

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MANOEL BISPO DE SANTANA JÚNIOR

**PESQUISA-AÇÃO SOBRE OS FATORES DE SUCESSO PARA IMPLANTAÇÃO E
CONTINUIDADE DO USO DE CARTAS DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO EM UMA PLANTA QUÍMICA NO BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Toledo

SÃO CARLOS

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S232pa

Santana Júnior, Manoel Bispo de.

Pesquisa-ação sobre os fatores de sucesso para implantação e continuidade do uso de cartas de controle estatístico de processo em uma planta química no Brasil / Manoel Bispo de Santana Júnior. -- São Carlos : UFSCar, 2014.

122 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Indústria química. 2. Controle Estatístico do Processo (CEP). 3. Pesquisa - ação. 4. Fatores críticos de sucesso. I. Título.

CDD: 661 (20^a)

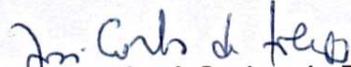


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)
Email : ppgep@dep.ufscar.br

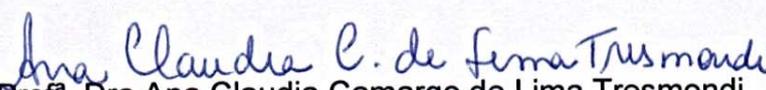
FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Manoel Bispo de Santana Junior

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 14/02/2014 PELA
COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dr. José Carlos de Toledo
Orientador(a) PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Pedro Carlos Oprime
PPGE/UFSCar


Prof.ª Dra Ana Claudia Camargo de Lima Tresmondi
FEQ/UNICAMP


Prof. Dr. Mário Otávio Batalha
Coordenador do PPGE

DEDICATÓRIA

Para meu pai, que trabalhou sua vida inteira na indústria química brasileira.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a duas pessoas que tornaram esse trabalho possível: Gerson Antonio de Oliveira, cujo apoio foi fundamental para me proporcionar essa oportunidade única na minha carreira. Sua crença na Excelência e nas pessoas o torna um raro exemplo de verdadeiro agente de mudança e ao meu orientador e amigo Professor Doutor José Carlos de Toledo, por sua paciência, compreensão, apoio incondicional e exemplo na busca de conhecer a alma humana.

Aos colegas da Rhodia que me auxiliaram durante a pesquisa, Eduardo Benatti, Juliana Passoni, Denílson Souza, William Silva, Alberto Villasboas, Ricardo Allegretti, Vanessa Perina, Luis Siervo, Luiz Rocha e todos operadores da Unidade Sílica da Usina Química de Paulínia.

Aos membros da banca de qualificação. Prof. Doutor Pedro Oprime e Prof. Dr. Ana Claudia Camargo de Lima Tresmondi, pelas valiosas dicas e por acreditarem no tema.

Ao Mestre Fabiano Soriano e Doutores Gabriel Alástico e Fabiane Lizarelli, pelo apoio em todas as horas.

As minhas meninas, Cristina e Camila, pelo carinho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

- 1.1 Contexto e Justificativa
- 1.2 Objetivos da Dissertação
- 1.3 Método de Pesquisa-Ação
 - 1.3.1 Estrutura da pesquisa-ação realizada
- 1.4 Estrutura do Trabalho

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 O Controle Estatístico de Processo: Conceituação e Abordagens
- 2.2 A Indústria Química e o uso das Cartas CEP
 - 2.2.1 O uso da carta CEP na indústria química norte-americana
 - 2.2.2 O uso da carta CEP na indústria química brasileira
- 2.3 Alguns exemplos de aplicação de Cartas de Controle
- 2.4 Fatores de Sucesso para Implantação do CEP

3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA AÇÃO

- 3.1 Pré-Etapa Planejamento: Entendimento do Contexto e Propósito
 - 3.1.1 Apresentação da Empresa Pesquisada
 - 3.1.2 Escolha da Fábrica para a Pesquisa-ação
 - 3.1.3 Referencial Teórico: quais fatores de sucesso foram pesquisados
 - 3.1.4 Definição da equipe, objetivo e expectativas.
- 3.2 Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase DEFINIR)
 - 3.2.1 Coleta de Dados – Reuniões de Grupos Focados
 - 3.2.2 Disponibilização dos dados
 - 3.2.3 Análise dos Dados e Plano de Ação
 - 3.2.4 Execução e Avaliação das Ações
 - 3.2.5 Monitoramento após Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação
- 3.3 Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase MEDIR)
 - 3.3.1 Coleta de Dados
 - 3.3.2 Disponibilização dos Dados
 - 3.3.3 Análise dos Dados e Plano de Ação.
 - 3.3.4 Execução e Avaliação das Ações
- 3.4 Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase Implementar)
 - 3.4.1 Coleta de Dados
 - 3.4.2 Disponibilização dos Dados

[3.4.3 Análise dos Dados e Plano de Ação](#)

[3.4.4 Execução e Avaliação das Ações](#)

[3.3.5 Monitoramento após Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação](#)

4 RESULTADOS E PROPOSTA DE ROTEIRO PARA IMPLANTAÇÃO DE CARTAS CEP

[4.1 Resultados Práticos](#)

[4.2 Proposta de roteiro para implantação das cartas CEP](#)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

[5.1 Síntese dos resultados práticos](#)

[5.2 Limitações da pesquisa e recomendações para pesquisas futuras](#)

REFERÊNCIAS

APÊNDICE A: Exemplo de uso da carta CEP

Lista de Figuras

Figura 1.1 Ciclos da pesquisa ação

Figura 1.2: Ciclos da pesquisa ação

Figura 1.3: Estrutura da dissertação

Figura 2.1: Exemplo de Gráfico de série temporal

Figura 2.2: Exemplo das primeiras cartas CEP de Shewart em 1924

Figura 2.3: Exemplo de Gráfico de série temporal mostrando as regiões de probabilidade de causas comuns e especiais

Figura 2.4: Matriz de Teste de Hipóteses

Figura 2.5: Distribuição Normal padrão, mostrando número de desvios padrão do processo e a área de probabilidade para $\pm 3 \sigma$

Figura 2.6: Gráfico de Controle de Média de Shewart, com histograma

Figura 2.7 : Gráfico de Controle de Média de Shewart para valores individuais e de média e amplitude para subgrupo=3

Figura 2.8: Guia para Controle e Monitoramento de processo univariado

Figura 2.9: Zona de testes da Western Electric

Figura 2.10: Exemplo de Carta de Controle por Zona usando pontuação

Figura 2.11: Zonas de Pré Controle baseadas no comprimento da especificação.

Figura 2.12: Faturamento da Indústria Química Mundial

Figura 2.13: Tipo de controle realizado em uma planta química brasileira no ano de 1963

Figura 2.14: Sala de controle típica de uma planta química nos anos 60, mostrando o painel de controle com quadro sinótico do processo na parte superior.

Figura 2.15: Modelo conceitual para implantação do CEP de Antony et al. (2003)

Figura 2.16: Resumo das referências consultadas sobre Fatores Críticos de Sucesso para Implantação das Cartas CEP

Figura 3.1: Esquema geral da pesquisa ação;

Figura 3.2 : Modelo do PRHOEX

Figura 3.3: Exemplo de apresentação feita de livro patrocinado pela empresa aos empregados

Figura 3.4: Capa da apostila de Heero Hacquebord

Figura 3.5: Exemplo de apresentação de livro patrocinado pela empresa aos empregados

Figura 3.6: Diagrama de Blocos do Processo foco da pesquisa-ação

Figura 3.7: Organograma da fábrica objeto da pesquisa-ação

Figura 3.8: Organização das sequencia dos fatores críticos para abordagem na pesquisa-ação

Figura 3.9: Declaração do escopo para a pesquisa-ação

Figura 3.10: Diagrama de blocos com indicação do foco da carta CEP

Figura 3.11: Reprodução do convite para o lançamento da pesquisa-ação.

Figura 3.12 : Sequência de imagens mostrando o jogo “Tiro Certo” feito com operadores para ilustrar a ocorrência de causas comuns e causas especiais

Figura 3.13 Exemplo de relatório sintético mostrando o andamento da pesquisa-ação com avanço por fator de sucesso.

Figura 3.14: Revisão dos fatores de sucesso para implantação do CEP (em vermelho), após Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Figura 3.15: Proposta de Carta CEP feita na tela de tendência

Figura 3.16: Observações sobre local da Carta CEP (cadeira e piso)

Figura 3.17: Comprovação da percepção dos operadores de que existe problema na análise, à principio validada estatisticamente.

Figura 3.18: Carta CEP feita em Excel, com os limites de controle e os valores apontados fora de $\pm 3 \sigma$,

Figura 3.19: Tela inicial da Carta CEP, mostrando as opções para registro das ocorrências e consulta ao procedimento operacional.

Figura 3.20: Revisão dos fatores de sucesso para implantação do, após Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação

Figura 3.21: Reunião Matinal dentro da sala de controle

Figura 3.22: folha de registro usada na reunião matinal. Carta CEP é uma linha a ser acompanhada (item Qualidade)

Figura 3.23: Lista dos fatores de sucesso para a Carta CEP após o Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Figura 4.1: Aplicativo padrão para Carta CEP na empresa X.

Figura 4.2: Roteiro proposto para Implantação das Cartas CEP.

Figura 4.3: Reunião formal de engajamento da liderança.

Figura 4.4: Carta CEP no monitoramento do processo

Figura 4.5: Carta CEP na resolução de problemas

Figura 4.6 : Sala de controle típica de uma planta química mostrando os monitores para acompanhamento do processo e da carta CEP.

Lista de Quadros

Quadro 2.1: Regras das Zonas de Controle da Western Eletric em 1958

Quadro 2.2: Seis Novas Regras das Zonas de Controle da Western Eletric de 1984

Quadro 2.3: Regras de Pré-Controle baseadas na faixa de especificação

Quadro 2.4: Problemas da aplicação de CEP na indústria química

Quadro 2.5– Entrevistas realizadas com profissionais da indústria química

Quadro 2.6: Sumário dos Fatores Críticos para implantação do CEP de acordo com Rungasamy (2002)

Quadro 3.1: Expectativas e fatores de satisfação levantados para a pesquisa-ação

Quadro 3.2: Compilação de frases dos operadores durante grupo focado sobre uso de cartas CEP

Quadro 3.3: Compilação frases dos operadores durante grupo focado sobre o processo de trabalho a ser empregado

Quadro 3.4; Resumo das Ações Executadas no Primeiro Ciclo da Pesquisa-ação

Quadro 3.5: Resumo das Ações Executadas no Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação

Quadro 3.6 :Resumo das Ações Executadas no Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Porcentagem do total de exportações de produtos Químicos por país e ano

Lista de Abreviaturas e Siglas

AIAG	Automotive Industry Action Group
ASQ	American Society of Quality
ASQC	American Society of Quality Control
AT&T	American Telephone & Telegraph
CEP	Controle Estatístico de Processo
CLP	Controlador Lógico Programável
CUSUM	Cumulative Sum control chart
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average control chart
FMEA	Fail Mode And Effect Analysis
FPNQ	Fundação Prêmio Nacional da Qualidade
ISO	International Standard Organisation
JUSE	Union of Japanese Scientists and Engineers
PNQ	Prêmio Nacional da Qualidade
PRHOEX	Processo Rhodia de Performance de Excelência
SCAP	Supreme Commander for the Allied Powers
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
TQM	Total Quality Management

RESUMO

As cartas de controle estatístico de processo (cartas CEP) foram criadas no século 20 nos Estados Unidos e desde então vêm sendo usadas para diversas finalidades em diferentes setores da indústria e serviços. Seu uso foi difundido no Japão no pós-guerra e no Brasil seu uso efetivo ocorreu a partir da década de 90. Apesar de vários exemplos de uso, ainda há para alguns ramos da indústria o desafio de implantar as cartas CEP no chão de fábrica e manter o seu uso pelas equipes. Nas indústrias químicas, seu uso no chamado “chão-de-fábrica” é controverso e são poucos os estudos voltados para esse tipo de indústria que expliquem os fatores que impactam no sucesso da implantação das cartas de controle estatístico. Essa dissertação tem como objetivo, investigar, através de uma pesquisa-ação, quais fatores são preponderantes no sucesso da implantação e uso continuado das cartas CEP em uma planta química no Brasil. Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre os estudos já realizados em diferentes tipos de indústria e coletados os fatores de sucesso identificados. Em seguida, esses fatores que impactam no sucesso da implantação da carta CEP foram testados na prática em uma planta química de uma empresa multinacional instalada no Brasil há muitos anos e que no passado não teve êxito na adoção das cartas CEP. Como resultado, conseguiu-se implantar as cartas de controle estatístico e se garantir a continuidade da sua utilização pelas equipes operacionais. Na planta química pesquisada, reduziu-se a variabilidade da umidade de um produto na seção de filtração resultando em um ganho de 150 mil dólares por ano em consumo de energia para a empresa. O uso da carta CEP foi bem recebido pelos operadores e lideranças. Os resultados obtidos serviram para elaborar um roteiro de implantação das cartas CEP, que detalha para cada fator de sucesso quais ações práticas devem ser feitas e em qual sequência. O roteiro foi posteriormente utilizado em mais oito pilotos de diferentes unidades industriais da própria empresa pesquisada, todos com sucesso.

Palavras-chave: carta CEP, controle estatístico de processo, pesquisa-ação, fatores de sucesso, cartas de controle, implantação, planta química.

ABSTRACTS

Statistical process control charts (SPC charts) were created in the 20th century in the United States and since then, they have been used for various purposes in different industries and services. SPC chart utilization was widespread in Japan in the postwar period and its effective use in Brazil occurred from the 90's. Although several examples of use, there are still some industries where deployment of SPC and its sustained use in shopfloor were not successful. In the chemical industry, its use in the shopfloor is controversial and there is no many studies focused on this industry to explain the factors that can impact the successful implementation of statistical control charts by operational teams. This dissertation aims to investigate, through an action research, which are the critical factors for a successful implementation and sustained use of SPC charts in a chemical. It was performed a literature review to gather studies about success factors to implement SPC chart in industries. Using action research, those critical success factors were tested in practice with operators in the chemical plant of a multinational enterprise located in Brazil. This chemical plant has experimented to implement SPC chart in the past with no success. As a result of the action research, we succeed to implement SPC chart in the industrial unit and reduce variability with savings of US\$ 150,000.00 per year energy. SPC chart use was well received by operators and leadership, showing that some success factors are really critical for a correct SPC implementation in a brazilian chemical plant. The results were used to develop a roadmap for SPC, with details about how and when to work each success factor. Afterwards, Roadmap was used in another eight different industrial units of the chemical company, all with success.

Keywords: SPC Chart, statistical process control, action research, success factors, Control Charts, implementation, chemical plant.

1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo mostra o contexto e a justificativa da dissertação, seus objetivos, metodologia utilizada e como a pesquisa foi estruturada.

1.1 Contexto e Justificativa

As Cartas de Controle Estatístico de Processo (Cartas CEP) têm sido usadas em unidades industriais desde a década de 20 quando em 1924 Walter Shewart, após pesquisas sobre métodos para melhoria da qualidade e redução de custos dos produtos, introduziu o conceito na empresa Bell Telephone Lab. Durante a 2ª. Guerra Mundial, com a indústria norte-americana voltada para os esforços de guerra, o Departamento de Guerra Norte Americano publicou um guia para utilização de Cartas CEP para melhoria de processos (MONTGOMERY, 2009).

No Japão, após a 2ª. Guerra Mundial, W. Edwards Deming ajudou a lançar a campanha para institucionalizar o conceito de Controle da Qualidade no setor industrial japonês, quando então o conceito de Cartas de Controle foi adotado e largamente utilizado. Nos anos 50, novas técnicas de Cartas de Controle Estatístico surgiram: Cartas CUSUM na Inglaterra em 1954 por E.S. Page e Cartas EWMA por S. Roberts em 1959. Ainda de acordo com Montgomery (2009), em 1987 surge a iniciativa do Programa Seis Sigma na Motorola, que incorpora em sua metodologia o uso sistemático de Cartas CEP.

No Brasil, não há um registro preciso do início do uso das Cartas CEP. Há registros de estudos de casos principalmente nos anos 90, com a adoção dos Programas de Qualidade em diversas empresas brasileiras, quando em 1991 um grupo formado por representantes de 39 organizações privadas e públicas criou a Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade (FPNQ), entidade sem fins lucrativos criada para administrar o Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ), em todo o território brasileiro (FNQ, 2012).

Nesse período, de acordo com Ramos (1990) apud Cortivo (2005) o surgimento de novas formas de organização da produção, com o conceito *just-in-time* e produção puxada, aliadas à tendência crescente de automação industrial, geraram um ceticismo muito grande no meio empresarial quanto à continuidade do uso do CEP como forma eficaz para o aprimoramento contínuo da qualidade. De acordo com Cortivo (2005) a aplicação do Controle Estatístico da Qualidade (com uso da Carta CEP) demanda uma mudança organizacional e comportamental na empresa, sendo importante o diálogo entre chefia e funcionários objetivando a troca de informações

para o sucesso do uso de cartas CEP. Assim, percebe-se que desde os anos 90, exatamente o período de maior disseminação do conceito e da técnica para utilização das Cartas de Controle, já se descreviam os problemas enfrentados para o uso da carta CEP junto as equipes operacionais.

Apesar de o seu uso ser relativamente fácil, muitos estudos e metodologias existentes, HRADESKY (1989), ANTONY e TANER (2003), OLIVEIRA, LOPES e BANDEIRA (2004), apontam as etapas de como implantar ou descrevem exemplos de usos de Cartas CEP em processos específicos (GALUCH, 2002; ZVIRTES; CHIAVENATO, 2006). Os autores relatam a adoção das cartas CEP para melhoria de um determinado tipo de processo industrial, geralmente para estabilizar ou melhorar uma característica de qualidade, também relatam as etapas adotadas e os resultados obtidos. Mas, não há um detalhamento sobre se os resultados obtidos no controle do processo foram perenizados e se a carta CEP foi realmente adotada como um processo de trabalho.

Grande parte desses autores indica pontos a seguir ou adotar na implantação, mas há poucos estudos sobre como obter sucesso na implantação e principalmente quanto a perenizar a utilização das Cartas CEP nas indústrias brasileiras, em particular na indústria química. Nesse setor, por experiência própria do autor dessa dissertação, percebe-se uma carência em se identificar os fatores críticos para obter sucesso na implantação e para que sua utilização seja feita de modo continuado, isto é, efetivamente usada e percebida como útil na operação das fábricas.

1.2 Objetivos da Dissertação

Essa dissertação tem como objetivos principais:

- Identificar, através de pesquisa bibliográfica, os principais fatores de sucesso para implantar e ter continuidade no uso de Cartas de Controle Estatístico de Processo (Cartas CEP) em uma planta química;
- Através de uma pesquisa-ação em uma planta química de uma empresa multinacional situada no Brasil, testar a relevância e investigar as particularidades de cada um dos fatores críticos de sucesso identificados, para obter resultados de um modo contínuo e sustentado.

Como objetivo específico, visando uma aplicação prática do resultado da pesquisa ação:

- Criar, para a empresa pesquisada, um roteiro específico para a implantação de Cartas CEP, para ser utilizada em toda a organização.

1.3 Método de Pesquisa-Ação

O termo pesquisa-ação foi divulgado em 1946 por Lewin (MARTINS, 2010) que caracterizou como pesquisa-ação uma pesquisa que gera teoria e ao mesmo tempo modifica (melhora) o sistema objeto da pesquisa e gera conhecimento.

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002) a pesquisa-ação tem um processo cíclico (Figura 1.1) com fases bem definidas para planejar, coletar dados, analisar os dados e planejar ações e executar as ações de intervenção. Com a implantação das ações há a avaliação e se retoma o ciclo do início com o planejamento. A pesquisa-ação possui algumas características típicas. Em primeiro lugar ela preconiza a realização de uma pesquisa com ação, usando uma abordagem científica para resolução de problemas sociais ou organizacionais.

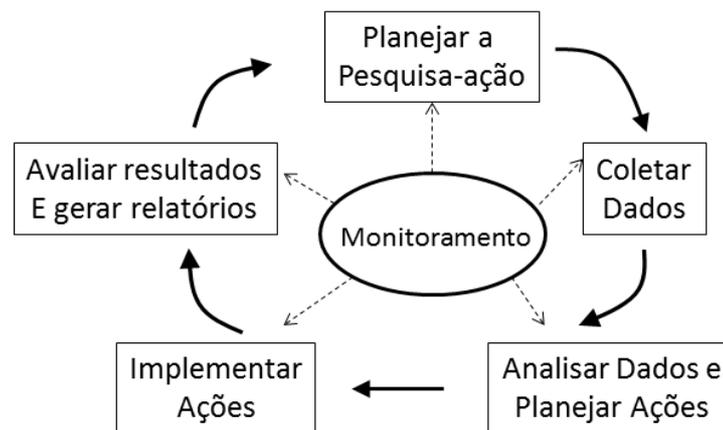


Figura 1.1 Ciclos da pesquisa ação
 Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

Em segundo lugar, ela é feita com a participação dos indivíduos que estão sendo pesquisados e que fazem, junto com o pesquisador, o processo de melhoria. Em terceiro, a pesquisa evolui ao mesmo tempo em que a ação de melhoria ocorre. A pesquisa-ação funciona como uma metodologia científica para resolução de problemas e uma sucessão de eventos estruturados que geram conhecimento científico.

