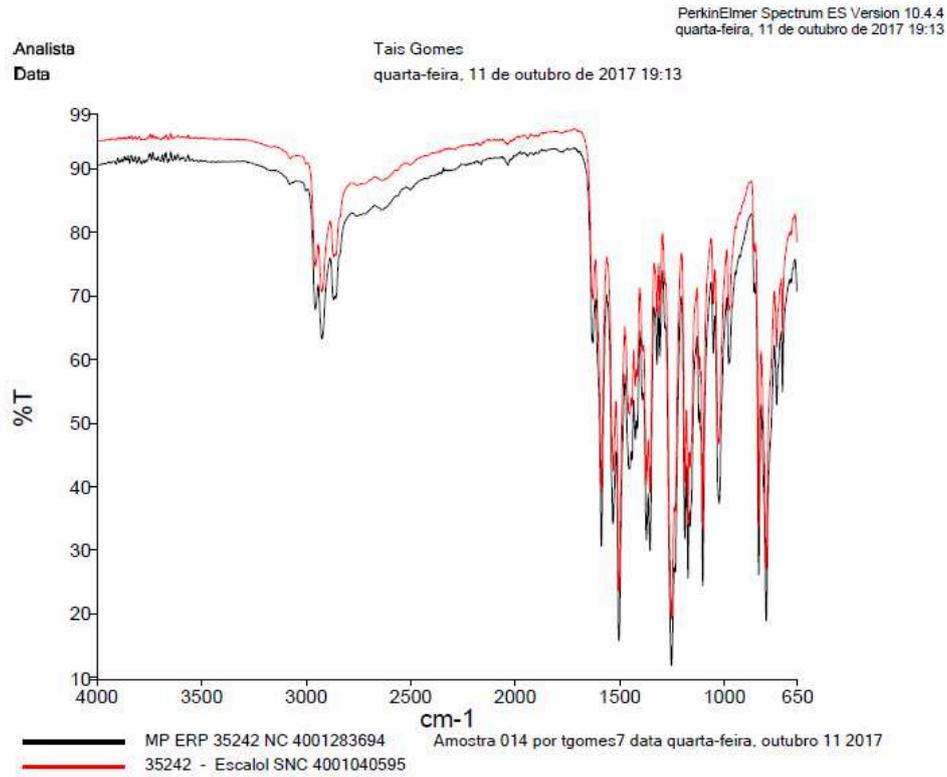
Sabendo-se que o software do equipamento seleciona o maior valor de correlação para a definição final do “Status” da amostra, deve-se observar a correlação final na tabela superior do relatório descrito na Figura 35.

Etapa 6: Para imprimir a visualização do relatório, basta clicar em:

File.

Imprimir Visualização.

Feito isto, o relatório será gerado, conforme Figura 35.



Espectros fonte			
Nome da amostra	Melhor resultado	Correlação	Passa / Não Passa
MP ERP 35242 NC 4001283694	C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Escalol SNC 4001040595.sp	0.999132	Passa

Referências comparadas		
Nome da amostra	Correlação	Passa / Não Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Escalol SNC 4001040595.sp	0.999132	Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S.nc 4001040606.sp	0.999101	Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S NC 4000993980.sp	0.998418	Passa

Figura 35 - Etapa 6

A execução das análises, são baseadas na utilização de uma pequena porção do material, seja líquida, sólida ou semissólida, as quais são adicionadas ao equipamento, sendo pressionadas, para o caso das amostras sólidas, por um dispositivo do equipamento que a mantém em posição adequada para a varredura do material, conforme Figura 36.



Figura 36 - Equipamento em análise de material sólido

Após a análise do material realizada pelo equipamento, o espectro produzido é impresso e comparado com o espectro padrão da especificação do material.

Com o desenvolvimento do projeto, foi possível utilizar o método de comparação eletrônica, o qual eliminou a comparação manual, exemplificada pela análise da matéria prima Tinosorb S (nome comercial de Bis-EthylhexyphenolMethoxyphenylTriazine), também conhecida como Escalol S, representado na figura 37.