De acordo com Tripp (2005) e Perry (2002) apud Turrioni e Mello (2010) a pesquisa-ação pode ser classificada em três modalidades: técnica, prática ou emancipatória, de acordo com o objetivo, papel do pesquisador e do relacionamento entre o pesquisador e o pesquisado.

Na modalidade técnica da pesquisa-ação o principal objetivo é obter resultados eficientes de uma prática profissional. O papel do pesquisador é de um especialista externo que vem para resolver o problema com um relacionamento de dependência dos pesquisados com o pesquisador.

Na modalidade prática, o pesquisador assume um papel de inquiridor (socrático) estimulando a auto-reflexão dos pesquisados para que possam transformar sua consciência e compreensão além de obter os resultados esperados. A relação entre pesquisador e pesquisado é de cooperação.

Na modalidade emancipatória, o objetivo é, além de auto-reflexão e obtenção do resultado esperado, transformar a própria organização que os pesquisados fazem parte, fazendo com que reescrevam suas regras de tradição e alcancem um novo patamar de eficiência e comportamento. O papel do pesquisador é de moderador desse processo e age em forma cooperativa com os pesquisados.

Para o problema de pesquisa em foco, ou seja, a implantação com sucesso e de modo sustentado do uso de cartas de controle em uma indústria química, a pesquisa-ação emancipatória foi escolhida, pois focará um problema (desordem) cuja solução não é clara e muito menos conhecida dentro da organização e terá um tratamento científico, buscando através dos modelos vigentes a explicação e solução.

O pesquisador faz parte da organização, mas não da unidade industrial, e assumiu um papel ativo junto com os pesquisados para tentar obter a transformação organizacional. É desejada que essa pesquisa-ação tenha um caráter emancipatório, com os pesquisados obtendo uma mudança no modo atual de gestão da produção, com o uso de Cartas CEP e tratamento de causas-especiais que ocorrem nos processos da fábrica. O pesquisador assumiu um papel de moderador e facilitador do processo. Mas, como a pesquisa-ação tem como característica uma estrutura flexível, o objetivo da pesquisa foi adequado conforme a evolução das ações conjuntas com os pesquisados.

1.3.1 Estrutura da pesquisa-ação realizada

De acordo com de Couglan e Coghlan (2002), o ciclo do processo da pesquisa ação é composta de três etapas:

- Uma pré-etapa de Planejamento para entender o contexto e o propósito

- Seis etapas principais: coleta de informações, disponibilização e análise dos dados, planejamento de ações de melhoria, implantação e avaliação das ações implementadas.
- Um meta-etapa para monitorar os resultados obtidos.

A pré-etapa de Planejamento é desdobrada em três:

Definição do contexto e do propósito: é a etapa onde são feitas as indagações sobre qual a necessidade do projeto e quais as forças dentro da organização (econômicas, políticas, sociais, técnicas) que dirigem a necessidade para a ação.

Definição da estrutura conceitual-teórica: é o estudo da bibliografia de modo sistemático e reconstrutivo, verificando a existência de trabalhos já realizados sobre o assunto ou que caracterizem o senso comum do assunto. Essa etapa permite a elaboração de hipóteses que irão fornecer uma solução provisória ao problema.

Seleção da unidade de análise e da técnica para a coleta de dados: são discutidos os critérios para escolha da unidade e a elaboração de um protocolo para coleta dos dados. Os dados são comumente levantados através de entrevistas com grupo de operadores ou individualmente, no local de trabalho.

Na etapa de obtenção dos dados, a coleta pode ser feita obtendo dados palpáveis, métricas ou simplesmente através da percepção e observação tanto no início quanto no transcorrer da pesquisa-ação. O fato do pesquisador observar e indagar a relação sistêmica existente entre os pesquisados em termos de indivíduo, grupo, departamento e mesmo de toda a organização, é vital para a solução de problemas organizacionais (como usar a técnica de Cartas CEP) e na resolução de problemas (como sustentar após sua implantação).

Na etapa de disponibilização dos dados são mostradas e relatadas pelo pesquisador as informações coletadas para identificar possíveis falhas ou lacunas e o pesquisado pode ou não fornecer as informações que servirão para a etapa de análise.

Na etapa de análise de dados, a participação dos pesquisados em uma análise conjunta é fundamental, pois ninguém melhor do que eles para interpretar e propor caminhos e soluções a serem planejadas e implantadas.

Na etapa de planejamento das ações de melhoria, como na fase da análise há a participação dos pesquisados, através da apresentação pelo pesquisador de perguntas cujas repostas farão parte do plano de mudança. Por exemplo:

- Quais fatores de sucesso para a implantação do CEP estão presentes na área atualmente?
- Há algum fator de sucesso específico para a área objeto do estudo?
- O que é preciso mudar? Em quais partes da organização?
- Existe comprometimento dos líderes e dos próprios operadores da fábrica com a implantação e uso das Cartas CEP? Como deve ser construído?
- A resistência está sendo explícita ou implícita? Como se deve administrar a resistência existente?

Na etapa de implantação das melhorias, o próprio pesquisado é quem lidera e executa as modificações, tomando parte ativa da solução.

Na fase de avaliação é feita a reflexão conjunta das ações (planejadas ou não) e o processo de trabalho de coleta e análise dos dados e o planejamento e implantação de ações é revisto para que o próximo ciclo de pesquisa-ação possa obter mais sucesso, evitando que pontos importantes passem despercebidos, tais como problemas de relacionamento.

O monitoramento é considerado uma meta-etapa e é exercido em todas as fases ao longo do ciclo. Cada ciclo da pesquisa-ação leva a outro ciclo, conforme ilustrado da Figura 1.2. Cada ciclo compreende então um planejamento contínuo, implantação de ações e avaliação, gerando o aprendizado contínuo.

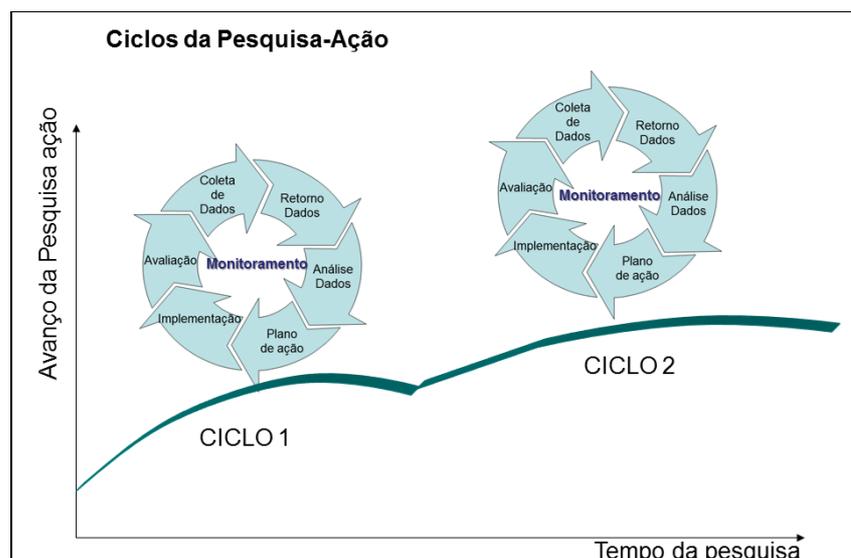


Figura 1.2: Ciclos da pesquisa ação
Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

1.4 Estrutura do Trabalho

Esse trabalho está dividido em cinco capítulos.

No capítulo 1 é feita a Introdução da dissertação, onde são discutidos o Contexto, a Justificativa e os Objetivos do trabalho, bem como o método de pesquisa utilizado.

No capítulo 2 é feita a Revisão Bibliográfica sobre os conceitos básicos relativos às Cartas CEP e ao tema “Fatores de Sucesso para Implantação e uso das Cartas CEP”, sendo que foram consideradas publicações a partir da década de 90 até o primeiro semestre de 2013.

No capítulo 3 são mostrados os resultados da pesquisa-ação realizada: a apresentação da empresa pesquisada, mostrando um breve histórico da evolução da empresa na cultura de excelência e, ao mesmo tempo, o paradoxo de não existir, junto as suas equipes operacionais, a prática de utilização das cartas CEP. Em seguida é feita a descrição da pesquisa com detalhes de cada passo da pesquisa-ação, a discussão da aplicação de cada fator crítico de sucesso levantado na pesquisa bibliográfica e a apresentação dos resultados obtidos.

No capítulo 4 são mostrados alguns resultados práticos após a implantação das cartas CEP na fábrica da empresa pesquisada e é feita a proposta de um roteiro de implantação de cartas CEP, com os detalhes para operacionalizar cada etapa.

No capítulo 5 são feitas as considerações finais e propostas para futuros estudos.

Na Figura 1.3 é mostrada de forma esquemática a estrutura empregada na dissertação.

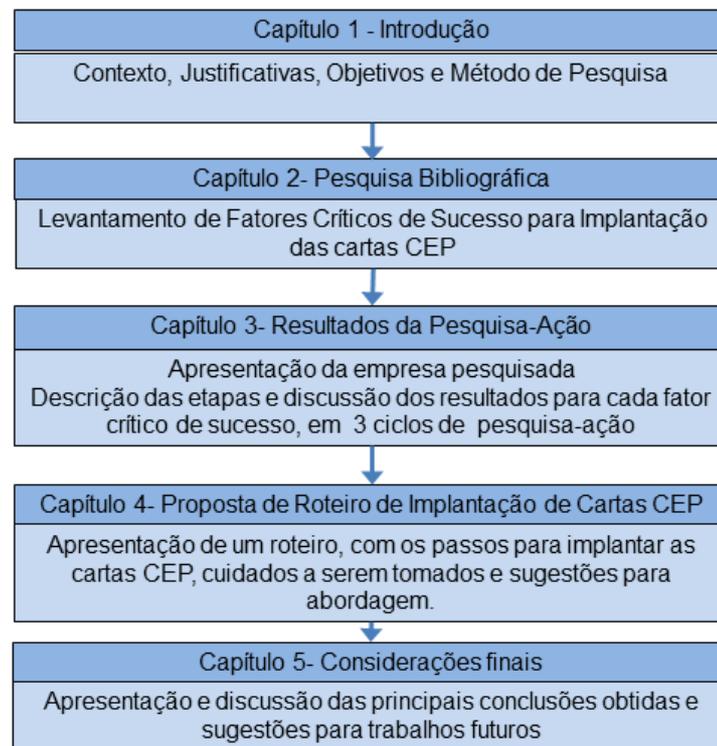


Figura 1.3: Estrutura da dissertação

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão discutidas algumas referências sobre o assunto objeto de pesquisa que servirão de base para a conceituação teórica da pesquisa-ação.

Será mostrada inicialmente a conceituação das Cartas de Controle, não com o intuito de mostrar a técnica de como construir as cartas, com a sequência dos cálculos dos limites de controle, discussão dos diversos tipos de cartas de controle e suas aplicações em diferentes processos, nem o equacionamento dos diferentes tipos de cartas de controle.

O foco é mostrar a conceituação inicial dada por Shewart, a evolução da primeira carta CEP proposta, o aparecimento de outros tipos de cartas de controle tanto para dados contínuos como para dados atributos, os diversos usos das cartas de controle e os critérios criados para a detecção de causas especiais

Em seguida são mostradas algumas características da indústria química mundial e brasileira, com dados sobre o seu crescimento ao longo dos anos, sua importância econômica e as dificuldades inicialmente detectadas para o uso das cartas CEP.

São citados exemplos da literatura de uso de cartas CEP na indústria química a partir da década de 90, tanto para a indústria química brasileira como de outros países, particularmente o norte-americano.

Por fim, são levantados, também à partir dos anos 90, as referências que discutem os fatores de sucesso para implantação das Cartas CEP de um modo continuado. São descritos os fatores propostos por cada autor e ao final é mostrado o referencial teórico que será usado durante a pesquisa-ação.

2.1 O Controle Estatístico de Processo: Conceituação e Abordagens

A origem do conceito de Controle Estatístico de Processo está ligada à história da Melhoria da Qualidade de produtos e serviços. De acordo com Shewart (1986) uma questão importante a ser considerada primeiramente para o Controle Estatístico de Processo é saber como dados provenientes de um processo podem contribuir para se tomar uma decisão racional de mudar ou não os parâmetros desse processo para corrigi-lo ou melhorá-lo.

Shewart alertou sobre a importância de como coletar os dados de um processo, não só os valores comumente numéricos, mas as informações relacionadas ao processo como, por exemplo, quem coletou ou fez a leitura dos dados, qual o tipo e validade do mecanismo de medição, quais os

valores das variáveis que podem impactar o processo, como temperatura ou umidade do ambiente, e até registrar eventos que ocorreram em paralelo e que podem auxiliar para se tomar a decisão de se interferir ou não no processo.

Em seus estudos Shewart concluiu dois importantes princípios que são fundamentais para o entendimento do controle estatístico de processo:

- A variabilidade nos processos é inevitável.
- Somente uma observação do processo fornece pouca ou nenhuma base para uma tomada de decisão objetiva. É necessária uma quantidade mínima de dados para caracterizar o processo.

De acordo com Juran e Godfrey (1998), Shewart recomendou que para visualizar os dados fossem usados gráficos dos dados em função do tempo, com os dados plotados em sequência ordinal de tempo, conforme ilustrado na Figura 2.1. Um exemplo de uma das primeiras cartas sugeridas por Shewart é mostrada na Figura 2.2.

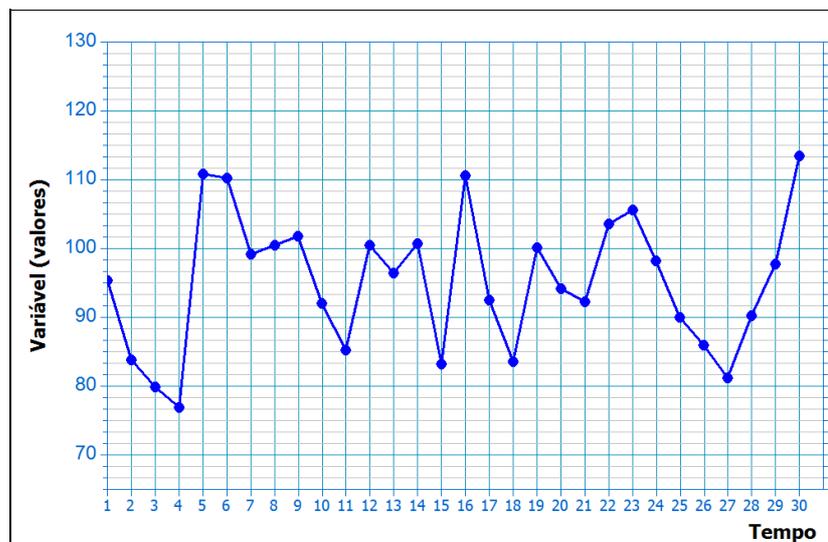


Figura 2.1: Exemplo de Gráfico de série temporal

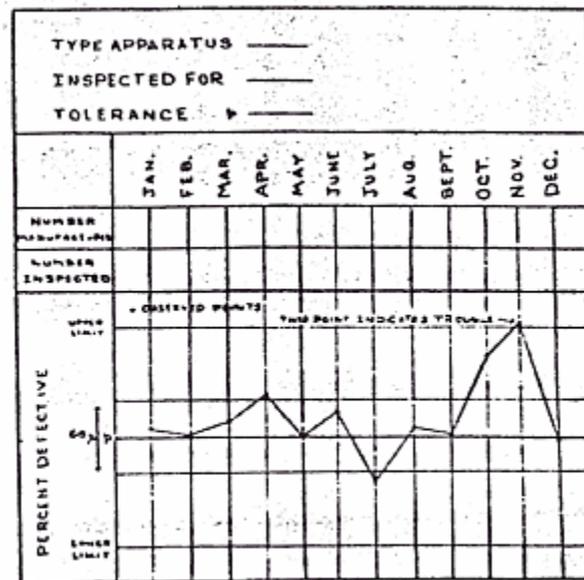


Figura 2.2: Exemplo das primeiras cartas CEP de Shewart em 1924
 Fonte: Howard (2003)

Em seguida Shewart (1986) indicou que a variabilidade apresentada pelos dados do processo possuía duas classes de causas de variação.

A primeira são as causas comuns ou aleatórias: são originadas por fatores inerentes ao processo, que estão sempre presentes e variam naturalmente, com pequeno impacto no processo. Geralmente são diversos fatores que variam ao mesmo tempo, e juntas podem formar um padrão. Shewart concluiu de observações empíricas e usando o Teorema do Limite Central que o comportamento dessas causas comuns geralmente segue uma distribuição de frequência muito próxima da distribuição normal, (JURAN; GODFREY, 1988). Em uma indústria química, causas comuns de variação são fatores como temperatura ambiente, variabilidade natural das válvulas de controle do processo, da composição das matérias primas, das características dos fluidos de utilidades usados (como vapor de aquecimento ou água de resfriamento) e até o humor e característica dos operadores, ainda mais em indústrias químicas onde geralmente a operação é feita com equipes que trabalham em regime de turnos.

A segunda classe são as que Shewart chamou de causas especiais ou assinaláveis: são desvios que diferem da variabilidade “normal” do processo, ocorrem esporadicamente e geralmente é a ocorrência de uma ou poucas causas, mas que produzem grandes variações no processo. Eventos típicos em uma indústria química como pane no fornecimento de utilidades (por exemplo, vapor, água de resfriamento ou eletricidade) ou quebra repentina de um equipamento podem ser caracterizados como causas especiais.

Shewart então desenvolveu as chamadas cartas de controle estatístico de processo onde um gráfico de série temporal teria limites que indicariam a região de maior probabilidade, para dados com distribuição normal, de somente ocorrer causas comuns, conforme ilustrado na Figura 2.3.

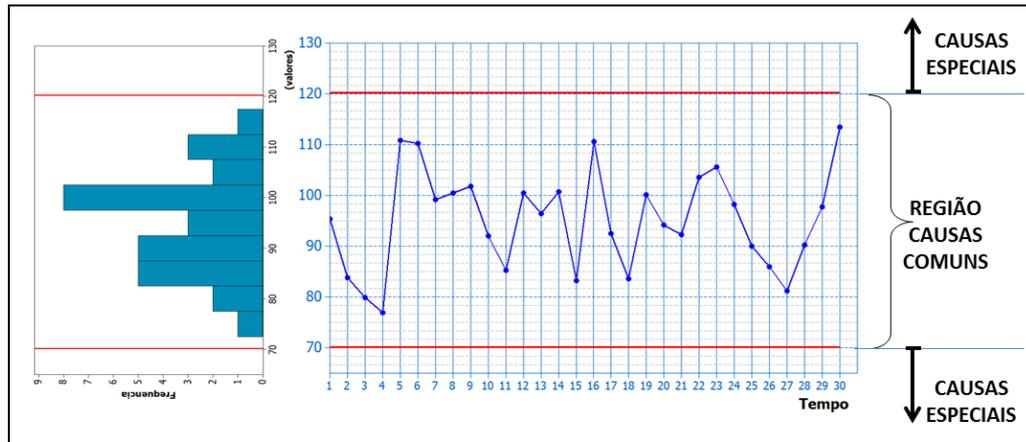


Figura 2.3: Exemplo de Gráfico de série temporal mostrando as regiões de probabilidade de causas comuns e especiais

Fonte: Próprio autor.

Qualquer dado do processo observado fora desses limites indicaria a presença de causas especiais e deveria ser investigada. Ainda segundo Juran e Godfrey (1998), Shewart preferiu as cartas de série temporal ao invés do histograma, pois a primeira é capaz de mostrar os dados na sequência em que são produzidos e consegue mostrar no tempo a natureza da variação que afeta cada ponto, podendo detectar a ocorrência de causas especiais.

As cartas de controle estatístico mais básicas desenvolvidas por Shewart consistia de cartas de série temporais mostrando a média e o desvio padrão do processo e os limites da região onde ocorrem somente variações devido à causas comuns ou aleatória (JURAN; GODFREY, 1988).

Shewart utilizou para as Cartas de Controle Estatístico de Processo o conceito de Teste de Hipóteses (LEVINSON, 2011), para distinguir as causas comuns das causas especiais que fazem com que um processo varie. Proposta nos anos 30 pelo estatístico inglês Ronald Fisher (QUINN; KEOUGH, 2002), o teste de hipóteses introduziu o conceito de teste de significância de uma decisão ou o risco de se tomar determinada decisão.

No conceito de teste de Hipóteses há uma hipótese inicial, denominada “Hipótese Nula” cuja principal assunção é de que “há inocência” ou, no caso industrial, “o processo não mudou” ou “o processo está sob controle estatístico”, somente com variabilidade devida às causas comuns. Através de uma amostra da população, é testada se a “Hipótese Nula” pode ou não ser aceita;

assumindo-se um risco de se tomar a decisão errada, isto é, dizer que “há inocência” quando, na realidade, “não há inocência”.

		Realidade	
		O processo <u>está</u> sob controle	O processo <u>não está</u> sob controle
Decisão tomada	O processo <u>está</u> sob controle	Decisão acertada ! (Nível de Confiança) 100 % – α	Decisão errada ! (Falso Negativo) Risco = β
	O processo <u>não está</u> sob controle	Decisão errada ! (nível de significância / Falso positivo) Risco de Falso alarme Risco = α	Decisão acertada ! (Poder) 100 % – β

Figura 2.4: Matriz de Teste de Hipóteses
Fonte: Próprio autor

O Risco de se tomar a decisão errada, ou seja, achar que o processo não está sob controle estatístico e de atuar tentando corrigir, sendo que o mesmo está sob controle, é chamado de nível de significância, risco de falso alarme, risco α (alfa) ou risco de falso positivo. Do mesmo modo, o risco de se decidir que um processo está sob controle quando na realidade ele não está é chamado de risco β , ou risco de falso negativo. Na Figura 2.4 está esquematizada a matriz de Teste de Hipóteses mostrando os riscos α e β .

No caso das cartas de controle estatístico de processo de Shewart para a média, o nível de significância, ou risco α , é de 0,27 %, ou seja, 99,73 % do tempo a variabilidade é devida a causas comuns ou aleatórias. Para uma variável cujo comportamento segue uma distribuição normal de frequência, a região de causas comuns equivale a ± 3 desvios padrão ($\pm 3 \sigma$) e é delimitada pelo que Shewart chamou de Limites de Controle Estatísticos do processo. No caso, por exemplo, de uma planta industrial para uma variável com limites superior e inferior de controle, seria o mesmo de esperar 1,35 alarmes falsos acima ou abaixo dos limites, para 1000 observações do processo (LEVINSON, 2011), conforme ilustrado na Figura 2.5.

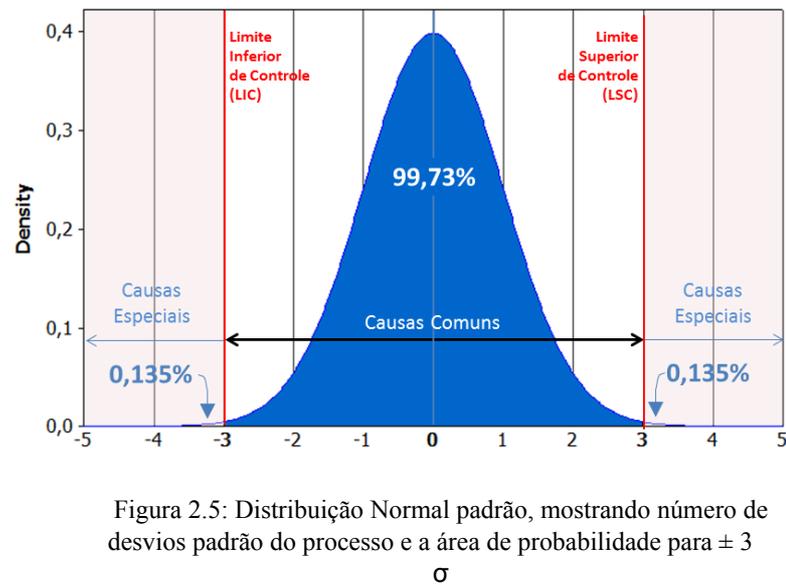


Figura 2.5: Distribuição Normal padrão, mostrando número de desvios padrão do processo e a área de probabilidade para ± 3

Fonte: Próprio autor

As cartas de controle de média e desvio padrão de Shewart, de acordo com a descrição feita por Oakland (2003), são como um semáforo de tráfego de automóveis, cuja operação é baseada em evidências de amostras retiradas do processo em intervalos randômicos. A luz verde do semáforo é dada quando o processo deveria operar sem ajustes, variando somente devido à presença de causas aleatórias. A luz amarela é dada quando é possível haver um problema e a luz vermelha é dada quando praticamente não há dúvida de que o processo desviou devido à presença de uma causa especial. Na Figura 2.6 é mostrado o gráfico de controle de média, com os limites de controle superior e inferior.

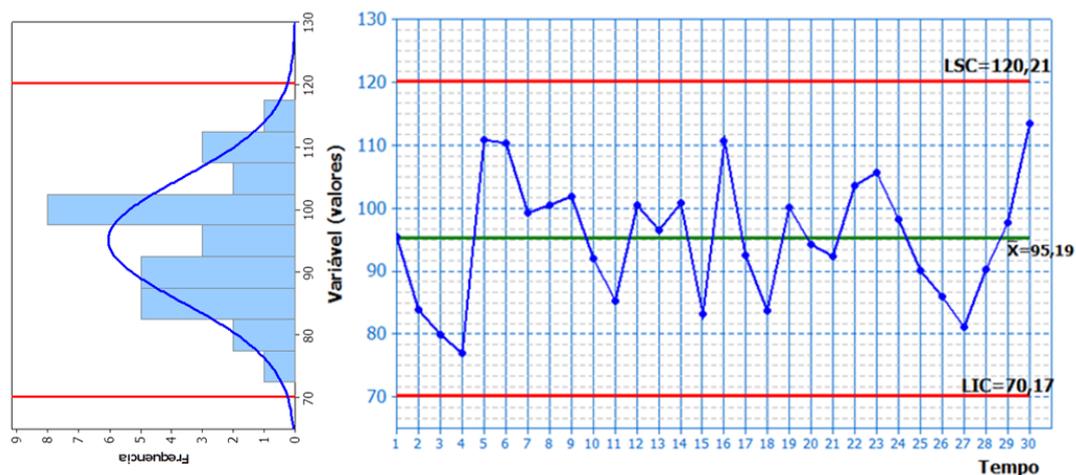


Figura 2.6: Gráfico de Controle de Média de Shewart, com histograma

Fonte: Próprio autor

Para a amostragem dos valores do processo para as cartas de controle de médias, Shewart usou o conceito de subgrupos racionais, quando as amostras deveriam ser coletadas de modo que a probabilidade de mudança de média durante a amostragem seja baixa e entre amostras seja alta. Ou seja, para a boa caracterização do processo é melhor coletar pequenas amostras periodicamente do que uma grande amostra de uma única vez (JURAN; GODFREY, 1988).

No caso de se coletar os dados em subgrupos racionais, a carta de controle preconizada por Shewart é a carta de Média e Amplitude e o desvio padrão usado para o cálculo dos limites de controle sofre uma correção, dependendo do número de amostras coletadas. Na Figura 2.7 é mostrado um exemplo de uma carta de valores individuais e sua correspondente carta de controle de Média e Amplitude para um subgrupo racional de 3 amostras. Pode-se perceber que os limites de controle são diferentes. Além das cartas de valores individuais e de médias e amplitude para amostragem com subgrupos racionais, outros tipos de cartas de controle foram sendo desenvolvidas para média e desvio padrão de amostras (Cartas X-S), para atributos como porcentagem de não conformidades (cartas np e p), número de não conformidades por item ou por um milhão de itens (cartas c e u).

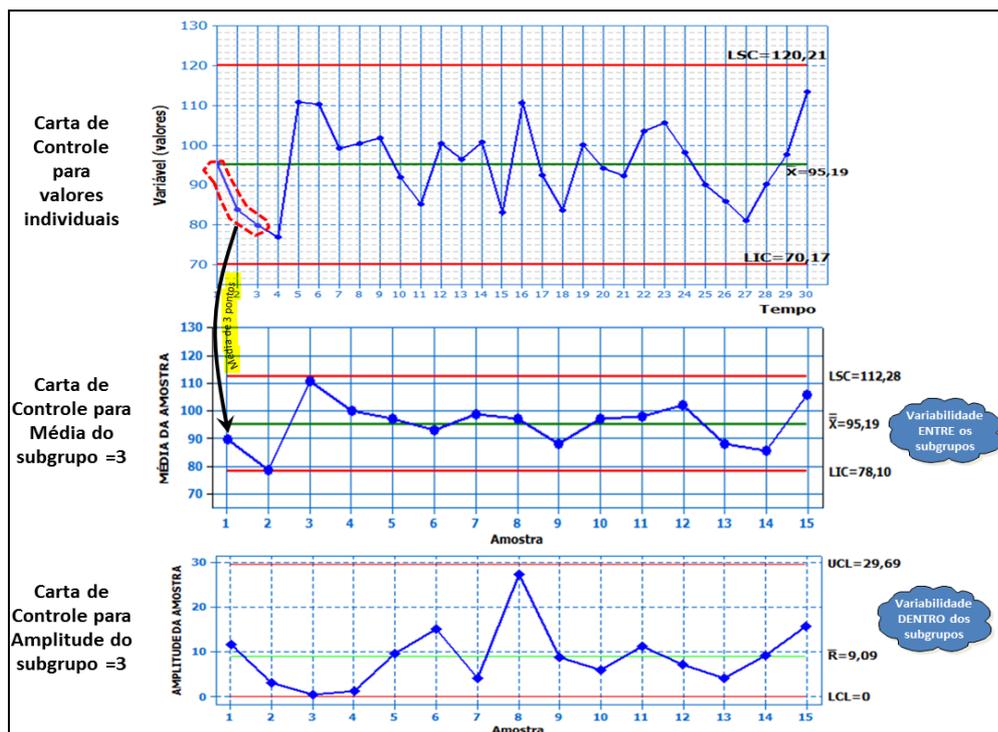


Figura 2.7 : Gráfico de Controle de Média de Shewart para valores individuais e de média e amplitude para subgrupo=3

Fonte: Próprio autor

Outras melhorias das cartas básicas de Shewart foram sendo feitas, como as cartas para detectar pequenas mudanças da média do processo, cartas de controle de somas acumulativas (CUSUM ou cumulative sum) ou de média móvel ponderada exponencialmente (carta EWMA) e para dados auto correlacionados no tempo, aliás, muito comuns na indústria química. A demonstração e discussão dos métodos para cálculo dos limites de controle dos diferentes tipos de cartas de controle não será feito, por não se tratar do foco dessa pesquisa. No entanto, vale ressaltar que a etapa de cálculo ou simples definição dos limites de controle é fundamental para o sucesso da implantação da carta CEP no chão de fábrica e será discutida nos próximos tópicos da dissertação. De acordo com Caulcutt (1995), muitas frustrações com as cartas CEP e falhas em sua aplicação com conseqüente abandono foram originadas devido a falha na correta adoção dos limites de controle.

Alguns guias foram publicados para orientar a adoção da correta carta de controle para cada caso, como o guia publicado pela associação norte-americana de qualidade e a associação automobilista norte-americana (ASQ/AIAG, 1992) ou conforme proposto por Montgomery (2009) e mostrado na Figura 2.8

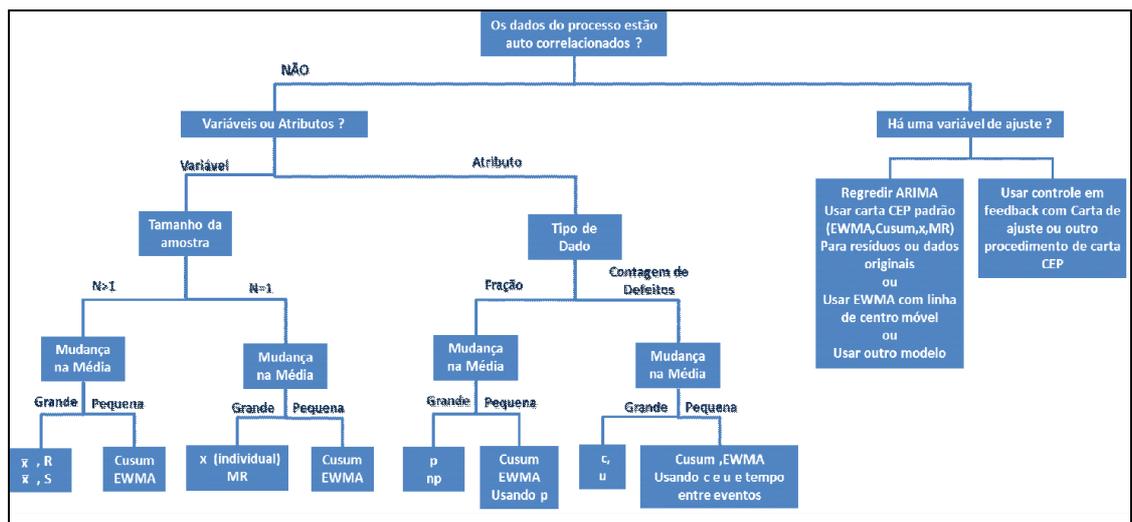


Figura 2.8: Guia para Controle e Monitoramento de processo univariado
Fonte: Montgomery, 2009

Além dos diferentes tipos de Cartas de Controle, segundo Caulcutt (1995) é interessante distinguir os diferentes modos nos quais elas são usadas e propôs três categorias:

- **Monitoramento de processos:** as medições do processo são feitas em intervalos regulares e os dados são colocados no gráfico o mais rápido possível para detectar

mudanças nos processo devido à causas especiais. O desvio padrão usado para o cálculo dos limites de controle pode vir de dados históricos do processo e não necessariamente dos dados que estão sendo monitorados.

- **Resolução de problemas:** os dados disponíveis são colocados no gráfico de controle para auxiliar na identificação das causas do problema. É a chamada análise “post mortem”. Os limites de controle são calculados à partir dos dados do histórico.
- **Avaliação da estabilidade do processo:** os dados históricos são colocados em uma carta de controle para determinar se houve ocorrência de causas especiais que caracterizaram o processo como instável.

Para as três categorias, é importante a definição do critério a ser usado (e o risco a ser assumido) para a detecção de causas especiais. Além do critério de pontos do processo fora dos limites de controle de $\pm 3 \sigma$, alguns critérios foram sugeridos para detecção de pontos fora de controle. De acordo com Montgomery (2009) em 1956 a empresa norte-americana Western Electric lançou um manual com algumas regras, que ficaram conhecidas como Regras “Western Electric” e que são utilizadas até os dias atuais (WESTERN ELECTRIC, 1958).

Por essas regras, a carta de controle foi dividida em 3 zonas de cada lado da linha de centro (Figura 2.9). A zona C consiste da região acima ou abaixo da linha de média, a Zona B consiste com 1 ou mais desvios padrão da linha de centro e a Zona A, na região com dois ou mais desvios padrão da linha de centro. Apesar de aumentar o risco α , o objetivo de delimitar as zonas e estabelecer regras é facilitar a detecção de situações de falta de controle mais rapidamente do que o critério de pontos fora do limite de controle de $\pm 3 \sigma$.

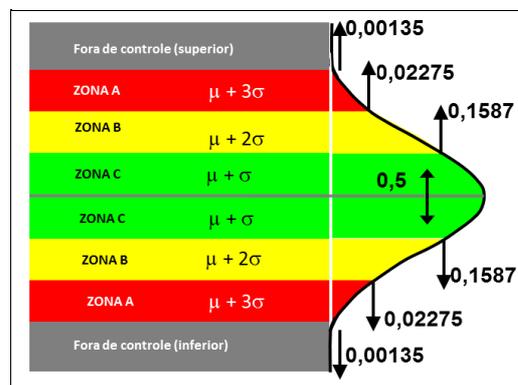


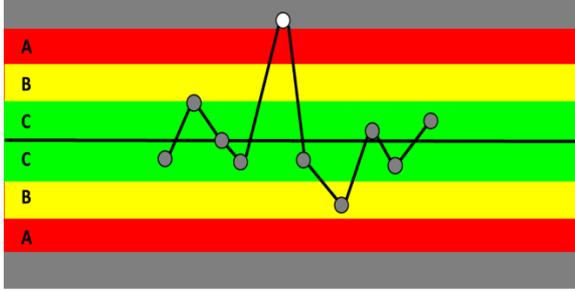
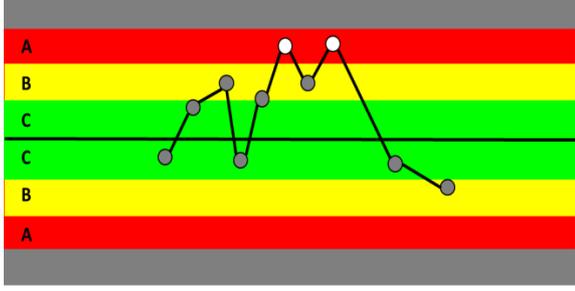
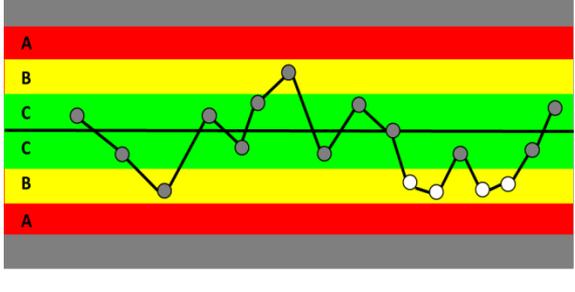
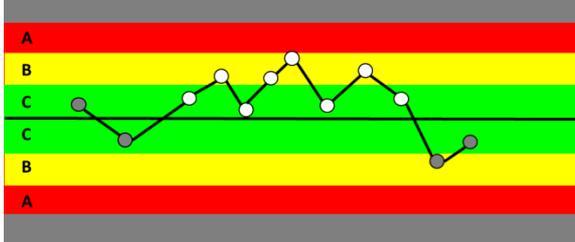
Figura 2.9: Zona de testes da Western Electric
Fonte: Levinson, 2011

As Regras da Western Electric são quatro, conforme mostrado no Quadro 2.1. Em 1984, a AT&T relançou o manual da Western Electric com mais 6 regras, para aumentar a sensibilidade em

identificar a presença de causas especiais (ASQ/AIAG,1992), conforme mostrado no Quadro 2.2 Montgomery (2009) também inclui como critério a análise de padrões não usuais ou não randômicos dos dados e a observação de um ou mais pontos muito próximos do limite de controle.

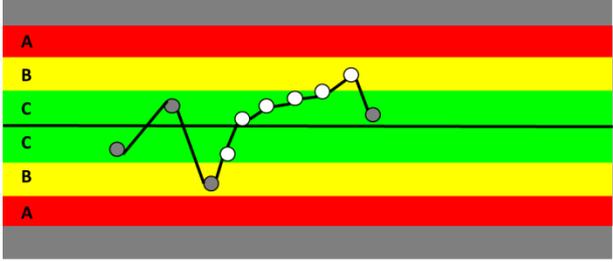
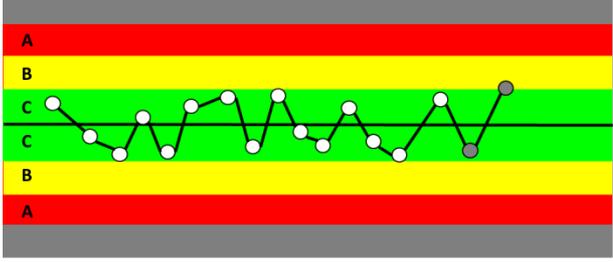
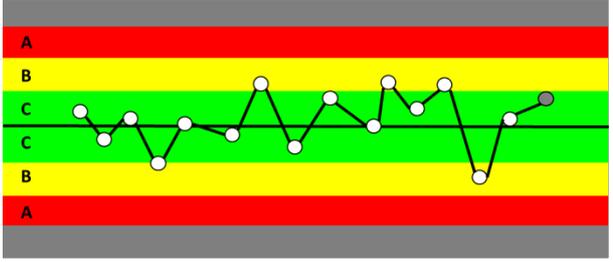
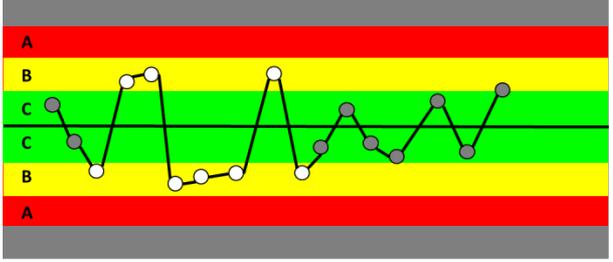
De acordo com a ASQ/AIAG (1992), exceto para o critério inicial de pontos fora da região de $\pm 3 \sigma$, não há uma ordem de prioridade de uso dessas regras. A definição de qual regra usar irá depender do objetivo que se deseja com a Carta de Controle, das características do processo a ser acompanhado e do tipo de causas especiais presentes no processo.