O material Tinosorb S, é um filtro solar constituído de uma aparência de pó branco, absorvedor de raios ultravioleta de amplo espectro, fotoestável, lipossolúvel e toxicologicamente seguro. Proporciona alto FPS em baixas concentrações de uso, com sinergia e estabilização de filtros UV.

Possui aplicações em fotoprotetores, cremes faciais de uso diário e produtos para pele sensível.

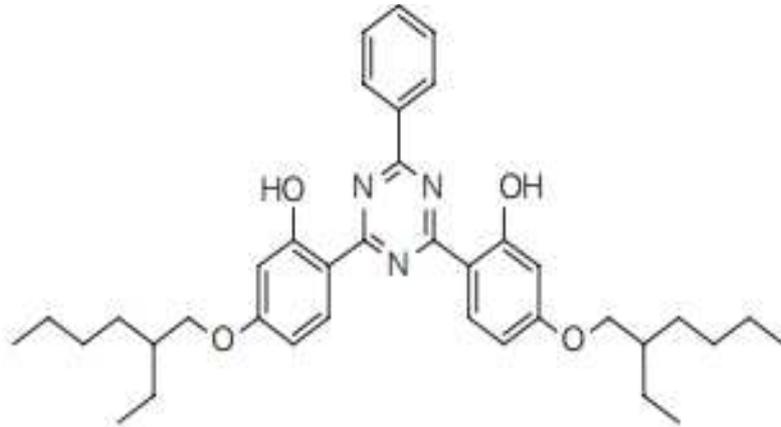


Figura 37 - Estrutura do Material Tinosorb S

Fonte: Optically appealing cosmetic or dermatological (2015)

4.2 Método de comparação manual:

Antes da implantação do projeto, as análises eram feitas de forma manual e subjetiva. Eram realizadas comparações com padrões, onde, o espectro do material era comparado separadamente do espectro do padrão em anexo na especificação do material em questão. As Figuras 38 e 39 apresentam os espectros padrão e amostra, analisados respectivamente.