Quadro 2.1: Regras das Zonas de Controle da Western Electric em 1958

Critério para Identificação de Causa Especial	Exemplo Gráfico
<p>Um ou mais pontos acima fora do limite de 3 desvios padrão da média, apesar de não ser uma regra e sim o conceito apresentado por Shewart, ela foi incluída no manual e indicada como primeira a ser seguida . O Risco α de um falso alarme, conforme já visto, é de 0,135% para cada lado</p>	
<p>Dois ou mais pontos de três consecutivos dentro da ZONA A, ou seja, fora da região de $\pm 2\sigma$, mas dentro da região de $\pm 3\sigma$. A probabilidade de tal evento acontecer é de 0,153 % e pode ser calculado pela distribuição binomial cumulativa (LEVINSON, 2011) , conforme segue:</p> $\frac{3!}{2!!} 0,002275^2 \times (1 - 0,02275) + \frac{3!}{3!0!} 0,002275^3 = 0,00153$	
<p>Quatro ou mais de cinco pontos consecutivos dentro da ZONA B, ou seja, acima de $\pm 1\sigma$ e abaixo de $\pm 2\sigma$ A probabilidade de tal evento acontecer é de 0,277 %</p>	
<p>Uma sequência de oito pontos consecutivos de um mesmo lado da linha de centro. A probabilidade de tal evento é de $(0,5)^8 = 0,391\%$ (LEVINSON, 2011)</p>	

Fonte: Adaptado de Montgomery, 2009 e Levinson, 2011

Quadro 2.2: Seis Novas Regras das Zonas de Controle da Western Electric de 1984

Critério para Identificação de Causa Especial	Exemplo Gráfico
Seis pontos sequenciais, ascendentes ou descendentes.	 <p>Um gráfico de controle com uma linha central e duas linhas de controle. O fundo é dividido em zonas coloridas: A (vermelha), B (amarela) e C (verde). Seis pontos sequenciais são plotados, mostrando uma tendência clara de subida ou descida.</p>
Quinze pontos sequenciais na ZONA C em ambos os lados da linha central ($\pm 1\sigma$), subindo ou descendo.	 <p>Um gráfico de controle com uma linha central e duas linhas de controle. O fundo é dividido em zonas coloridas: A (vermelha), B (amarela) e C (verde). Quinze pontos sequenciais são plotados, todos dentro das zonas C em ambos os lados da linha central, mostrando uma tendência de subida ou descida.</p>
Catorze pontos sequenciais alternando subida e descida	 <p>Um gráfico de controle com uma linha central e duas linhas de controle. O fundo é dividido em zonas coloridas: A (vermelha), B (amarela) e C (verde). Catorze pontos sequenciais são plotados, alternando entre subidas e descidas.</p>
Oito pontos sequenciais em ambos os lados da linha central, mas nenhum na ZONA C (região de $\pm 1\sigma$)	 <p>Um gráfico de controle com uma linha central e duas linhas de controle. O fundo é dividido em zonas coloridas: A (vermelha), B (amarela) e C (verde). Oito pontos sequenciais são plotados, todos dentro das zonas B em ambos os lados da linha central, mas nenhum dentro da zona C.</p>

Fonte: Adaptado de Montgomery, 2009 e ASQ/AIAG, 1992.

Outra observação é quanto ao uso de vários critérios ao mesmo tempo, pois apesar de aumentar a sensibilidade em detectar causas especiais também aumenta o risco de falso positivo, ou risco α . Por fim, alerta que o uso desses critérios no chão de fábrica deve ser feito com cuidado, somente após terem o treinamento suficiente nos conceitos e na ferramenta utilizada.

Além das regras para identificação de causas especiais baseadas nos princípios preconizados por Shewart, surgiram na década de 90 as chamadas Cartas de Pré-Controle, mais

simples de construir e fáceis de entender do que as cartas de Shewart. Martin (1999) defende que ambas podem conviver, sendo que deve ser analisado qual caso cada um pode se adequar melhor.

Uma variante das Cartas de Pré-Controle são as chamadas Cartas de Controle por Zona. De acordo com Oakland (2003), essas cartas são uma adaptação das cartas de média de valores individuais. Por essa regra, é atribuída uma pontuação a cada ponto dependendo em qual zona ele se situar.

Zona C ou $< \pm 1\sigma$: 1 ponto
Zona B ou $> \pm 1\sigma$ e $\bullet \pm 2\sigma$: 2 pontos
Zona A ou $> \pm 2\sigma$ e $\bullet \pm 3\sigma$: 4 pontos
Região $> \bullet \pm 3\sigma$: 8 pontos

Para cada lado da média (superior ou inferior) a soma dos pontos deve ser inferior a 7, caso a soma exceda 7 pontos se conclui que houve uma mudança significativa no processo, ou seja, há presença de causas especiais. A pontuação é zerada cada vez que o processo passa para o outro lado da linha de centro. Na Figura 2.10 é ilustrado um exemplo para o caso de oito pontos sequenciais em ambos os lados da linha central, mas nenhum na ZONA C (região de $\pm 1\sigma$). Por esse critério de pontuação por zonas, não há nenhum indício de causas especiais (todas as pontuações abaixo de 7 pontos).

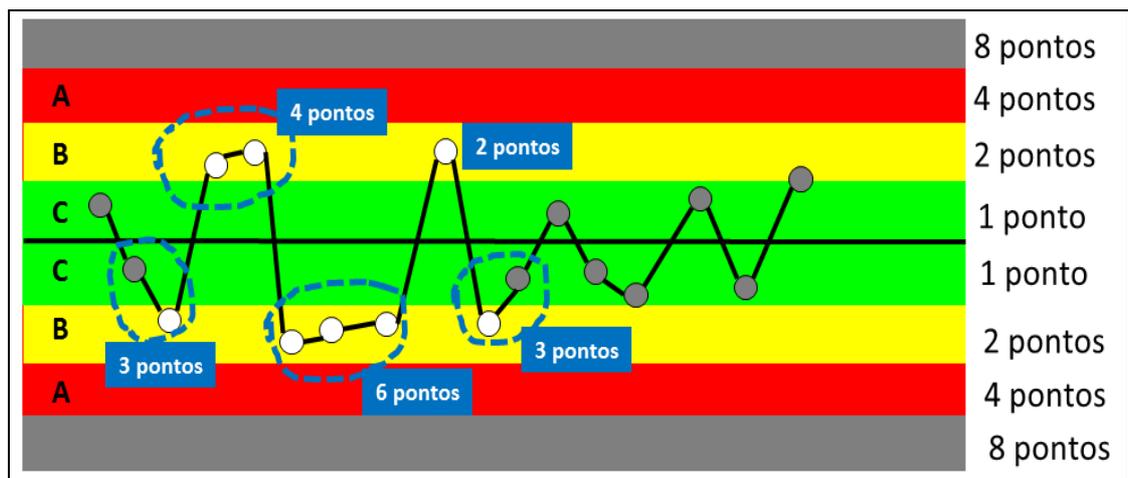


Figura 2.10: Exemplo de Carta de Controle por Zona usando pontuação
Fonte: Adaptado de Oakland, 2003

Bhote *apud* Oakland (2003) e Langdon (2006) sugerem outro tipo de carta de pré-controle baseada nas especificações do produto ou serviço e não no conceito de probabilidade preconizado por Shewart. Nessa carta a região da especificação do cliente é dividida em três regiões.

A primeira chamada de Zona Verde, que tem como centro o próprio centro da especificação e possui um comprimento de metade da especificação. As demais extremidades chamadas de Zona Amarela possuem um quarto do comprimento da especificação. As regiões fora dos limites de especificação são por sua vez as Zonas Vermelhas (Figura 2.11). A regra é bem simples e são divididas para condições de partida ou *setup* da fábrica ou para condições de operação normal, conforme mostrado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Regras de Pré-Controle baseadas na faixa de especificação

Regras para análise após” preparação ou partida”	
Coletar 5 amostras sequenciais	
Se cinco pontos seguindo caírem na Zona Verde	Analisar com as regras de “em operação”
Se dois pontos seguidos caírem na zona amarela em um mesmo lado da média	Observar o processo
Se dois pontos caírem na zona amarela mas em lados diferentes	Fazer ajuste no processo
Se qualquer ponto cair na Zona vermelha	Observar o processo
Regras para análise para processo “em operação”. Aplicar após passar nas regras de “preparação ou partida”	
Coletar 2 amostras sequenciais	
Se o primeiro ponto cair na Zona Verde ou o segundo ponto cair na Zona Verde após o primeiro cair na Zona Amarela	Continuar operação
Se dois pontos caírem na Zona Amarela	Observar o processo
Se dois pontos caírem na Zona Amarela mas em lados diferentes da linha média	Fazer ajuste no processo
Se um ponto cair na Zona Vermelha	Fazer ajuste no processo

Fonte: adaptado de Bhote apud Oakland (2003) e Langdon (2006)

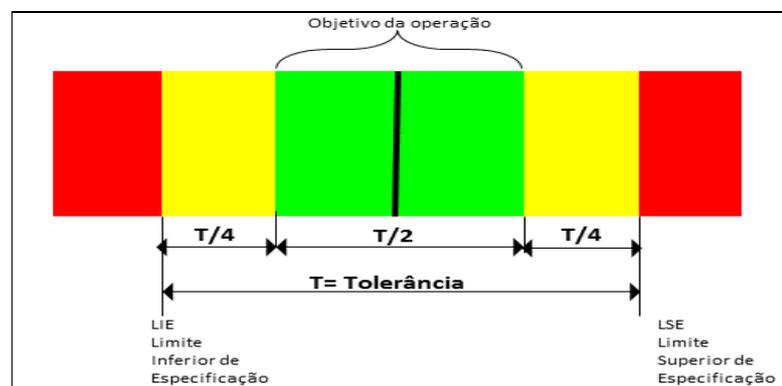


Figura 2.11: Zonas de Pré Controle baseadas no comprimento da especificação.
Fonte: Adaptado de Langdon, 2006

Prevette (2004) sugere que o uso de cores facilita o entendimento dos operadores e auxilia no gerenciamento das ações corretivas pelos gerentes, mesmo que seja para as cartas de controle estatístico. Oakland (2009) por sua vez cita estudo que fez análise comparativa entre a detecção de causas especiais pelo método estatístico e pelas cartas de pré-controle: apesar das cartas de pré-controle serem simples e versáteis em várias aplicações, as Cartas de média e amplitude ainda são melhores, pois são mais sensíveis em detectar mudanças no processo e mais ricas nas informações que irão suportar o processo de melhoria.

2.2 A Indústria Química e o uso das Cartas CEP

Nessa seção são mostradas algumas características das indústrias químicas norte-americana e brasileira e são mostrado os cenários onde começaram a aplicação das cartas de controle estatístico de processo de ambas

2.2.1 O uso da carta CEP na indústria química norte-americana

A indústria química exerce um papel de destaque na economia mundial e brasileira. De acordo com Murmann (2002), a indústria química é considerada uma das maiores indústrias de manufatura do mundo. Na virada do século 21 a indústria química mundial atingiu vendas de mais de 1,67 trilhões de dólares e empregava por volta de 10 milhões de pessoas. É a maior indústria de manufatura dos Estados Unidos, a segunda maior da Europa, atrás somente da indústria alimentícia, e a segunda maior do Japão, atrás apenas da indústria eletroeletrônica. De acordo com Slezzynger (2011), em 2011, o faturamento mundial da indústria química foi estimado em aproximadamente 5 trilhões de dólares.

Ainda de acordo com Murmann (2002), no começo do século 20 a Alemanha tinha a liderança na produção e exportação de produtos químicos, graças a suas tecnologias para produtos químicos orgânicos, como o índigo sintético desenvolvido por Adolf Bayer e a processos de ruptura como a produção a alta pressão de amônia usando ar atmosférico (uma obsessão dos químicos por décadas), desenvolvido por Fritz Haber e Carl Bosch. Mas, após a Segunda Guerra Mundial, particularmente após a década de 50, foram os Estados Unidos quem aumentou sua participação no cenário mundial (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Porcentagem do total de exportações de produtos Químicos por país e ano

Ano das Exportações	1899	1913	1929	1937	1950	1959	1990	2000
Reino Unido	19,6	20,0	17,5	16,0	17,9	15,0	8,4	6,6
França	13,1	13,1	13,5	9,9	10,1	8,6	9,1	7,8
Alemanha ¹	35,0	40,2	30,9	31,6	10,4	20,2	17,7	12,1
Outros Europa Ocidental ²	13,1	13,1	15,3	19,4	20,5	21,1	31,7	32,0
Estados Unidos	14,2	11,2	18,1	16,9	34,6	27,4	13,2	14,1
Canadá	0,4	0,9	2,5	2,9	5,2	4,4	1,8	1,6
Japão	0,4	1,0	1,8	3,0	0,8	3,1	5,4	6,1
Outros	4,2	0,3	0,4	0,3	0,5	0,2	12,8	19,8
Total em %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1 Alemanha Ocidental entre 1950 e 1990.

2 Bélgica, Luxemburgo, Itália, Holanda (exceto em 1899 e 1913), Espanha (somente em 1990 & 2000), Suécia e Suíça.

Fonte: Adaptado de Murmann, 2002.

Com um investimento forte em pesquisa e desenvolvimento, em 1950 praticamente 1/3 dos laboratórios de pesquisa criados nos Estados Unidos eram voltados para a indústria química (MURMANN, 2002), os Estados Unidos começaram a licenciar seus processos de produção de produtos como plásticos, fibras sintéticas e borracha sintética para o restante do mundo, contribuindo junto com outros países para um aumento da participação da indústria química no cenário da economia mundial em um ritmo crescente, até os dias de hoje (Figura 2.12).

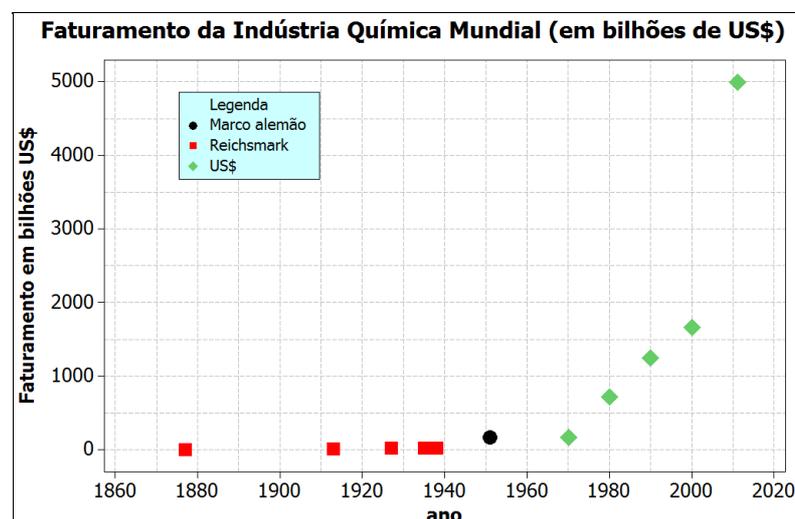


Figura 2.12: Faturamento da Indústria Química Mundial

Fonte: Adaptado de Murmann, 2002 e Slezzynger, 2011

Foi nesse período, após a década de 50, que os métodos para melhoria da Qualidade começaram a ser desenvolvidos. Montgomery (2009) mostra uma linha do tempo dos vários eventos e métodos que foram surgindo para a Melhoria da Qualidade, principalmente nos Estados Unidos:

1924 – Introdução das Cartas de Controle por Shewart.

1940 – O Departamento de Guerra norte-americano publica um guia para uso de Cartas de Controle para analisar dados de processo.

1946 – É criada a Sociedade Americana de Controle da Qualidade (ASQC). É fundada a ISO (International Standards Organization).

1951 – É publicada a metodologia de projeto de experimentos e de superfície de resposta para otimização de processos, focado na indústria química. Aplicações de projetos de experimentos na indústria química crescem sensivelmente.

1954 – É criada a Carta de Controle de soma acumulada (CUSUM).

1954 - É criada a Carta de Controle de média móvel ponderada exponencialmente (EWMA).

1975 – 1978 É iniciado o movimento do Gerenciamento da Qualidade Total (TQM).

1980 -1986 – A metodologia de projeto de experimentos é adotada por outros tipos de indústria como automobilística, aeroespacial e eletrônica. Constata-se que no Japão seu uso é largamente disseminado.

1987 – A ISO publica o seu primeiro padrão do sistema da qualidade. Surge a iniciativa Seis Sigma na Motorola.

1997 – A metodologia Seis Sigma é adotada por várias outras indústrias, inclusive a indústria química.

Já na década de 80, com o movimento de Qualidade Total e com o “retorno” dos gurus da Qualidade para os Estados Unidos (principalmente Walter Deming), após terem contribuído para criar no Japão a cultura da melhoria da Qualidade, o interesse para o uso das Cartas CEP na indústria química americana aumentou.

Vale ressaltar o papel importante de Deming no Controle Estatístico de Processo e disseminação das Cartas CEP. De acordo com Walton (1986), primeiro pelo seu trabalho durante a Segunda Guerra Mundial nos Estados Unidos, quando chegou a treinar 31 mil participantes de empresas dedicadas à produção voltada para a guerra, inclusive compradores do governo norte-americano, nos métodos de “Controle Estatístico de Qualidade” de Shewart, em um curso de

10 dias. Nesse período também realizou 23 conferências pelo país. Em seguida, seu papel no Japão pós-guerra, onde foi inicialmente contratado pelo “Comando Supremo das Potencias Aliadas” (SCAP) para preparar o censo japonês de 1951, mas depois foi convidado pela recém-criada União dos Cientistas e Engenheiros Japoneses (JUSE), organizada para ajudar na reconstrução do país, para formar seus técnicos, transformando de forma radical o sistema produtivo japonês que é reconhecido até os dias de hoje pela alta qualidade de seus produtos.

Chowdhury (1986) ressalta a retomada, no final da década de 80 e início da década de 90, do interesse da indústria química norte-americana pelo uso das cartas CEP, pois, ao invés de apenas inspecionar a qualidade do produto final, como fizeram no início do uso das cartas CEP, os engenheiros começaram a usar o controle estatístico de processo durante a produção, como uma ferramenta para reduzir a variabilidade do produto. Além da melhoria da qualidade final, também aponta o uso do CEP no aumento da produtividade da planta, redução do consumo de energia, redução dos níveis de estoque e melhoria da manutenção da planta. Chowdhury cita o testemunho de um diretor de controle da qualidade de uma grande empresa química dizendo que “não acharam ainda um processo, seja contínuo ou batelada, onde as Cartas de Controle não contribuíram com significantes ganhos”. É interessante a descrição do processo implantado, onde os dados do processo são coletados pelos responsáveis pelo controle de processo em “minicomputadores” e computadores pessoais e em seguida tratados por aplicativos específicos que alertam os operadores de possíveis problemas no processo e indicam o procedimento para solucionar. O autor não descreve como tal processo, com a participação de todos, foi obtido, nem é o objetivo da pesquisa bibliográfica identificar se o mesmo foi perenizado até então. Uma informação que se obtém é que essa mesma empresa realizou por três anos um programa de treinamento interno de 20 horas em controle estatístico de processo envolvendo metade dos seus funcionários (aproximadamente 4000 pessoas), incluindo desde operadores até gerentes e designou especialistas em estatística e resolução de problemas para dar suporte a todos.

No entanto, o uso das Cartas de Controle não é sistêmico na indústria química. Uma pista é dada por Gallagher (1990), em um momento onde a metodologia Seis Sigma começava a se destacar (anos 90), que afirma que apesar do reconhecido benefício do uso de Cartas de Controle na indústria de produtos seriados, seu uso é menos evidente em processos contínuos que envolvem líquidos e gases, muito comuns na indústria química. O autor indica ainda alguns potenciais problemas, alerta que o período para se ter o programa implementado levará meses ao invés de

semanas e lista algumas atividades que deverão ser feitas para sua implantação, conforme quadro 2.4.

Quadro 2.4: Problemas da aplicação de CEP na indústria química

Problemas	Atividades necessárias
Complexidade dos processos.	Treinar o time.
A presença de controle automático do processo	Checar os conceitos básicos para todos
A existência de muita variabilidade dos	seguirem o mesmo método
processos (causas especiais)	Entender a fonte das variações nas
Análise do produto não é constante.	variáveis de entrada e nas análises
	Fazer estudos de Capacidade
	Saber construir a Carta CEP

Fonte: Adaptado de Gallager, 1990.

Passados 10 anos, Haslego (2000) afirma que o controle estatístico do processo fornece um efetivo meio para monitorar processos químicos, principalmente contínuos. Segundo Haslego, engenheiros de controle do processo usam as cartas para acompanhar a estabilidade do processo, consistência e desempenho geral e ao mesmo tempo, os responsáveis pela qualidade acompanham se o processo está seguindo os padrões de qualidade estabelecidos. No entanto, há o alerta de que o uso das cartas CEP não substitui o bom-senso, o pensamento crítico e a fenomenologia dos processos químicos.

Por esses autores se percebe como a aplicação da carta CEP em indústrias químicas norte-americanas possui um lugar de destaque, com os engenheiros e técnicos aplicando os conceitos seja para monitoramento, melhoria ou análise e com a disponibilidade de empresas especializadas em fornecer soluções informatizadas para facilitar o acompanhamento das Cartas CEP por parte das equipes nas fábricas.

2.2.2 O uso da carta CEP na indústria química brasileira

A indústria química brasileira ocupa a sexta posição mundial em faturamento, com valores na casa de 150 bilhões de dólares em 2011. No entanto, em termos de participação no PIB nacional ela possui nos dias de hoje o mesmo valor que havia no início da industrialização brasileira nas décadas de 50-60, quando foram feitos investimentos pesados na indústria de base brasileira (FABER, 2010).

Essa fase de desenvolvimento no Brasil coincidiu com a fase de expansão da indústria química mundial e muitas multinacionais, principalmente europeias e americanas, que ou vieram iniciar suas atividades no Brasil ou fortaleceram suas posições no país.

Ao contrário da análise feita para os Estados Unidos, são poucos ou praticamente inexistentes os relatos sobre o uso efetivo de Cartas de Controle nas indústrias química brasileiras até a década de 80, quando o movimento da Qualidade Total foi trazido ao Brasil, principalmente por meio das multinacionais já instaladas no país.

Alguns relatos foram obtidos pelo pesquisador (Quadro 2.5), através de entrevistas feitas com pessoas que trabalharam nas décadas de 60 a 80 em diversos níveis (operadores, engenheiros e gerentes), em indústrias químicas multinacionais situadas no Estado de São Paulo.

A primeira constatação que se obtém das entrevistas é de que a condução da produção nesse período era praticamente manual, com alta interferência dos operadores no processo. A automatização dos processos com sistema distribuído de controle digital (SDCD) ou controladores lógicos programáveis (CLP) eram raros ou praticamente inexistentes. Até o final dos anos 80 algumas salas de controle de plantas químicas ainda possuíam o conceito dos anos 50, com controle sendo feito diretamente na fábrica com os operadores acompanhando o processo ao lado do equipamento. Na Figura 2.13 pode ser vista uma típica equipe de operadores ao lado do equipamento e observando registradores pneumáticos feito com “canetas bico de pena” e papel.

Quadro 2.5– Entrevistas realizadas com profissionais da indústria química

Cargo Entrevistado	Duração	Período de trabalho	Principais Comentários
Técnico de Operação (SP)	45 min	1955 a 1988	“fazíamos somente gráficos em papel milimetrado para acompanhar a produção e olhe lá!”
Engenheiro de produção (SP)	30 min	1968 à 1999	“dados de qualidade do produto eram anotados em cadernos e ao final do mês colocando em um gráfico, mas sem tratamento dos limites estatísticos” Após 1992 começamos a fazer à mão cartas com limites estatísticos dentro das salas de controle, mas depois abandonamos”.
Engenheiro de produção (SP)	1 h	1960 à 1988	“não havia recursos para fazer cartas estatísticas, somente papel e os dados tinham que ser lidos nos painéis de controle que eram pneumáticos”.
Técnico de operação (SP)	30 min	1959 à - 1989	“o controle era feito vendo o registro no painel de controle de pena tinteiro no papel, não havia gráficos com limites de controle estatísticos, o limite de controle quem dava era o chefe de produção”.



Figura 2.13: Tipo de controle realizado em uma planta química brasileira no ano de 1963

Fonte: Acervo Rhodia (1963).

Vale lembrar que a reserva de mercado de informática existiu no Brasil entre 1972 e 1992 e o investimento em instrumentos de controle automático e computadores era alto e quase sempre inviável para os padrões brasileiros (CRUZ, 2008).

Outra constatação das entrevistas foi de que durante o período compreendido entre os anos 60 a 80, as equipes operacionais praticamente não ouviram falar de Controle Estatístico da Qualidade ou de Controle Estatístico de Processo. Não havia nenhuma determinação dada pelos

líderes sobre o assunto ou qualquer tipo de formação sobre os conceitos. Para os engenheiros, o tema foi visto durante a graduação, mas sem nenhuma aplicação prática, pois “era mais aplicada a processos de manufatura de componentes”. Por último, perguntados como era feito o registro e acompanhamento dos processos, se por meio de gráfico de séries temporais (conforme proposto por Shewart) ou se elaboravam histograma, a maioria apontou as folhas de dados como sendo o único modo de registro. As folhas de dados ou “folhas de marcha” eram cadernos onde se registrava em forma de tabela os valores principais do processo (temperatura, pressão, resultados de análises, tempos) para controle. A construção de gráfico de séries temporais era feita quando da necessidade de algum estudo ou análise de problema, mas mesmo assim, não havia nenhum tratamento ou conclusão de forma estatística.

Na Figura 2.14 é mostrado outro estilo de sala de controle de uma fábrica de uma empresa química brasileira, também dos anos 60. Esse modelo, que ainda perdura em algumas indústrias químicas nos dias atuais, mostra os registradores pneumáticos de instrumentos de medição ou de abertura de válvulas, dispostos em um “painel de controle”. Na parte superior se observa um quadro sinótico, mostrando o fluxograma do processo e que eventualmente possuía sinais luminosos (pequenas lâmpadas) de avisos (acionamento de um motor elétrico, por exemplo). Na parte esquerda da figura há a mesa geralmente de um coordenador ou supervisor com o livro de acompanhamento, onde eram feitas as anotações dos parâmetros do processo.

Já na década de 90, com a abertura do mercado brasileiro para as importações, já no governo do presidente Fernando Collor, e com o movimento para melhoria da Qualidade existente nos Estados Unidos, muitas empresas começaram a se interessar pelo tema controle da Qualidade. Segundo Mattos (1988), na época da reserva de mercado brasileiro para produtos importados era comum ouvir de empresários brasileiros “Qualidade, para que me preocupar se vou vender tudo?”. A partir de 90 o cenário se modificou e também o Brasil começou a viver um período de descobrir as aplicações do controle estatístico de processo, conforme será visto no próximo tópico.

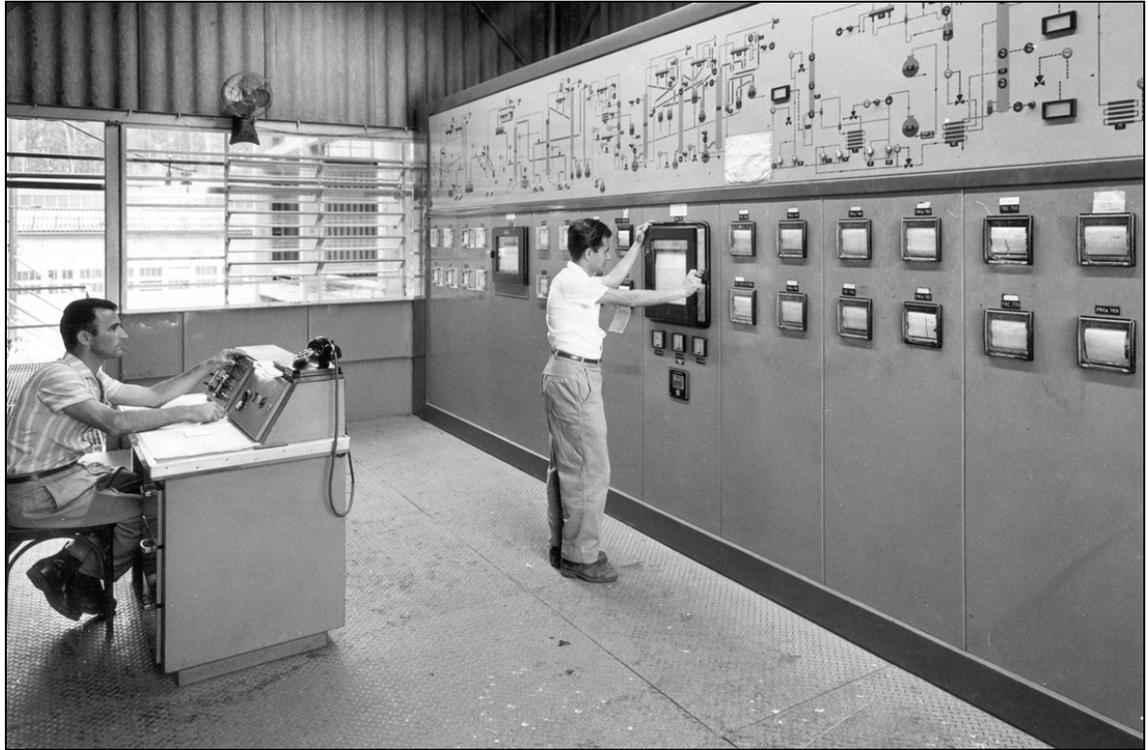


Figura 2.14: Sala de controle típica de uma planta química nos anos 60, mostrando o painel de controle com quadro sinótico do processo na parte superior.

Fonte: Rhodia (1960)

2.3 Alguns exemplos de aplicação de Cartas de Controle

No Brasil há diversos relatos de usos de carta de controle estatístico de processo para redução de variabilidade, verificação de estabilidade e capacidade de processos em diferentes tipos de processo.

Silva, Samohyl, Souza e Silva (2004) mostram o uso de carta CEP para monitoramento de uma característica da indústria de produção e beneficiamento do alumínio e suas ligas, com característica de auto correlação temporal.

Zvirtes (2006) relata a implantação de Cartas de Controle em uma indústria de bebidas destiladas e descreve o nível de instrução dos operadores de produção como uma das dificuldades encontradas. Alguns possuíam somente o primeiro grau de instrução o que levou à dificuldades por parte deles no entendimento da ferramenta e no uso de computador para registro dos dados.

Também há relatos em processos da indústria metal-mecânica, para verificar estabilidade de processos de usinagem, porém feito como estudo, a partir de uma amostragem do processo. (CABURON e MORALES, 2006).

Lino, Moura e Fernandes (2008) relatam o uso de CEP na manufatura de motores elétricos para reduzir falhas, e indicam a necessidade de se ter “gerentes de CEP” para que analisem a execução, façam treinamento e estudos das cartas de controle para propor ações imediatas nos postos de trabalho onde o CEP está implantado.

Na produção de bola de futebol de campo, a carta CEP foi empregada para controle da qualidade da válvula para manter a pressão interna dentro dos limites de especificação, para verificação da capacidade do processo (*capability*) através de uma amostra de 100 bolas.(COSTA; LIMA; LIMA, 2010).

Scaratti e Silva (2010), mostram também o uso da carta CEP para acompanhar o índice de capacidade do processo de ensaque de farinha de soja, com medições a cada 2 meses de lotes de sacos para eventual ajuste do sistema de ensaque.

Através de uma pesquisa-ação Oliveira e Lima (2010) estudaram a aplicação de controle estatístico de processo a produção de etanol em uma usina brasileira. A ênfase dada foi no uso da ferramenta para redução de variabilidade e aumento da capacidade do processo e foi relatada a importância de se investir na capacitação dos operadores para uso de técnicas estatísticas

Vasconcelos, Hora e Costa (2012), também mostram exemplo de avaliação do índice de capacidade, mas de um processo químico contínuo. Uma das conclusões é de que a empresa pesquisada poderia implantar carta CEP para melhorar seus processos.

Por esses exemplos, percebe-se que é indiscutível o valor do uso das cartas CEP em diferentes processos produtivos no Brasil, particularmente na indústria de processos químicos e que os fatores determinantes ou facilitadores para o sucesso de sua implantação não são claramente delineados.

2.4 Fatores de Sucesso para Implantação do CEP

O uso prático das cartas de controle estatístico no ambiente industrial sempre foi um tema de interesse. Desde 1940 quando o *U.S. War Department* publicou um guia para o uso de Cartas de Controle com o objetivo de analisar dados de processo (MONTGOMERY, 2009) até os dias de hoje, muitas publicações indicam metodologias ou fatores que devem ser seguidos para se obter sucesso em sua adoção e prática.

Importante ressaltar que o termo implantação do CEP, que é o objeto desta pesquisa-ação, não se refere à sequência de ações a serem feitas para construir, por exemplo, uma carta de média e amplitude para variáveis contínuas e interpretar se o processo está sob controle ou não. O objetivo

é identificar fatores, sociais, ambientais, técnicos, culturais que farão com que processo de trabalho de usar as Cartas CEP se integre ao dia-a-dia da equipe operacional de um modo perene.

Smith (1998) apud Oliveira, Lopes e Bandeira (2004), lista 5 fatores que devem estar presentes para ter sucesso na implantação do CEP:

- Liderança do gerenciamento.
- Aproximação da equipe.
- Educação em todos os níveis.
- Ênfase na melhoria contínua.
- Avaliação dos resultados e divulgação destes através de todos os setores da empresa.

Schissatti (1998) propõe uma Metodologia de Implantação de Cartas Shewhart para o controle de Processos. Indica algumas abordagens de implantação e lista alguns erros associados na implantação do CEP, que faz com que sua utilização não seja efetiva, configurando o “não sucesso” de sua adoção: “amontoado de cartas de controle que servem apenas para enfeitar as paredes (...)”; “CEP como um demonstrativo do histórico do processo e não como um processo de análise de tendências” (PALADINI, 1995; SCHISSATTI,1998).

O autor divide os erros associados à implantação de cartas CEP como erros de planejamento e implantação, erros de gerenciamento e erros estatísticos.

Os erros identificados como decorrentes do planejamento e implantação do CEP, são os cometidos na fase inicial quando da definição dos objetivos, elaboração de como implantar e executar:

- Os objetivos do CEP não estão claramente definidos;
- Não domínio dos conceitos relacionados ao CEP;
- Excesso de cartas de controle;
- Especificações inadequadas;
- Copiar uma metodologia de implantação;
- Resistência à mudanças;
- Cultura organizacional não voltada para a qualidade;
- Tornar métodos e ferramentas simples em elementos complicados;
- Não comprometimento da alta e média gerência;
- Não envolvimento dos operadores;
- Inexistência de um plano adequado de implantação;

- Inexistência de um sistema de acompanhamento da implantação;
- Ênfase em resultados de curto prazo;
- Ênfase demasiada em tecnologia da informação;
- Ênfase no controle do produto;
- Falhas na divulgação e promoção do CEP;
- Conhecimento insuficiente sobre o processo;
- Delegação de responsabilidade e autoridade sem treinamento adequado;
- Ênfase no treinamento teórico;
- Enfoque centralizado na ferramenta;
- Suporte externo inadequado;
- Inexistência de um sistema padronizado das tarefas operacionais.

Os erros de gerenciamento identificados são os que ocorrem após a etapa de implantação, durante a operação normal com uso das cartas CEP:

- Inexistência de meios e autoridade para se ajustar o processo;
- Excesso de super-ajuste no processo;
- Inexistência de um sistema de ações corretivas;
- Confundir causas comuns com causas especiais;
- Rodízio de mão-de-obra sem treinamento adequado;
- Sistema de medição com sensibilidade inadequada;
- Medições não realizadas em tempo real;

Já os erros estatísticos são identificados como decorrentes da aplicação e interpretação das cartas de controle:

- Dados falsos;
- Formação inadequada de subgrupos racionais;
- Técnica estatística sem robustez quanto à normalidade dos dados;
- Seleção inadequada da carta de controle;
- Inexistência de critério para se selecionar tamanho e frequência de amostra;
- Implantação de CEP em processos fora de controle;
- Falta de revisão periódica dos limites de controle;
- Utilização de limites de controle incorretos;
- Avaliar a capacidade de processos não estáveis.

Rungtusanathan, Anderson e Dooleu (1999) na tentativa de conceitualizar o que significa uma empresa ter sucesso na implantação das cartas CEP, elaboraram um instrumento de medição para avaliar os esforços de uma organização em relação ao sucesso da implantação e da prática do CEP. Os 14 construtos identificados e pesquisados foram:

1. Ações gerenciais e políticas para suportar a implantação e prática do CEP: ações tomadas e políticas instituídas por pessoas em posições gerenciais para suportar a implantação e a prática do CEP.
2. Predominância do uso de Cartas CEP para o controle de processo: referente à visibilidade para a equipe de operação do uso de cartas CEP como uma ferramenta de monitoramento e controle do desempenho do processo.
3. Identificação das medições das características críticas: ações de identificação de processos chave e/ou características do produto que afetam a qualidade de processos críticos:
4. Sofisticação tecnológica e solidez dos sistemas de medição: referente aos sistemas usados para coletar dados do processo.
5. Responsabilidade do operador para o controle do processo usando carta CEP: ações tomadas pelos operadores de linha para assegurar a correta aplicação das cartas CEP para monitoramento do desempenho do processo.
6. Verificação prévia das hipóteses para poder usar determinada carta de controle: ações tomadas antes do uso da carta CEP para se assegurar que todas as hipóteses para o uso da carta foram razoavelmente satisfeitas.
7. Uso das informações vindas das cartas CEP para melhoria contínua: referente a interpretação e aplicação pelos operadores das informações vindas das cartas CEP para o propósito de controle e melhoria.
8. Estratégias de amostragem para construção das cartas CEP: como os dados são coletados do processo.
9. Treinamento em métodos estatísticos e cognitivos para controle de processo e melhoria: disponibilidade e frequência de cursos e materiais de treinamento e metodologias para monitoramento e melhoria do desempenho do processo.
10. Suporte técnico para a implantação e prática do CEP: disponibilidade e acessibilidade dos especialistas com conhecimento técnico para suportar a implantação e prática das cartas CEP.

11. Suporte do time de melhoria de qualidade para a prática do CEP: ações dos times para suportar as atividades de melhoria identificadas pela interpretação das informações vindas das cartas CEP.

12. Ausência de inspeção final como estratégia de controle da qualidade: redução das inspeções de qualidade nas saídas do processo.

13. Documentação e atualização do conhecimento do processo: ações tomadas e políticas instituídas para assegurar que o conhecimento de qualquer processo crítico é revisado, documentado e atualizado na medida em que o processo muda.

14. Audit e revisões da prática e do desempenho do CEP: ações tomadas e políticas instituídas para assegurar que o CEP é corretamente implementado e praticado.

Antony (2000) usando como base alguns autores, lista os 10 ingredientes chave para ter sucesso com a implantação do CEP nas organizações:

1. Engajamento da liderança: os líderes devem entender o uso e suportar a implantação.

2. Treinamento em Controle Estatístico de Processo: os conceitos e técnicas devem ser feitos inicialmente com toda a liderança e em seguida transmitidos para o restante da organização. O autor cita também que deve ser designado um facilitador para desenvolver e monitorar a implantação do programa. O facilitador faria a ponte entre a liderança e os demais níveis da organização, em todos os assuntos ligados à prática.

3. Trabalho em equipe: ressalta que na implantação e efetiva aplicação do Controle Estatístico de Processo, deve haver um grupo de trabalho específico, com líderes, um comitê de direção e uma equipe operacional, o qual denomina de “equipe para ação no processo”. Os líderes devem mostrar o engajamento da organização na iniciativa e delegar responsabilidades ao comitê diretor que por sua vez monitoraria o progresso da implantação do programa através de indicadores e relatórios sistemáticos, além de dar o total suporte à equipe operacional. A principal função da equipe operacional seria de usar as Cartas CEP e identificar as causas especiais que ocorrem no processo e tomar as devidas ações corretivas, sempre com o apoio do comitê diretor.

4. Definição do Processo a ser focado: o autor pontua que esse tema é um dos problemas principais nos estágios iniciais da implantação do programa. Deve ser escolhido um processo ou uma parte do processo onde haja ocorrência de refugos, retrabalho ou problemas de variabilidade. A ação da equipe operacional deve ser focada nesse processo escolhido e, somente

após a obtenção de resultados significativos deve ser iniciado o uso de cartas CEP em outra parte do processo.

5. Escolha da característica de desempenho ou parâmetro do processo: sugere que preferencialmente deve ser escolhida uma variável contínua a uma variável atributo. A variável deve ter exatidão e ser estável. Podem ser usadas as variáveis de característica do produto ou parâmetros do processo que sejam críticos ou estejam correlacionados com as características do produto.