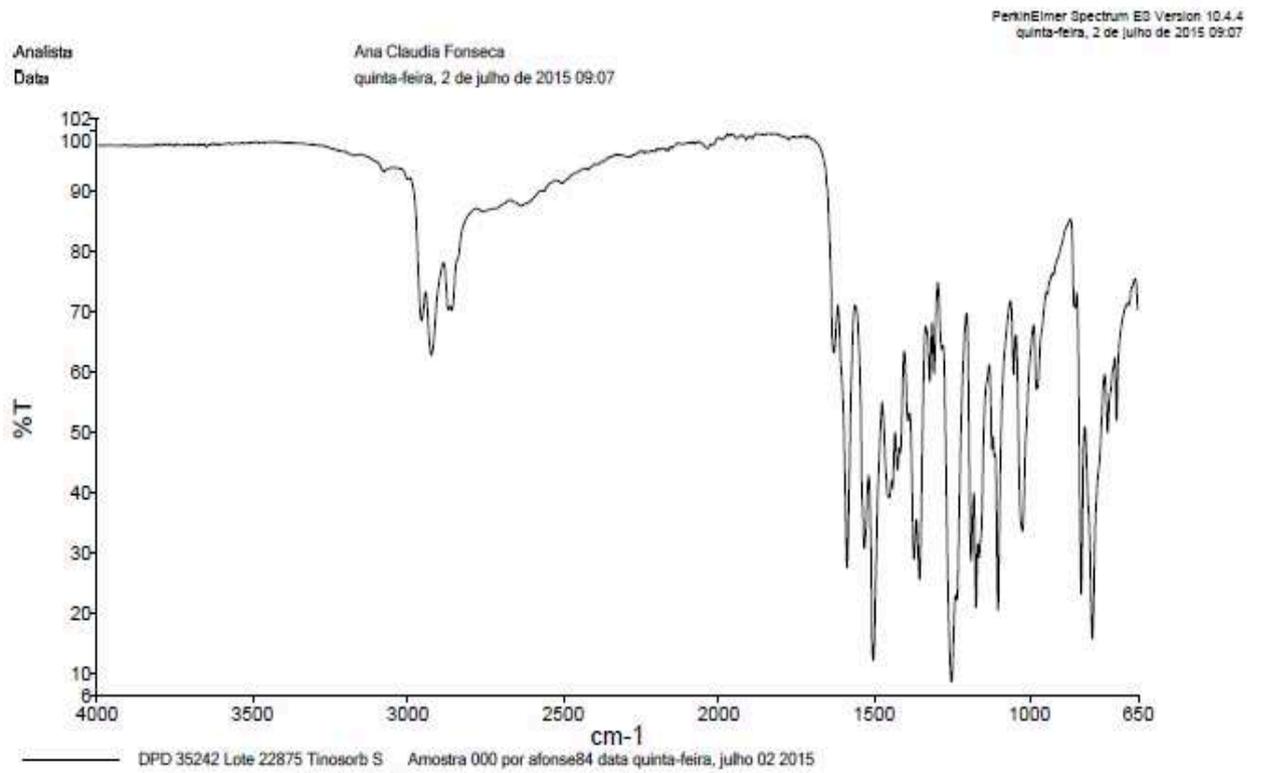


Figura 38 - Espectro da amostra Tinosorb S Lote 22875

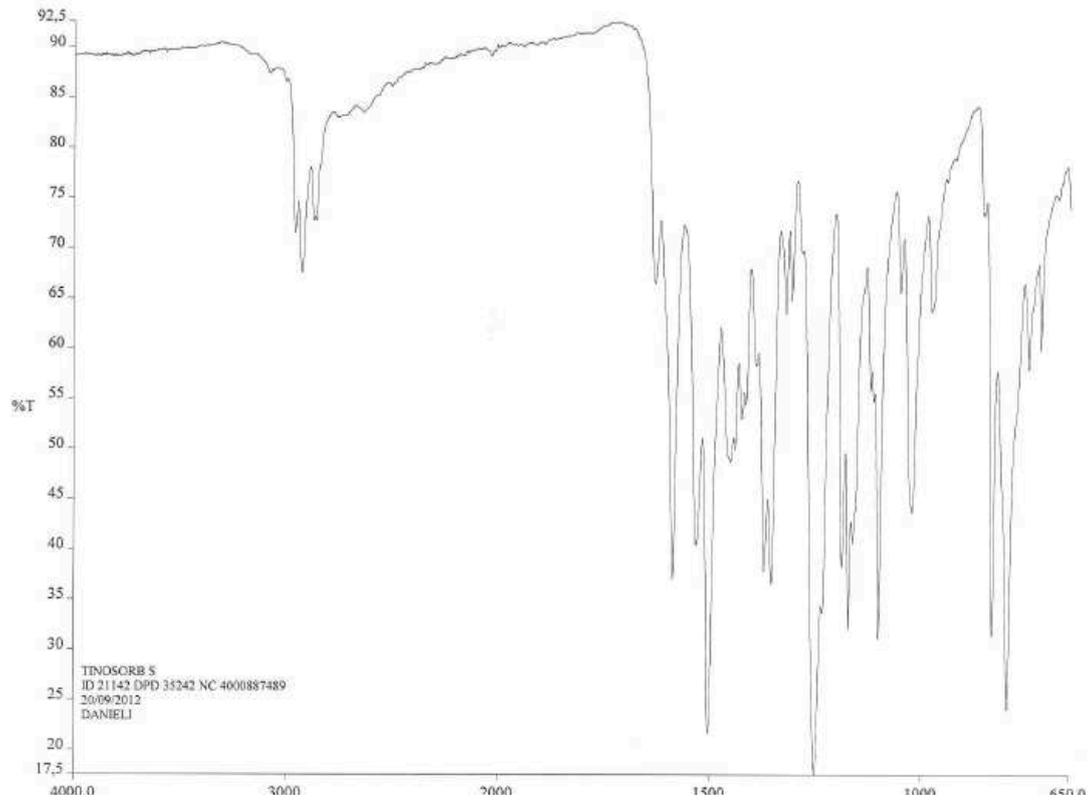


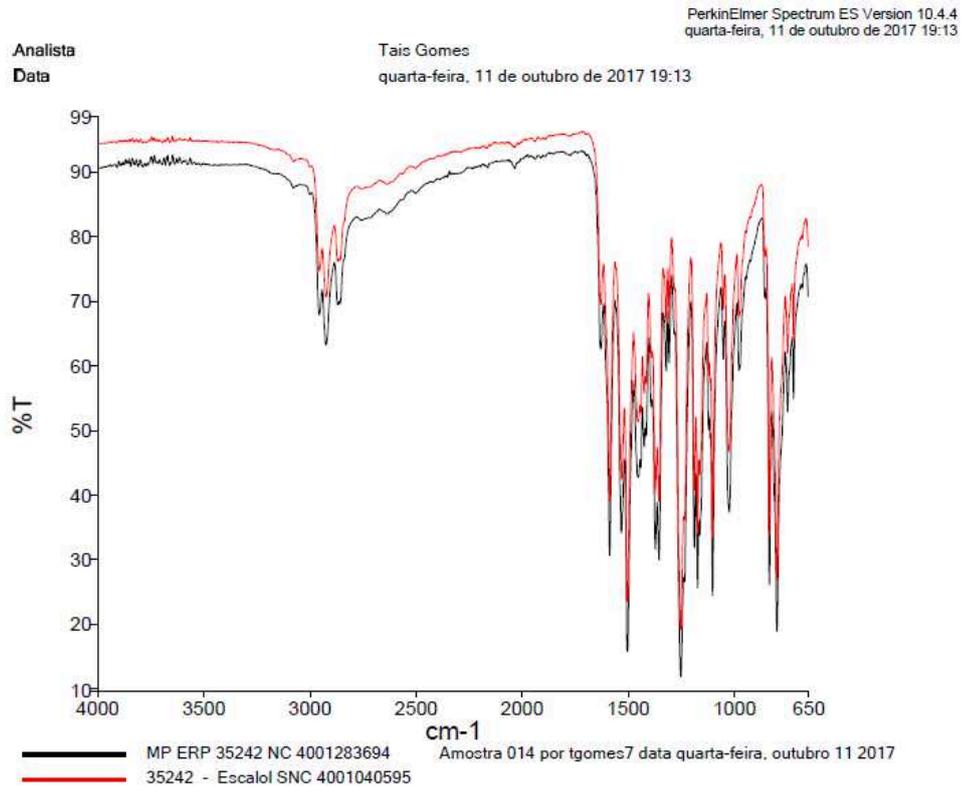
Figura 39 - Espectro do Padrão Tinosorb S ID 21142 NC 400887489

Como pode ser observado nas Figuras 38 e 39, não há uma sobreposição de curvas, como ocorre no método “Compare”, representado na Figura 40.

A comparação era feita manualmente pelo analista, o qual comparava visualmente a posição das bandas de cada espectro e verificava a proximidade do material em relação ao padrão contido na especificação do material em análise, não sendo necessário a identificação dos grupos funcionais de cada banda, somente a proximidade da posição das bandas.

Este método é parcialmente inseguro, pois conta somente com a visualização do analista, o qual pode sofrer uma distração e não identificar corretamente a posição das bandas do espectro da amostra, além do tempo gasto durante a comparação ser relativamente elevado.

4.3 Análise: Projeto Comparação Eletrônica



Espectros fonte			
Nome da amostra	Melhor resultado	Correlação	Passa / Não Passa
MP ERP 35242 NC 4001283694	C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Escalol SNC 4001040595.sp	0,999132	Passa

Referências comparadas		
Nome da amostra	Correlação	Passa / Não Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Escalol SNC 4001040595.sp	0,999132	Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S.nc 4001040606sp.sp	0,999101	Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S NC 4000993980.sp	0,998418	Passa

Figura 40 -Comparação Eletrônica do Material Tinosorb S NC 4001283694

Conforme a Figura 40, é possível verificar o espectro do material em análise Tinosorb S Lote 4001283694 (linha preta), comparado com o padrão mais correlacionado NC 4001040595(em vermelha).

As correlações da amostra em relação aos padrões são de: 0,999132 (padrão de NC 4001040595), 0,999101 (padrão de NC 4001040606) e 0,998418 (padrão de NC 4000993980).

Em virtude da correlação da amostra em relação ao padrão de NC 4001040595 (0,999132) ser maior do que a correlação com o padrão de NC 4001040606 (0,999101), e de 0,998418 (padrão de NC 4000993980), o valor final reportado é de 0,999132.

Como de acordo com os parâmetros do projeto, representado na Figura 41, a correlação mínima para que o material seja aprovado é de 0,80000, o material recebe o status de “Passa”, finalizando a análise do material.

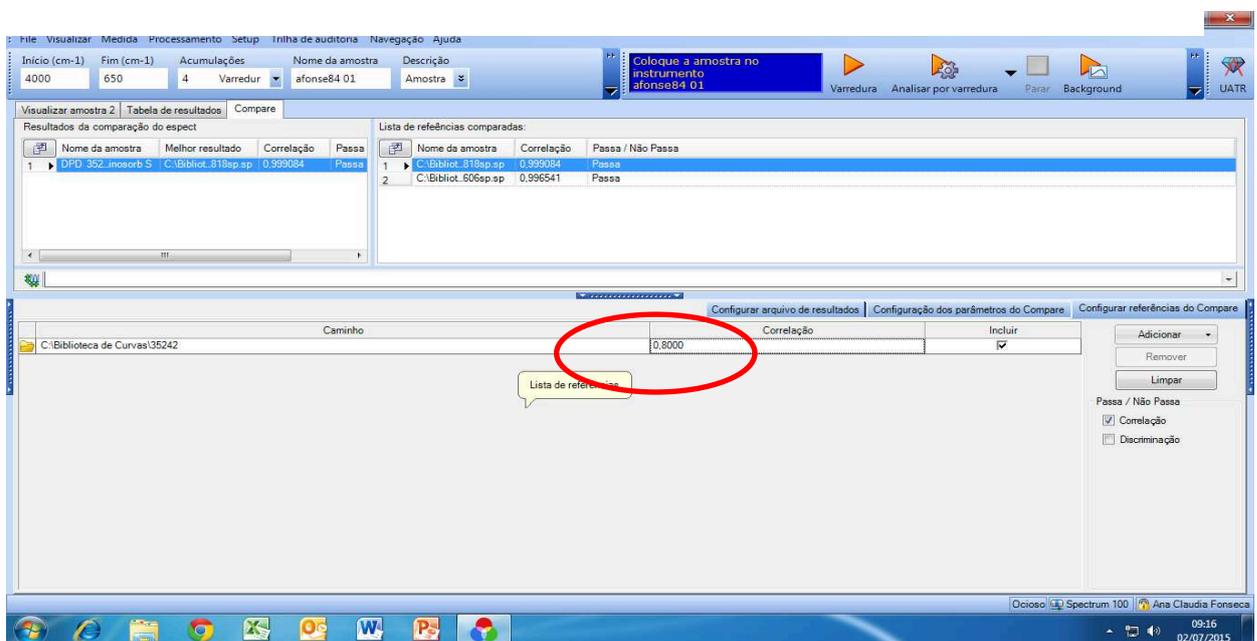


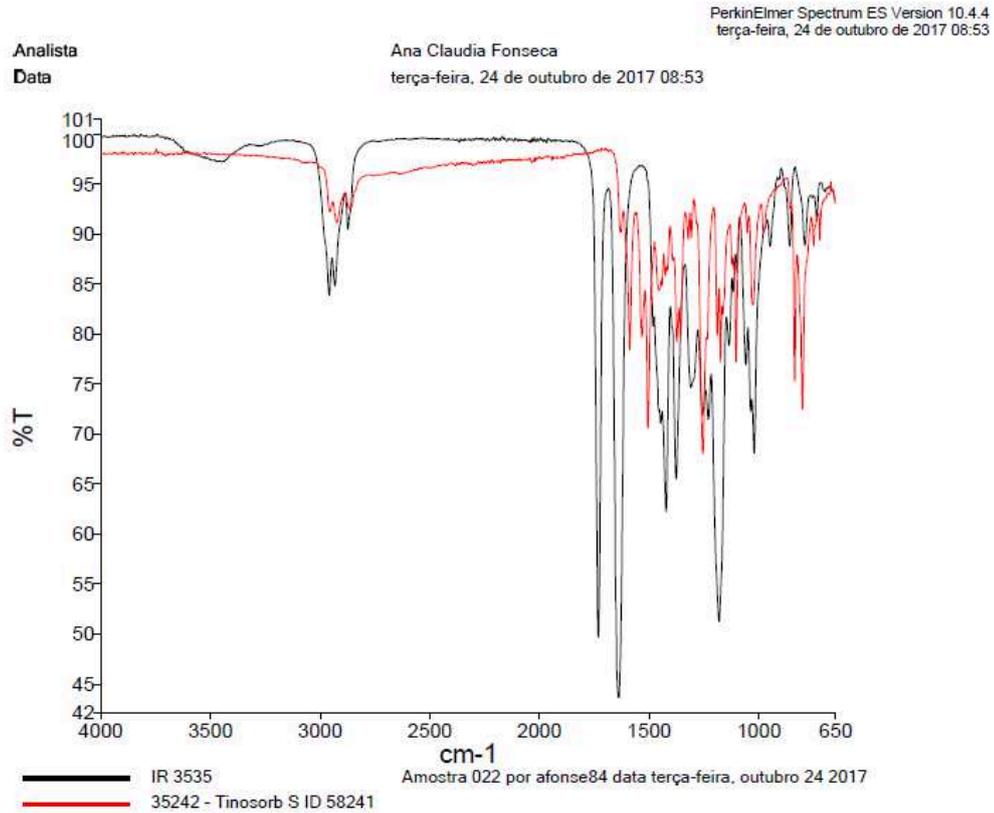
Figura 41 - Parâmetro de correlação mínima 0,8000

4.4 Comparação eletrônica de um material “Não Conforme”

Com a finalidade de comprovar a eficiência do processo de comparação eletrônica, foi analisada uma amostra qualquer, a qual foi comparada com três padrões pertencentes à biblioteca, referentes ao material Tinosorb S.

Como pode-se observar na Figura 42, não há correlação suficiente entre a amostra e os padrões, pois trata-se de uma amostra da matéria-prima repelente de insetos (IR 3535), a qual possui um espectro diferente do padrão de referência.

Consequentemente, o relatório informa que o material está recusado, com status de “Não Passa”.



Espectros fonte			
Nome da amostra	Melhor resultado	Correlação	Passa / Não Passa
IR 3535	C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S ID 58241.sp	0.0917179	Não Passa

Referências comparadas		
Nome da amostra	Correlação	Passa / Não Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S ID 58241.sp	0.0917179	Não Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Escalol SNC 4001040593.sp	0.0839898	Não Passa
C:\Biblioteca de Curvas\35242\35242 - Tinosorb S NC 4000993980.sp	0.082831	Não Passa