6. Avaliação do sistema de medição: indica que estudos de validação da cadeia de medida podem ser feitos para se determinar a variabilidade do sistema de medição. Alerta também que não se deve iniciar o uso de cartas CEP em variáveis que não são capazes, isto é, cuja variabilidade normal está fora dos limites de especificação (*capability*).

7. Escolha da Carta de Controle adequada: a escolha da carta correta também é citada como vital para o sucesso do programa de implantação de cartas CEP. A carta escolhida deve representar a variabilidade do processo em termos de deslocamento da média ou mudança na variabilidade.

8. Mudança da cultura organizacional: a mudança da cultura no ambiente organizacional deve ser levada em conta. Os operadores e todo o ambiente organizacional devem ser considerados no processo de implantação das cartas CEP. Apesar de se ter uma equipe operacional agindo para identificar as causas especiais, os operadores devem ser envolvidos nesse processo.

9. Uso de um projeto piloto: a recomendação é que não se comece a usar cartas CEP em várias áreas ao mesmo tempo, mas que se faça um piloto em uma área específica para se aprender e sensibilizar as lideranças sobre como as cartas CEP podem servir como uma poderosa ferramenta de solução de problemas. Com o sucesso do piloto, a iniciativa pode ser estendida para outras áreas. Sinaliza ainda que um piloto pode levar 3 meses ou durar mais de um ano.

10. Uso de computadores e pacotes informáticos: ressalta que o uso de aplicativos de computador auxilia na construção dos gráficos de controle e elimina os cálculos manuais dos limites de controle. Sugere que os recursos de informática podem ser usados para o treinamento dos conceitos para uso da Carta CEP e que o uso de ferramentas informáticas deve ser feita após os operadores compreenderem os princípios do CEP.

Rungasamy, Antony e Gosh (2002), baseados em referências da literatura compilaram 12 fatores de sucesso (Quadro 2.6) para implantação do CEP e, em uma pesquisa realizada na Grã Bretanha, identificaram a ordem de importância desses fatores. A pesquisa teve participação

predominante de gerentes de qualidade de pequenas e médias empresas (menos de 300 empregados) de oito setores industriais: automotivo, eletrônico, químico, plástico, têxtil; papel, alimentos e aeroespacial. Os fatores, priorizados em ordem decrescente, foram:

- 1º. Engajamento da liderança;
- 2º. Trabalho em equipe;
- 3º. Escolha da característica de desempenho ou parâmetro do processo;
- 4º. Escolha da Carta de Controle adequada;
- 5º. Documentação e atualização do conhecimento sobre o processo;
- 6º. Avaliação do sistema de medição;
- 7º. Definição do Processo a ser focado;
- 8º. Mudança da cultura organizacional;
- 9º. Treinamento em Controle Estatístico de Processo;
- 10º. Uso de um projeto piloto;
- 11º. Uso de computadores e pacotes informáticos;
- 12º. Uso de facilitadores.

Dos setores pesquisados os respondentes do setor químico representaram 24 %. O ponto interessante nessa pesquisa é que o primeiro fator priorizado e que também aparece em outras referências está totalmente de acordo com os 14 pontos gerenciais preconizados por Deming, segundo os quais sem o engajamento e suporte das lideranças e a constância de propósito não é possível instituir um novo modelo de administração (WALTON, 1986).

Quadro 2.6: Sumário dos Fatores Críticos para implantação do CEP de acordo com Rungasamy (2002)

Fatores Críticos de Sucesso	Referências				
	Owen (1989)	Dale (1994)	Oakland (1998)	Rungtusanatham et al. (1999)	Antony (2000)
1. Uso de um projeto piloto	✗	✓	✗	✗	✓
2. Uso de facilitadores	✓	✓	✗	✓	✓
3. Trabalho em equipe	✗	✓	✓	✓	✓
4. Avaliação do sistema de medida	✗	✓	✗	✓	✓
5. Escolha da Carta de Controle adequada	✓	✓	✓	✓	✓
6. Mudança da cultura organizacional	✓	✗	✓	✗	✓
7. Escolha da característica de desempenho ou parâmetro do processo:	✓	✗	✓	✓	✓
8. Engajamento da liderança	✓	✓	✓	✓	✓
9. Documentação e atualização do conhecimento sobre o processo	✗	✗	✗	✓	✗
10. Treinamento em Controle Estatístico de Processo	✓	✓	✓	✓	✓
11. Definição do Processo a ser focado	✓	✗	✓	✓	✓
12. Uso de computadores e pacotes informáticos	✗	✗	✗	✗	✓

✓ = fator considerado ✗ = fator não considerado

Antony e Taner (2003) listam os principais problemas e dificuldades encontrados pelas organizações para a implantação do Controle Estatístico de Processo:

- Falta de engajamento e envolvimento do topo da liderança.
- Falta de treinamento e educação em CEP.
- Falha em interpretar as cartas CEP e tomar as ações necessárias.
- Falta de conhecimento e qual característica do produto ou parâmetro do processo deve ser medido e monitorado dentro do processo.
- Sistema de medição existente inválido ou incapaz.
- A carta CEP não deve ser usada como um requerimento dos clientes, mas ser usada para tornar os processos estáveis e capazes e desse modo satisfazer os clientes.

Fazem ainda um estudo comparativo entre quatro métodos para implantação do CEP existentes na literatura. E listam as forças e limitações de cada um deles:

Modelo de Kumar e Motwani (1996):

Forças: importância do treinamento para os líderes, operadores e para o time de implantação. Enfatiza a importância de se ter como pré requisito a existência de um sistema de medição capaz.

Limitações: não indica como selecionar ou priorizar um processo para se implantar o CEP. Não indica um guia para as situações onde há falta de controle no processo.

Modelo de Does et al. (1997):

Forças: divide a implantação do CEP em 2 áreas: organizacional e metodológica, separando os problemas vindos da equipe de gerenciamento dos da equipe operacional. Enfatiza o uso de um estudo piloto em um processo considerado crítico, antes de se generalizar seu uso em diversos processos na empresa. Indica a análise de causa e efeito, análise de Pareto e FMEA para se priorizar qual processo deve ser foco do uso do CEP. O modelo considera também a elaboração de um plano de ação para situações fora de controle, suportado pela liderança.

Limitações: dá pouca importância para treinamento e educação e pouca ênfase para o envolvimento e suporte da liderança para a introdução e implantação do CEP.

Modelo de Watson (1998):

Forças: principal importância é com a validade do sistema de medição. Outro ponto que ressalta é a importância em se dar autonomia e apoio aos operadores para que possam realizar as alterações necessárias no processo para redução da variabilidade, com essa responsabilidade os operadores teriam uma participação maior com melhora da relação entre operação e gerentes.

Limitações: o método não considera o fator de envolvimento e engajamento da liderança e não explica como selecionar e priorizar um processo para realização do CEP.

Modelo de Oakland (1999):

Forças: dá importância para os treinamentos em CEP realizados internamente na empresa, feitos em intervalos regulares e com acompanhamento sistemático por parte dos gerentes. O modelo encoraja o envolvimento do nível sênior de gerenciamento da empresa na iniciativa do CEP. Outro ponto forte é a importância em se utilizar o CEP em um processo por vez até a obtenção de resultados satisfatórios, para então se realizar em outra parte do processo, conseguindo assim engajamento e foco no uso do CEP.

Limitações: não indica como priorizar o processo que utilizará o CEP e também não fornece informações de como os dados devem ser coletados e analisados. Não dá importância para a validação e capacidade das medições e também não menciona a importância do trabalho em equipe.

Antony e Taner (2003) propõem ainda um modelo conceitual para implantação do CEP, desenvolvido a partir da análise crítica do material existente na literatura. Seu objetivo foi propor um modelo conceitual que considerasse todos os ingredientes essenciais para obter sucesso na implantação do CEP. Seu modelo foca 4 áreas fundamentais :

- Problemas de gerenciamento: inclui os fatores relacionados ao engajamento da empresa, disponibilidade de recursos para treinamento e educação dos funcionários, com a criação de um ambiente favorável para tomada de ações nos processos e sistemas.
- Habilidades de engenharia: são as habilidades relacionadas ao entendimento dos benefícios do CEP, do sistema de medição, relacionadas à reação comportamental à mudança, às ações tomadas no caso de situações de processo fora de controle e a priorização dos processos que serão foco do CEP.
- Habilidades em estatística: inclui as habilidades para se escolher a carta de controle correta, ao cálculo de capacidade e estabilidade dos processos, à interpretação de situações de processo fora de controle indicadas pelas cartas de controle.
- Habilidades para trabalho em grupo: inclui o trabalho em grupo para interpretar e tratar problemas quando o processo está fora de controle e o entendimento de toda a empresa do uso e benefício do CEP.

Na Figura 2.15 é mostrado de forma esquemática o modelo conceitual proposto por Antony e Taner (2003).

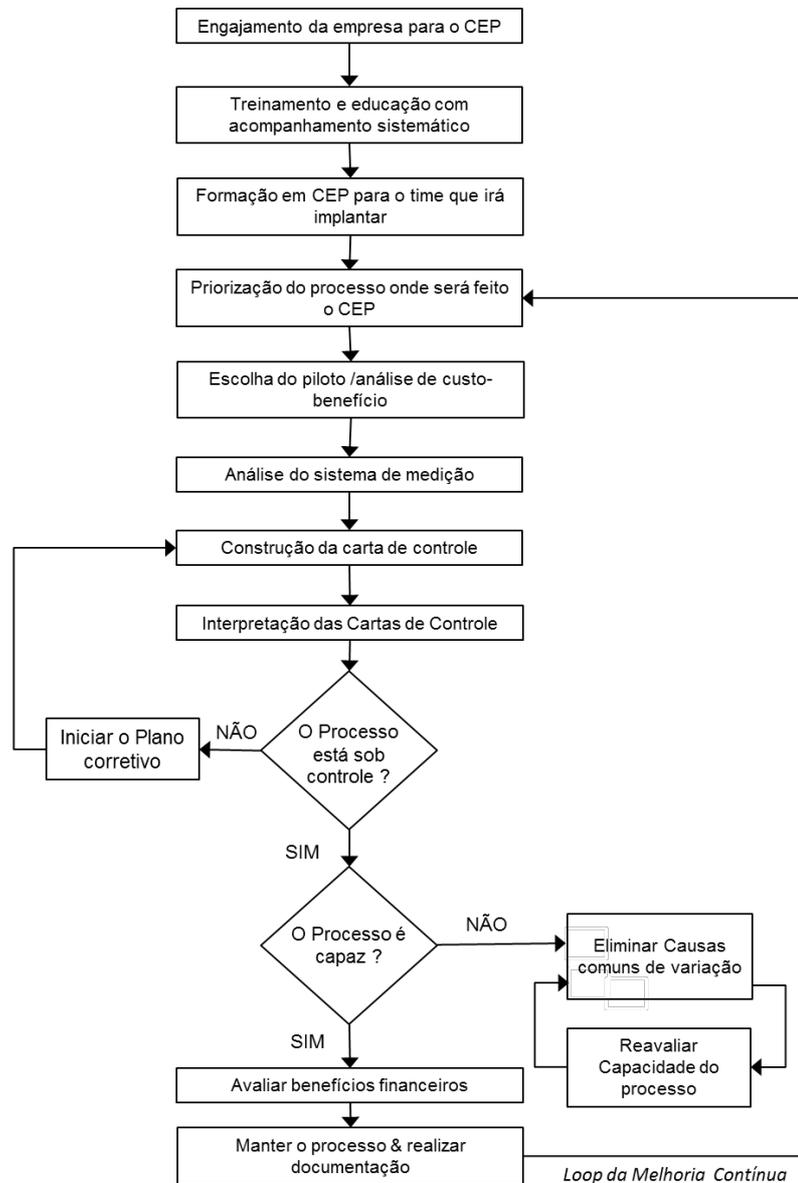


Figura 2.15: Modelo conceitual para implantação do CEP de Antony et al. (2003)

Rohani, Yusof e Mohamad (2010) desenvolveram um instrumento para tentar correlacionar os fatores de sucesso para implantação do CEP com os fatores que caracterizam o desempenho em qualidade e resultado de uma empresa e propuseram uma ferramenta de *survey* para correlacionar esses fatores. Foram sumarizados os fatores de sucesso existentes em 10 referências da literatura e priorizados pela quantidade de vezes que os fatores são citados na literatura levantada. Os fatores priorizados foram em ordem decrescente:

- Engajamento da liderança;
- Trabalho em equipe;
- Treinamento em ferramentas e educação em conceitos de CEP;

- Uso correto das cartas de controle;
- Identificação do processo ou produto que será foco do CEP;
- Método de Priorização do processo a ser foco do CEP;
- Validação da cadeia de medição do que será acompanhado;
- Uso de um projeto piloto para a carta CEP;
- Existência de um facilitador para o CEP;
- Gerenciamento da mudança;
- Uso de um aplicativo para as cartas CEP;
- Atualização de toda documentação do processo.

Segundo ainda Rohani, Yusof e Mohamad (2010) esses fatores teriam um efeito causal na organização em termos de aumento da comunicação entre departamentos, melhoria da satisfação dos clientes, redução de custos, redução da variabilidade dos processos e melhoria da qualidade dos produtos e processos.

Na Figura 2.16 estão ilustradas as referências consultadas para estabelecer o referencial teórico para a Pesquisa-Ação.

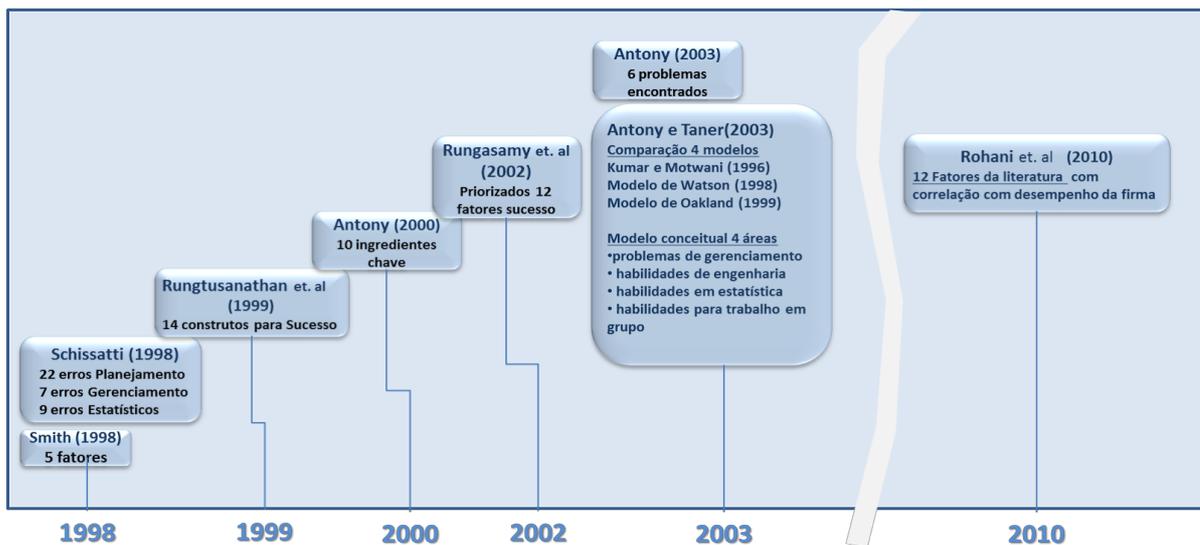


Figura 2.16: Resumo das referências consultadas sobre Fatores Críticos de Sucesso para Implantação das Cartas CEP

Fonte: Próprio autor

3 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA AÇÃO

Este capítulo apresenta a pesquisa-ação realizada na empresa X para a adoção de Cartas de Controle Estatístico de processo para uso pelo chão de fábrica.

A pesquisa-ação seguiu o modelo proposto por Coughlan e Coughlan (2002), composto de uma pré-etapa, 6 etapas e uma meta-etapa (Figura 3.1).

A pré-etapa se refere ao Planejamento, cujo principal objetivo foi o entendimento do contexto da pesquisa e definição do propósito. Nessa pré-etapa foram abordados os seguintes pontos

- Apresentação e entendimento do contexto da empresa, com seu histórico de uso de Cartas CEP e entendimento do ambiente organizacional.
- Escolha da fábrica onde foi realizada a pesquisa-ação e entendimento do contexto e expectativas da equipe envolvida.
- Escolha do modelo referencial teórico, no caso quais fatores de sucesso para implantação das cartas CEP foram escolhidos para a pesquisa-ação.

A primeira e segunda etapas, respectivamente Coleta de dados e *Feedback*, tiveram como objetivo auxiliar no entendimento do contexto, através do levantamento de mais informações e discussões para esclarecimento de eventuais dúvidas sobre os dados coletados. Na terceira etapa foi feita a análise e interpretação dos dados coletados, que auxiliou na priorização das ações a serem definidas na quarta etapa, de Plano de Ação. Essas quatro primeiras etapas foram repetidamente executadas na pesquisa de cada fator de sucesso.

Na quinta etapa foi feita a Execução das Ações, seguida da sexta etapa de Avaliação das ações efetuadas. A cada uma dessas etapas foi realizada a meta-etapa de Monitoramento, com a comunicação para a equipe através de apresentações formais dos principais indicadores de avanço da pesquisa, das ações executadas e suas avaliações.

Ao longo de suas subseções, o capítulo descreve cada ciclo da pesquisa-ação, as constatações do pesquisador, as ações realizadas e os resultados obtidos. Na Figura 3.1 está mostrado esquematicamente cada etapa de cada ciclo da Pesquisa-ação.

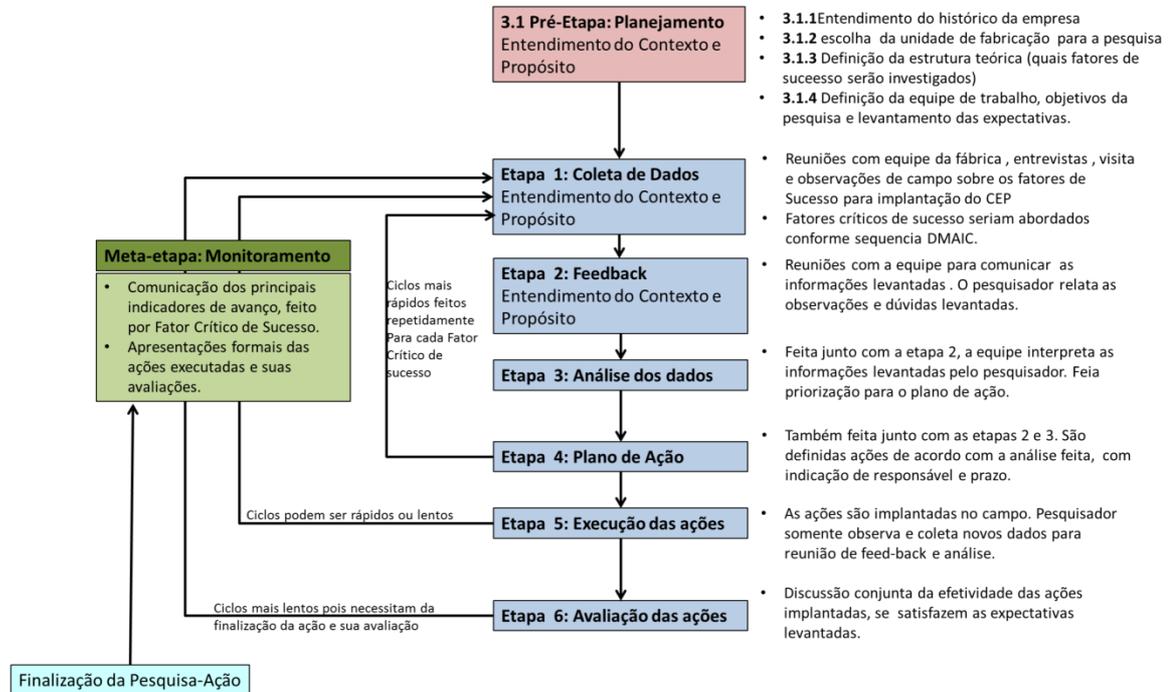


Figura 3.1: Esquema geral da pesquisa ação.
Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

3.1 Pré-Etapa Planejamento: Entendimento do Contexto e Propósito

3.1.1 Apresentação da Empresa Pesquisada

A pesquisa foi realizada em uma empresa química multinacional que iniciou suas atividades no Brasil em 1919, na cidade de Santo André, SP. Desde então cresceu suas atividades, tendo atualmente 11 unidades de negócios.

A empresa está presente em diversos setores como automotivo, calçadista, construção civil, têxtil, beleza e cosméticos, eletroeletrônico, moveleiro, limpeza doméstica, agroquímicos e intermediários para a produção de medicamentos.

Nos anos 90, a empresa foi uma das fundadoras da Fundação Prêmio Nacional da Qualidade e iniciou no Brasil um programa de Excelência que abordava melhoria de processos, desenvolvimento de negócios, gestão de pessoas e medição de desempenho. O programa foi denominado PRHOEX (Processo Rhodia de Performance de Excelência) e tinha como filosofia trabalhar simultaneamente em três pilares: Conceitos, Ambiente e Metodologias, conforme mostrado na Figura 3.2 (RHODIA, 1994).

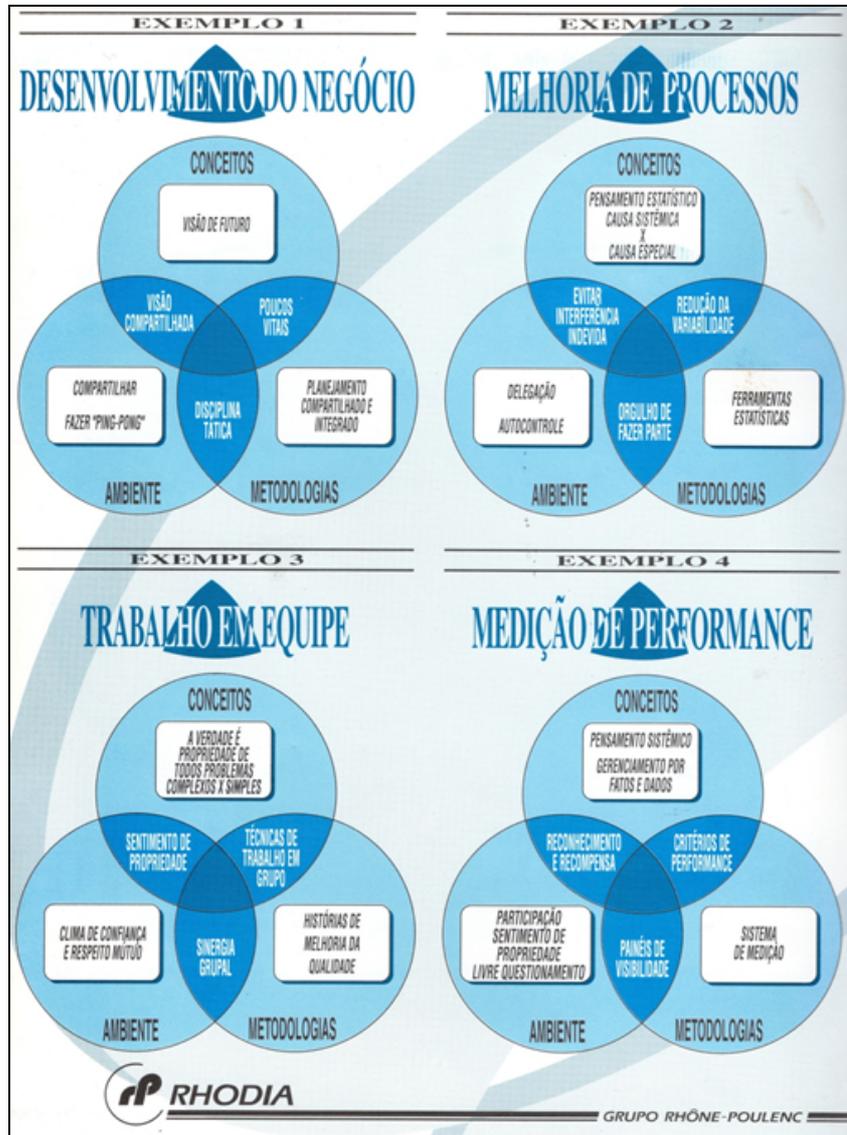


Figura 3.2 : Modelo do PRHOEX
Fonte: RHODIA (1994)

Na oportunidade, foram realizados diversos treinamentos com consultores externos com introdução de conceitos e metodologias para gerentes e supervisores (HACQUEBORD, 1988) e a prática de leitura de livros referentes ao tema principalmente sobre Qualidade Total e os princípios de Deming. Interessante ainda registrar o investimento da empresa em patrocinar a publicação de livros para serem entregues aos empregados e do próprio presidente na época ressaltar a importância dos conceitos no desempenho futuro da empresa (Figuras 3.3, 3.4 e 3.5).

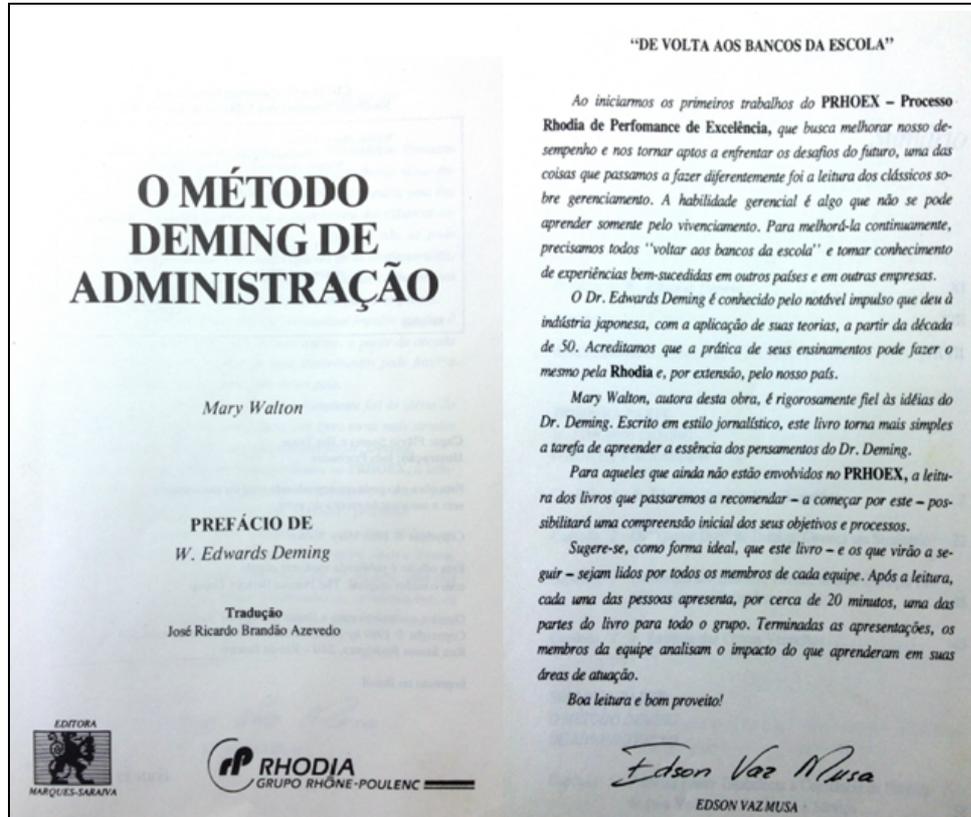


Figura 3.3: Exemplo de apresentação feita de livro patrocinado pela empresa aos empregados
Fonte: Walton, 1990

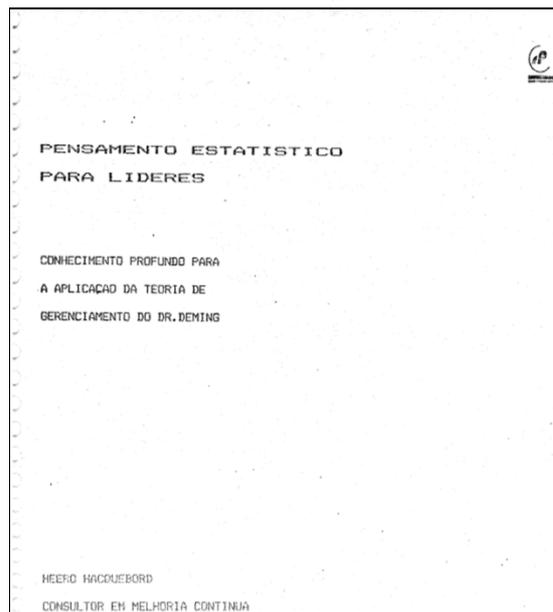


Figura 3.4: Capa da apostila de Heero Hacquebord
Fonte: Rhodia (1988)

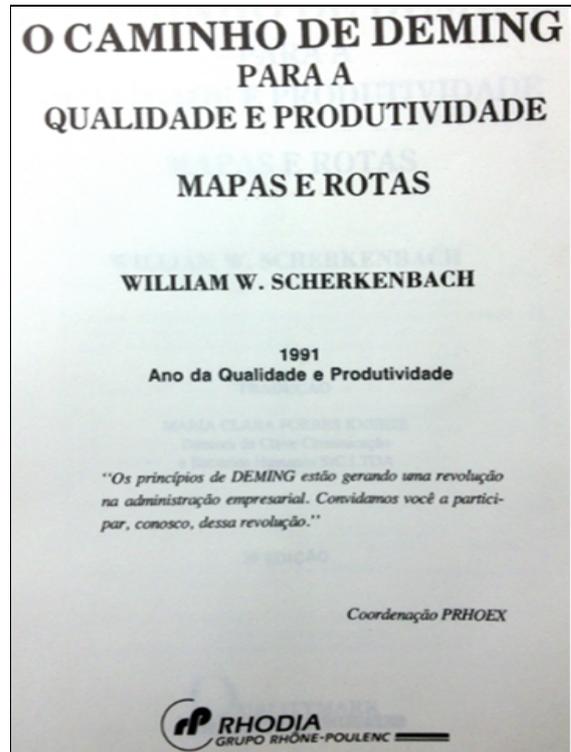


Figura 3.5: Exemplo de apresentação de livro patrocinado pela empresa aos empregados
 Fonte Scherkenbach, (1991)

Desde então, conceitos voltados ao Pensamento Estatístico tornaram parte do dia-a-dia de muito dos gerentes, supervisores e empregados da empresa. Espalhou-se pela empresa os conceitos sobre a necessidade de se ter visão sistêmica baseada em fatos e dados ao invés de se tornar ações fragmentadas, de ter foco nos processos e não somente nas suas saídas, de se obter uma “organização que aprende”, que valoriza as pessoas (*empowerment*) e que possam ser gerenciadas interfuncionalmente, com a prática de times de projetos multidisciplinares. Nesse contexto, a empresa experimentou uma transformação de sua cultura.

Nesse período, como parte do movimento e esforço para introdução de uma nova cultura, houve a adoção de Cartas de Controle Estatístico de Processo em praticamente todas as fábricas da empresa. No entanto, essa prática não perdurou, pois, entre outras alegações levantadas durante a pesquisa, ressaltaram:

- O excesso de cartas em uma única fábrica, o que sobrecarrega os operadores, pois eram feitas manualmente com papel e lápis.
- Muitas cartas de controle indicavam que o processo estava fora de controle, mas efetivamente o operador não tinha como reverter a situação e não havia preocupação da supervisão com o fato.

- Aos poucos, no período de 10 anos, com a mudança de alguns gerentes e supervisores, a prática foi sendo deixada de lado, em parte também devido ao fato que o uso de Cartas de Controle não mostrou trazer valor para o dia-a-dia dos operadores dentro da sala de controle.

Nos anos 2000 a empresa iniciou o programa *Six Sigma*, formando líderes de projetos de melhoria e estruturando um sistema que perdura até o momento. Mas, apesar do ambiente favorável e das iniciativas passadas e atuais, a prática de uso de Cartas de Controle praticamente inexistia nas fábricas da empresa. Mesmo com o programa Six Sigma, que preconiza o uso de Cartas de Controle Estatístico na fase final dos projetos de melhoria, não se conseguia com que as Cartas de Controle fossem efetivamente usadas pelas equipes operacionais.

Esse paradoxo motivou a pesquisa em uma das fábricas da empresa. Foi escolhida a fábrica onde os líderes e supervisores vivenciaram as experiências passadas e se mostraram abertos em apoiar a pesquisa.

3.1.2 Escolha da Fábrica para a Pesquisa-ação

A principal motivação para a pesquisa dos fatores de sucesso foi o desafio lançado pela direção geral da empresa, para que as unidades de fabricação adotassem de modo perene a abordagem de Cartas de Controle Estatístico de Processo.

Na empresa pesquisada há 8 fábricas de diferentes produtos químicos pertencentes à diferentes Unidades de Negócio, cada uma com suas particularidades em termos de operações unitárias. Foi escolhida uma das fábricas cujo gerente se mostrou receptivo a servir como piloto da iniciativa de uso de Cartas de Controle e ser alvo de uma pesquisa-ação, feita por um profissional que, apesar de ser da mesma empresa, não faz parte da Unidade de Negócio em questão, alvo da análise.

Além dessa abertura dada pelo Gerente da fábrica foram também levados em conta os pontos levantados pela revisão da literatura, conforme recomendado por Yin (2005) apud Turrioni et al. (2010), o fato da fábrica já ter tentado implantar Cartas de controle, tendo já testado alguns dos fatores críticos levantados na pesquisa bibliográfica.

A fábrica X objeto de estudo produz Sílica, produto usado como aditivo para pneus e calçados (para reforço), cremes dentais (abrasivo), nutrição animal e humana (anti-empelotamento), como matéria prima para antiespumantes, biocidas e produtos agroquímicos.

Seu processo produtivo compreende etapas contínuas e descontínuas e pode ser descrito em quatro grandes etapas (Figura 3.6):

1. Produção de Silicato de sódio, pela reação de areia com hidróxido de sódio;
2. Reação do Silicato de Sódio com ácido sulfúrico para produção de sílica;
3. Filtração da Sílica;
4. Secagem.

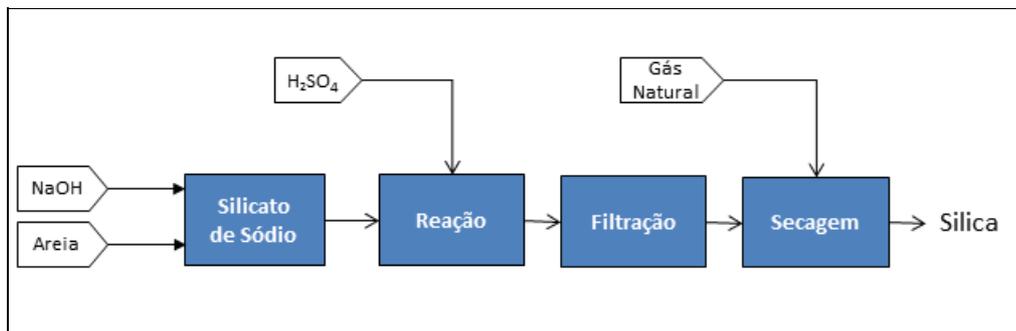


Figura 3.6: Diagrama de Blocos do Processo foco da pesquisa-ação
Fonte: Próprio autor.

A fábrica trabalha em regime de 24 horas por dia e 7 dias por semana. Normalmente, há somente uma parada programada por ano, geralmente de 5 a 7 dias. Conforme ilustrado no organograma da Figura 3.7, a fábrica X é administrada por um gerente industrial que tem sob seu comando o coordenador de produção e o coordenador de manutenção. O coordenador de processos responde direto para o Diretor do Negócio, mas para os assuntos do dia-a-dia há um reporte indireto com o gerente industrial. O coordenador de produção, entre outros subordinados, possui um supervisor de produção que lidera as equipes de produção, que operam em turnos de 8 horas. São 5 turnos que se revezam nos períodos 6 às 14 h, 14 às 22 h e 22 às 06 h. Cada turno é composto de quatro operadores, dois operadores de sala de controle e 2 operadores de campo.

As operações são automatizadas (abertura e fechamento de válvulas, acionamento de motores, agitadores etc.) por um sistema de Controle Lógico Programável (CLP) que possui um sistema supervisor (interface gráfica homem-máquina). A maioria dos operadores possui experiência de mais de 10 anos no cargo, com

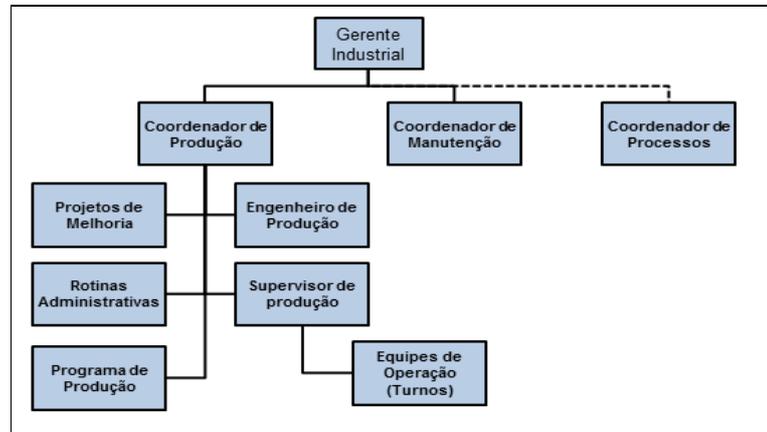


Figura 3.7: Organograma da fábrica objeto da pesquisa-ação
Fonte: Próprio autor

3.1.3 Referencial Teórico: quais fatores de sucesso foram pesquisados

A pesquisa-ação investigou os seguintes fatores constantes no modelo apresentado por Rungasamy, Antony e Gosh (2002) e Rohani, Yusof e Mohd (2010):

1. Uso de um projeto piloto;
2. Uso de facilitadores;
3. Trabalho em equipe;
4. Avaliação do sistema de medição;
5. Escolha da Carta de Controle adequada;
6. Mudança da cultura organizacional;
7. Escolha da característica de desempenho ou parâmetro do processo;
8. Engajamento da liderança;
9. Documentação e atualização do conhecimento sobre o processo;
10. Treinamento em Controle Estatístico de Processo;
11. Definição do Processo a ser focado;
12. Uso de computadores e pacotes informáticos.

No entanto, foi proposta pelo pesquisador uma sequência de abordagem dos fatores críticos, para ser adotada durante a coleta e análise dos dados e definição e implantação das ações. Essa sequência de abordagem dos fatores críticos foi organizada dentro das fases do ciclo de vida dos projetos Seis Sigma, D-M-A-I-C. Essa organização foi proposta para facilitar a visualização da abordagem de cada fator crítico de sucesso a ser trabalhado e colocar em um

contexto familiar para os líderes da fábrica as atividades da pesquisa que seria feita. Praticamente todos os membros da liderança são formados nos conceitos Seis Sigma como *Black*, *Green* ou *Yellow Belts*. Desse modo, ao perguntar qual dos fatores críticos estaria sendo abordado pela pesquisa-ação, com coleta de dados, discussão e definição de ações, seria também mostrado o avanço de acordo com o ciclo de vida DMAIC proposto. A sequência de abordagem dos fatores críticos poderia ser alterada conforme a obtenção dos resultados da pesquisa.

Os seguintes fatores críticos de sucesso foram definidos para serem abordados primeiramente na fase DEFINIR (D):

1. Engajamento da liderança: investigação de como envolver os principais líderes de todos os níveis na iniciativa de uso das Cartas CEP.
2. Uso de um projeto piloto.
3. Time de trabalho: definição formal de um time para trabalhar de modo coordenado.
4. Uso de facilitador: definição da pessoa que dará suporte conceitual e será o ponto de contato com o pesquisador.
5. Definição do processo a ser focado: conforme proposto por Caulcutt (1995), deve-se definir qual o problema a ser abordado pelas cartas CEP, se monitoramento, resolução de um problema ou avaliação de estabilidade.
6. Definição do(s) parâmetro(s) a ser(em) acompanhado(s): qual a variável correta, ligada ao problema a ser abordado, que deve ser acompanhada.
7. Gerenciamento da mudança organizacional: a proposta é que esse item seja abordado desde o início e sempre conjuntamente com os demais fatores críticos.

Na fase MEDIR (M) foi definido somente um fator:

Validação da cadeia de medição do parâmetro ou parâmetros definidos para serem alvo da carta CEP.

Como parte da fase ANALISAR (A) foram definidos os seguintes fatores críticos:

8. Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo.
9. Escolha da carta de controle a ser utilizada.

Na fase IMPLEMENTAR MELHORIA (I) :

10. Uso de computadores e pacotes informáticos.

E por fim, na fase Controlar (C):

11. Documentação e atualização do conhecimento sobre o processo.

Desse modo, seria feita a investigação de cada fator e também da concatenação e sequência entre eles. Na Figura 3.8 está ilustrada a sequência dos fatores sendo que para cada grupo seria feito o ciclo das 6 etapas da pesquisa-ação. Essa sequência foi levada ao grupo de acompanhamento para que fosse validada.