Figura 42 - Comparação de um material “Não Conforme

Tomando como base os resultados de tempo de análise obtidos pelo programa de teste de reprodutibilidade da análise de infravermelho antes da implantação do projeto, o mesmo foi realizado novamente, mas, desta vez, utilizando a comparação instrumental, o que comprovou a redução de 50% de tempo, conforme Tabela 2.

Data	Analista	Material	Tempo (min)
25-set-17	1	Talmag	11
25-set-17	2	Tinisorb S	10
25-set-17	3	Dióxido de Titânio	12
25-set-17	4	Fenoxietanol	12
25-set-17	5	Talmag	10
25-set-17	6	Talmag	9
25-set-17	7	Glucquart	9
25-set-17	8	Glucquart	10
25-set-17	9	Alkapon	10
27-set-17	10	Alkapon	10
28-set-17	11	Adesivo Hot melt	12
29-set-17	12	Adesivo Hot melt	10
Média			10

Tabela 2 - Reprodutibilidade das análises depois do Projeto

O projeto tem sido desenvolvido e controlado ao longo do ano de 2016 e 2017, e atualmente, a biblioteca de espectros conta com um total de 600 códigos cadastrados, e cerca de 1600 espectros disponíveis, o que demonstra a implementação do projeto.

Seguindo a fase Controlar do DMAIC, novos padrões estão sendo arquivados conforme a introdução de novos materiais na Companhia, e a utilização da comparação eletrônica já está sendo utilizada com aprovação da gestão da área.

Com base em treinamentos periódicos, a comparação instrumental ou eletrônica vem sendo utilizada e acompanhada para a verificação do sucesso da melhoria.

O equipamento é qualificado anualmente par o controle de qualidade do novo processo.

5 CONCLUSÃO

A fim de estabelecer a melhoria contínua na execução de análises de matérias-primas realizadas em um laboratório químico de controle de qualidade, observou-se a oportunidade de elevar a qualidade das análises de infravermelho médio, bem como reduzir o lead time, por meio da criação de uma biblioteca de padrões.

A iniciativa do projeto trouxe também a utilização de uma ferramenta muito conceituada, o DMAIC, a qual coordenou todos os passos e etapas do desenvolvimento do trabalho, resultando na obtenção das metas concluídas.

Com um cenário anterior de lead time de 20 minutos por análise e uma comparação subjetiva, percebe-se hoje que no cenário atual tem-se uma redução de tempo significativa, (10 minutos), pois considerando que a margem do número destes testes no laboratório é em média de 80 análises semanais, houve uma redução de consumo de 53 horas mensais, ou seja, 6,667 dias trabalhados.

Projetos de melhoria como a comparação eletrônica de espectros realizada tem grande influência no setor industrial, principalmente no laboratório de controle de qualidade.

Neste setor há necessidade de um controle totalmente preciso na execução das análises, bem como a eficiência em curto período de tempo, e, para uma alta produtividade, é necessário utilizar-se de recursos que diminuam o lead time do processo e aumentem a garantia da qualidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVON, Avon - Disponível em: <http://www.avon.com.br/>
Acesso: 04 de novembro de 2017.

BLOG DA QUALIDADE, Folha de Verificação – Disponível em:
<http://www.blogdaqualidade.com.br/>
Acesso em: 05 de Outubro de 2017.

BLOG DA QUALIDADE, Diagrama de Causa e Efeito – Disponível em:
<http://www.blogdaqualidade.com.br/>
Acesso em: 10 de Outubro de 2017.

CAMPOS, Vicente Falconi, TQC: Controle de Qualidade Total (no estilo japonês, Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1940 (Rio de Janeiro: Bloch Ed.)

CAMPOS, Vicente Falconi, TQC: Controle de Qualidade Total (no estilo japonês) Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992 (Rio de Janeiro: Bloch Ed.)

CHROMACADEMY, Esquema básico de um equipamento de Infravermelho Médio. Disponível em: <https://www.surveymonkey.com/r/-2015>. Acesso em: 16 out. 2017.

CITYSYSTEMS, Fluxograma – Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/fluxograma>
Acesso: 05 de novembro de 2017

CONTROLE DE QUALIDADE, Controle de Qualidade – Disponível em
<https://pt.slideshare.net/rodriguesvan/controle-de-qualidade-de-matrias-primas-e-produto-acabado>.
Acesso: 05 de novembro de 2017

DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO, Diagrama de Causa e Efeito- Disponível em:
<http://www.elirodrigues.com/2015/08/31/como-fazer-uma-analise-de-causa-e-efeito-usando-o-diagrama-de-ishikawa/>
Acesso: 05 de novembro de 2017

DMAIC, DMAIC- Disponível em: <http://www.orielstat.com/practice/six-sigma-dmaic-consulting>
Acesso: 05 de novembro de 2017

DUTRA, L.C.R.; TAKAHASHI, K.F.M.; DINIZ, F. M. Importância da preparação de amostras em espectroscopia no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) na investigação de constituintes em materiais compostos, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. Jan/Mar-95. Disponível em: <http://www.revistapolimeros.org.br/files/v5n1/v5n1a04.pdf>. Acesso em: 12. out.2015.

ENDEAVOR, DMAIC – Seis Sigma, Disponível em: <https://endeavor.org.br/seis-sigma/> Acesso em: 13. out.2015.

FACULDADE DE FARMÁCIA UFMG, Laboratório Químico – Disponível em <http://www.farmacia.ufmg.br/atividades/infraestrutura/laboratorio-fisico-quimico-cedafar-ufmg/> Acesso: 04 de Novembro de 2017.

FERRAMENTA DA QUALIDADE, Ferramenta da Qualidade – Disponível em: <http://marketingfuturo.com/5w1h-ferramenta-da-qualidade/> Acesso: 05 de novembro de 2017

GESTÃO DA QUALIDADE, Gestão da Qualidade– Disponível em: <http://gestao-de-qualidade.info/> Acesso: 04 de novembro de 2017

GRUPO BOTICÁRIO, Grupo Boticário - Disponível em: <http://www.grupoboticario.com.br/pt/Paginas/Inicial.aspx> Acesso: 04 de novembro de 2017.

GUIA-ME, Empresa de cosméticos: <https://guiame.com.br/vida-estilo/moda-e-beleza/a-evolucao-dos-cosmeticos.html> - Acessado em 15 de out.2017

HOLLER, F. J.; Skoog, D. A.; Crouch, S. R. *Princípios de Análise Instrumental*. Porto Alegre: Bookman, 2009. 445p.

ISHIKAWA, Kaoru. *Controle de Qualidade Total: À Maneira Japonesa*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

KERDINA, História da Gestão da Qualidade – Disponível em <http://www.kerdna.com.br/> Acesso: 05 de Novembro de 2017.

LaPTeC, Laboratório de Plasmas Tecnológicos, Unesp. Disponível em: <http://www2.sorocaba.unesp.br/Modos de Vibração Molecular ->. Acesso em: 10 out. 2017.

LILIANA GONÇALVES ROCHA - Aplicação da metodologia PDCA: Etapa Plan com suporte das ferramentas da - qualidade. Disponível em: http://www.TCC_jan2007_LilianaMachado. Acesso em 15 out.2017

LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, v. 21, p. 193-203, 2003.

SANTOS, A. B. Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação. Tese (Doutorado), UFSCAR, 2006.

MARCELA AIRES, As cinco maiores empresas de beleza do Brasil - Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/as-5-maiores-empresas-de-beleza-no-brasil>, 2012.

MICHELLI, S. H. Análise de materiais por espectroscopia no infravermelho dentro do sistema de gestão de qualidade conforme ABNT NBR ISSO/IEC 17025. 2010. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NATURA, Natura – Disponível em: <http://www.natura.com.br/> Acesso: 04 de novembro de 2017.

OAKLAND, John. Gerenciamento da Qualidade Total. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1994.

OPTICALLY APPEALING COSMETIC OR DERMATOLOGICAL PREPARATION, Estrutura do material Tinosorb S – Disponível em: <http://www.google.com/patents/EP1787629B1?cl=en>. Acesso em: 16 out. 2017.

PALADINI, E. P. Controle de qualidade, Uma Abordagem Abrangente, São Paulo: Atlas, 1990.

PATRÍCIA, V. Avaliação de figuras de mérito em calibração multivariada na determinação de parâmetros de controle de qualidade em indústria alcooleira por espectroscopia, 2005.

PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma – Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios. São Paulo: Qualitymark, 1998.

PEREZ-WILSON, Mário. Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2000. 286p.

P&G, P&G – Disponível em: <https://www.masterbeautystore.com.br/marca/pg.html> Acesso: 04 de novembro de 2017.

PORTAL ACTION, Diagrama-de-Pareto - Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/15-diagrama-de-pareto> Acesso: 05 de novembro de 2017.

PORTAL ACTION, Modelo de Gráficos de Controle - Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/15-diagrama-de-pareto> Acesso: 05 de novembro de 2017

PYZDEK, T. Uma ferramenta em busca do defeito zero. HSM Management 38 mai.-jun. 2003.

RIBEIRO, L. A. F. Uso da Técnica da Espectroscopia no Infravermelho Próximo. In: Jornal do Conselho Regional de Química IV Região (SP), set/out 2015.

ROCHA, G. T.; GALENDE, B. S. A importância do controle de qualidade na indústria farmacêutica. Revista Uningá.,v.20,n.2, 2014.

RODRIGUES, M.V. Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

SANTOS, et al A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, Itajubá, n.1, p. 1-14, dez. 2006.

UNILEVER, Unilever - Disponível em: <https://www.unilever.com.br/brands/>
Acesso: 04 de novembro de 2017.

VERGUEIRO, W. Qualidade em serviços de informação. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

WERKEMA, M.C.C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Série Ferramentas da Qualidade, 2).