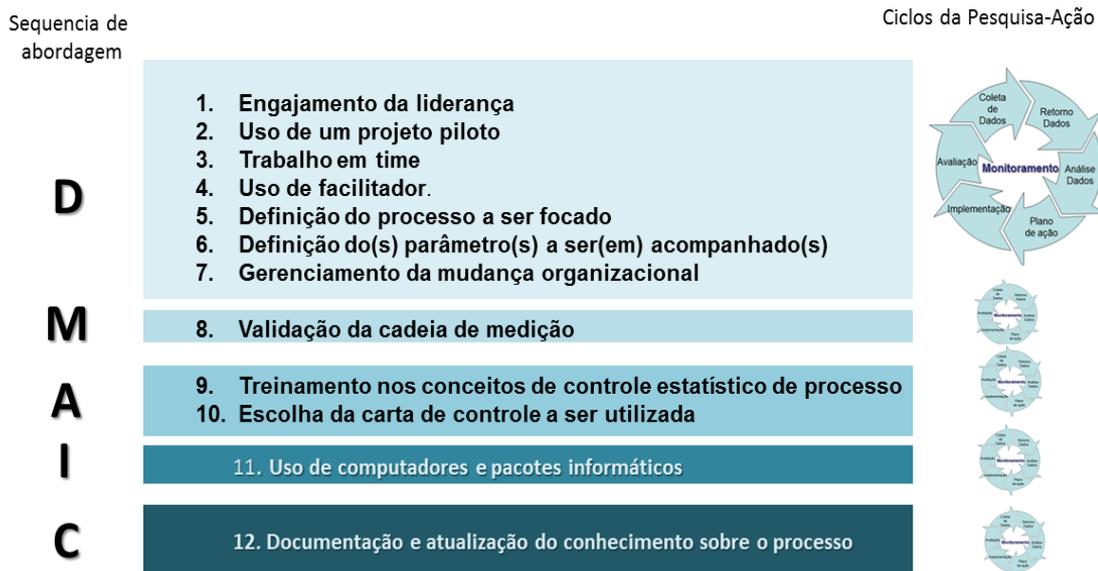


Figura 3.8: Organização das sequencia dos fatores críticos para abordagem na pesquisa-ação
Fonte: Próprio autor

3.1.4 Definição da equipe, objetivo e expectativas.

Ainda na pré-etapa de planejamento o pesquisador realizou reuniões com o Gerente de Produção, responsável pela administração da produção da fábrica, com o Coordenador de Produção, responsável pelas equipes operacionais e com o Gerente de Processos, responsável pelas melhorias técnicas na fábrica.

Inicialmente foi obtido um entendimento da situação existente Foi explicado ao pesquisador que no passado já se tentou adotar cartas de controle estatístico de processo, mas sem êxito. Muitos operadores da época dessas iniciativas ainda fazem parte da equipe atual e poderiam resistir a essa nova iniciativa. Foi ressaltado que o gerente de produção, o coordenador de produção e o gerente de processo são novos e não vivenciaram a situação anterior.

Na opinião desses líderes, os operadores tem a percepção de que o uso de Carta de Controle é reservada aos engenheiros e “chefes”. Pediram ao pesquisador que investigasse esse ponto, o que está alinhado com os objetivos de uma pesquisa ação. De acordo com Thiollent

(2007) “na pesquisa científica, o problema ideal pode remeter à constatação de um fato real que não seja adequadamente explicado pelo conhecimento disponível”.

Foram então discutidos e esclarecidos os principais objetivos da pesquisa-ação a ser empreendida e definidas as pessoas que estariam envolvidas e que dariam ao pesquisador o suporte necessário. Foram definidos os nomes dos principais interlocutores entre as equipes da fábrica e o pesquisador.

Na equipe de suporte haveria um supervisor apoiando a pesquisa. Eventuais problemas de recursos ou problemas organizacionais seriam tratados diretamente com o Coordenador de Produção e o Gerente Industrial.

Além da equipe de suporte, foi formado um Grupo de Acompanhamento da pesquisa ação formado pelo pesquisador, pelo Gerente de Produção, pelo Coordenador de Produção, pelo Gerente de Processos e pelo Diretor Industrial. Nessa mesma reunião, o pesquisador foi formalmente autorizado a entrar nos escritórios administrativos, na sala de controle da fábrica e a interagir com operadores.

Essa autorização, bem como o planejamento e o propósito da pesquisa foram comunicados a todos os funcionários da fábrica em mensagem eletrônica específica enviada pelo coordenador de Produção a todos os envolvidos.

O propósito da pesquisa-ação, também definido conjuntamente, foi estabelecido como segue: avaliação dos fatores de sucesso para o uso de cartas de controle estatístico de processo pelos operadores de chão de fábrica e a efetiva implantação de Cartas de controle no dia-a-dia da fábrica.

Para acompanhamento do progresso, foi estabelecido como critério de avaliação para a pesquisa-ação as métricas % de Avanço (Real/Previsto) das ações planejadas e ao final uma avaliação usando uma grade de avaliação de auditoria interna da empresa sobre Controle Estatístico de Processo.

Nessas reuniões, o pesquisador levantou com os líderes as expectativas e fatores de satisfação (voz do cliente) que foram consideradas no planejamento das ações subsequentes da pesquisa-ação, como segue no Quadro 3.1 . Além disso, ao final das reuniões de planejamento foi emitida uma declaração do escopo da pesquisa-ação que foi divulgado à toda organização, mostrando o propósito e o objetivo da pesquisa, os fatores de satisfação levantados, as premissas adotadas, os critérios de avaliação e a equipe envolvida (Figura 3.9).

Quadro 3.1: Expectativas e fatores de satisfação levantados para a pesquisa-ação

Expectativas e Fatores de Satisfação Levantados (Voz do Cliente)	Ações planejadas
Envolvimento de todos os turnos	Deveriam ser envolvidos todos os membros dos cinco turnos existentes para as atividades de treinamento, recebimento de comunicações e participação na resolução de problemas etc.
Entender insucessos das iniciativas passadas	O pesquisador deveria entrevistar, sem a presença dos líderes, os membros de diferentes turnos da fábrica para coletar informações de experiências passadas pelos operadores no uso de Cartas de Controle Estatístico. Deveria tentar obter informações sobre os pontos positivos e os que poderia melhorar em relação ao que foi feito no passado
Procedimento claro e fazer parte da Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9000	Todo procedimento alterado deveria ser registrado e incorporado nos procedimentos operacionais que fazem parte do sistema da qualidade (ISO 9000) da fábrica.
Variáveis a serem monitoradas devem ser importantes para operação	As variáveis escolhidas para serem acompanhadas através de Cartas de Controle Estatístico de Processo deveriam estar alinhadas às prioridades da fábrica, descritas na estratégia industrial. Ou seja, deveriam fazer parte da rotina operacional das equipes no seu dia-a-dia.
Ferramenta de fácil uso	A eventual ferramenta para construção das Cartas de Controle Estatístico de Processo deveria ser relativamente fácil e aceita pelas equipes operacionais.

APRESENTAÇÃO GERAL	FATORES DE SATISFAÇÃO
Já foram feitas no passado algumas tentativas de se implantar na unidade Sílicas de Paulínia o controle Estatístico de Processo, mas todos sem continuidade. Nos últimos anos foram feitos diversos progressos no controle de processos e identificação de variáveis chave para Qualidade e Produtividade da unidade	Envolvimento de todos os turnos Entender insucessos das iniciativas passadas Procedimento claro e parte da ISO Ferramenta de fácil uso Variáveis a serem monitoradas importantes para operação
OBJETIVO	PREMISSAS
Implementar processo de controle Estatístico de Processo na Unidade Sílica de Paulínia	
LIGAÇÃO COM A ESTRATÉGIA	RESTRIÇÕES
Ligação com eixo estratégico de melhoria do custo proporcional da unidade. Unidades a serem colocadas sob controle estatístico de processo são qs que impactam no consumo de gás natural.	
INDICADOR	EQUIPE
% de Avanço Ações Indicador 'nota interna de audit em Excelência operacional' para o pilar CEP	Manoel Bispo Daniella Grossi Juliana Passoni Ricardo Allegretti Alberto Vilasboas William Silva Denilson Souza

Figura 3.9: Declaração do escopo para a pesquisa-ação

Fonte: Próprio autor.

Um dos primeiros resultados da pesquisa foi a discussão quanto a sequência de abordagem dos fatores críticos de sucesso. Após a primeira reunião de definição de contexto,

objetivos e expectativa, três fatores críticos de sucesso foram identificados pelos líderes como prioritários e que deveriam ser discutidos e trabalhado exaustivamente antes de propriamente iniciar a pesquisa-ação:

1º. Caracterizar a pesquisa-ação como um piloto, tanto para a própria Unidade de Negócios como para as demais fábricas da empresa. Não deveria ser caracterizado que seria implantado imediatamente para todas as seções da unidade. Somente após os resultados da pesquisa, com as ações implantadas é que seria iniciado um processo de desdobramento.

2º. Definir o processo a ser focado e a variável a ser acompanhada antes de iniciar a pesquisa-ação junto com os operadores. Os líderes alertaram que nas experiências anteriores os operadores não tinham o domínio sobre a variável escolhida. Não eram usados limites estatísticos e sim limites de alarme. Logo não conseguiam interpretar nem eliminar as causas especiais. Além disso, descobriram depois que os limites de controle da variável tinha uma variabilidade maior do que a amplitude das faixas de alarme definidas.

Após essa reunião com todos os líderes, foram feitas mais três reuniões com as equipes de produção e processo para discutir e definir qual a variável que seria foco do piloto da carta CEP. Como resultado foi escolhida uma variável que tinha impacto direto no consumo de gás natural da fábrica. No processo de produção da sílica, há uma etapa onde a suspensão é filtrada em filtros-prensa para em seguida ser seca em um secador a gás. A umidade da sílica ao final da filtração é importante, pois impacta no consumo de gás no secador e tem correlação direta com a pressão final aplicada à placas dos filtros. Decidiu-se então definir a seção de filtração da unidade e como variável a pressão final aplicada às placas no final do ciclo. Nesse caso foi definido que a carta CEP teria como objetivo monitorar o processo de filtração, para garantir teores baixos de umidade e conseqüentemente um menor consumo de gás para secagem. Na Figura 3.10 está ilustrada qual parte do processo seria foco do piloto da carta CEP.

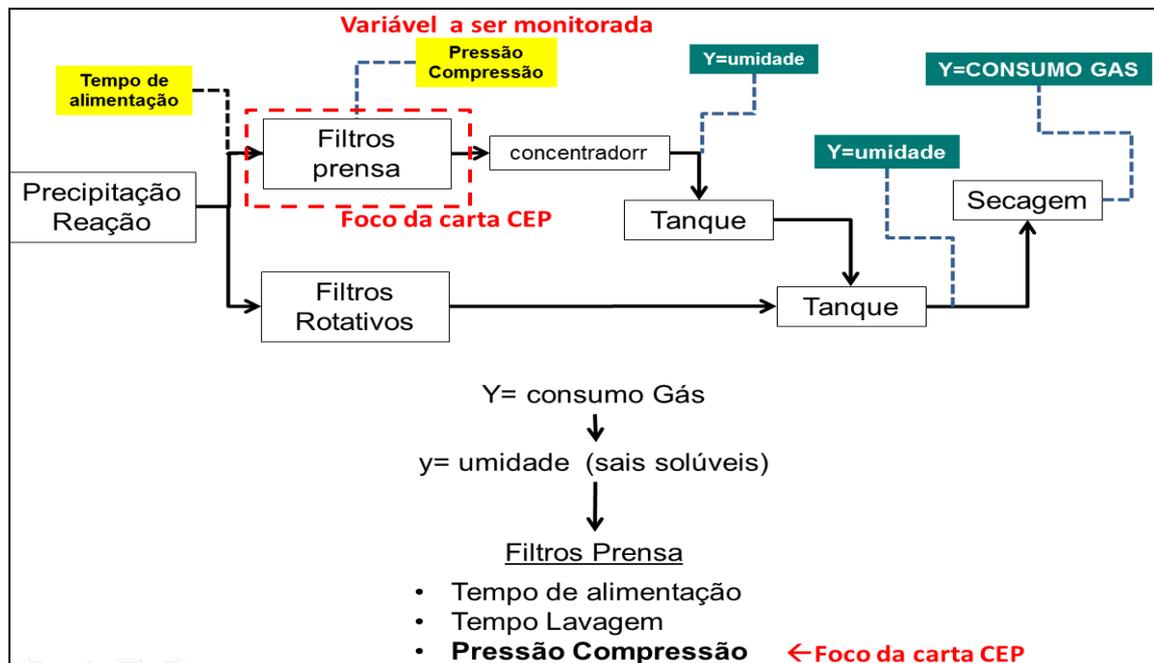


Figura 3.10: Diagrama de blocos com indicação do foco da carta CEP
Fonte: Próprio autor.

A grande motivação de se ter essa variável controlada estatisticamente é de que, apesar de ser uma operação estável, caso haja problemas nos sistemas de pressurização de placas dificilmente os operadores irão detectar imediatamente, pois a mesma vai reduzindo paulatinamente até que se perceba que a umidade da sílica na entrada do secador está alta. O objetivo do monitoramento é identificar os desvios (causas especiais) e corrigi-los antes que impacte na umidade da sílica na entrada do secador.

Ao final, foi realizada uma reunião de lançamento da pesquisa-ação, com a participação de todos os líderes e operadores. Todas as informações anteriores discutidas entre os líderes foram passadas, principalmente sobre o contexto e objetivo da pesquisa a ser feita. Na Figura 3.11 a seguir está ilustrado o convite para que todos participem.

De: Passoni, Juliana
Enviada em: segunda-feira, 18 de abril de 2011 16:55
Para: Passoni, Juliana; Benatti, Eduardo; Vilasboas, Alberto; Silva, William; SOUZA, Denilson; Trazzi-INTERN, Gabriel; Bispo, Manoel; Allegretti, Ricardo; Grossi, Daniella; Silva, Geferson; Brito, Luis; Avila, Jose; Silva, Amarildo; Libanio, Amarildo; Teixeira, Maciel; Belliatto, Adilson; Peressinoti, Jose
Assunto: Implementação SPC na sílicas
Quando: segunda-feira, 9 de maio de 2011 10:00-14:00 (GMT-03:00) Brasília.
Onde: Mansão

Olá Pessoal,

Nesta dia faremos a abertura do projeto de Implantação SPC na sílicas de Paulínia.

É muito importante a participação de todos vocês.

Este dia terminará com um almoço na Mansão.

William --> verificar a logística para o maior número de operadores participarem deste evento.

Bispo --> coordenar a logística do local.

Figura 3.11: Reprodução do convite para o lançamento da pesquisa-ação.

3.2 Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase DEFINIR)

Nessa fase foi realizado o primeiro ciclo de pesquisa ação com as 6 etapas (coleta de dados, disponibilização e análise dos dados, planejamento de ações, implantação e avaliação), para os seguintes fatores críticos de sucesso:

1. Engajamento da liderança.
2. Uso de um projeto piloto.
3. Trabalho em time.
4. Uso de facilitador.
5. Definição do processo a ser focado.
6. Definição do(s) parâmetro(s) a ser(em) acompanhado(s).
7. Gerenciamento da mudança organizacional.

3.2.1 Coleta de Dados – Reuniões de Grupos Focados

Essa primeira fase serviu para investigar os sete primeiros fatores críticos e foi feito de modo estruturado onde os fatores foram sendo discutidos conjuntamente em grupos focados.

A fase de coleta de dados compreendeu além de grupos focados com grupos de supervisores e operadores, entrevistas individuais com alguns membros da equipe de operação, feitas dentro da sala de controle da fábrica.

As reuniões em grupos focados iniciaram em maio de 2011 e foram realizados, no total, três encontros formais com as equipes: um somente com os líderes de turno e outros dois somente com os operadores de turno.

O objetivo de separar a liderança em uma reunião específica foi de não inibir a participação dos operadores em fornecer informações sobre experiências passadas no uso de Cartas de Controle e sobre suas expectativas e possíveis dificuldades caso estivessem junto com alguns dos líderes.

Além da investigação dos sete primeiros fatores de sucesso, buscou-se inicialmente identificar e entender pela ótica dos operadores os pontos de resistência citados pelos líderes durante a fase de planejamento.

Para aproveitar esse encontro, já que reunir um grupo de operadores em uma sala de reunião, tirando-os do seu dia-a-dia de trabalho é uma oportunidade única, o pesquisador utilizou as reuniões para alguns propósitos da pesquisa.

Na primeira parte da reunião foi comunicado o objetivo da pesquisa, o planejamento realizado com o coordenador de produção, gerente de processo e gerente industrial. Foram mostradas as expectativas dos líderes e os passos da pesquisa com sua programação ao longo do tempo e os fatores de sucesso do referencial teórico a serem pesquisados, na sequência anteriormente mostrada. O papel do facilitador foi proposto e prontamente aceito sem restrições pelos grupos de operadores. Como facilitador foi escolhido um supervisor com bom conhecimento do processo industrial, das rotinas da fábrica e que também é o responsável pelo sistema da qualidade da fábrica.

Foi ressaltado o propósito da pesquisa: por que não temos êxito no uso de Cartas de controle na Unidade X, apesar de algumas tentativas no passado? Quais as dificuldades? O que precisa ser feito para termos essa prática sendo usada pelas nossas equipes?

Nos grupos focados foi estimulada a discussão dessas perguntas, sendo solicitado que cada um contasse sua experiência profissional sobre esse tema e sugerisse ações para se ter sucesso no uso das cartas CEP.

No Quadro 3.2 é mostrada a compilação de algumas frases coletadas dos operadores.

Quadro 3.2: Compilação de frases dos operadores durante grupo focado sobre uso de cartas CEP

“(…) uso em 1984 na Sílicas mostrou caminhos para entender os processos e controlá-los melhor”

“(…) mas havia uma certa rivalidade/ciúmes entre a equipe de processo e fábrica (….) havia problemas para a operação propor melhorias que eram percebidas pelas cartas (….) não havia autonomia na fábrica pela operação

“(…) somente supervisor tinha decisão para alterar alguma coisa identificada pela carta”

“(…) A partir de 2002 houve a iniciativa para uso de carta CEP para CTAB/BET/RM/controle peso”

“(…) Nos treinamento F1 e F2 não há mais treinamento de cartas CEP antes (anos 80-90) tinha”

“(…) o operador não tinha ação com a carta CEP, tinha sempre que comunicar alguém “

“ Era mais um papel para preencher...” “(…) para nós, era só marcar no gráfico”

“(…) se esperava muito para se tomar uma decisão, tinha que esperar os critérios.(…)alguém determinava que tinha que esperar 5 pontos. (….) era o dono do conceito”

“ Hoje melhorou, agora tem o valor fixo de trabalho para seguir e os limites de especificação...”

“ Medimos nos pallets, a cada 12 pallets meço peso de 1 (….) Os limites foram calculados em 2004 pelo estagiário. Hoje ainda funciona, mas será que estamos fazendo demais ? Não acompanhamos as ações corretivas nem recalculamos os limites...”

“na ensacagem...mesmo se não tivéssemos as cartas, eu teria que controlar de algum modo...”

“ (….) em 2002 usamos CEP no solventes, foi mais fácil do que na Sílicas (….) a gente adquire experiência e raciocínio”

“ cada operador tem o seu próprio limite de controle, as vezes amostra mais do que o planejado só para garantir...”

Fonte: Próprio autor.

Um ponto levantado nas reuniões de grupo focado foi quanto à preocupação dos operadores no que se refere ao processo de trabalho a ser empregado com a carta CEP. Detectou-se a preocupação dos operadores com a quantidade de pontos a serem lidos, se a carta CEP seria feita à mão (em papel) ou através de algum aplicativo informatizado, a frequência que deveriam acompanhar a variável e como eles seriam cobrados do comportamento da variável. Percebeu-se também a ligação entre dois fatores críticos, Ferramenta a ser Utilizada e Treinamento. A preocupação com o processo de trabalho a ser empregado foi anotada para ser discutido com a equipe de trabalho da pesquisa. A definição do processo de trabalho a ser empregado no caso de causas especiais (procedimentos no caso da ocorrência de causas especiais, como, por exemplo, mudar os limites de controle) foi considerada como um dos fatores críticos para implantação das cartas CEP a ser também pesquisado. No Quadro 3.3 está a compilação do agrupamento de algumas dessas preocupações levantadas pelos operadores.

Quadro 3.3: Compilação frases dos operadores durante grupo focado sobre o processo de trabalho a ser empregado

<p>“deveremos mudar a cultura dos operadores de terem que esperar os resultados suficientes antes de agir...hoje se adiantam e pode não ser bom...”</p> <p>“temos que fazer com que os operadores confiem na carta CEP”</p> <p>“temos que considerar que haverá uma fase de adaptação”</p> <p>“ necessária padronização: as regras de falta de controle devem estar claras no manual do produto base”</p> <p>“ o manual deverá ser em papel, para facilitar o uso pelos operadores”</p> <p>“ferramenta: o ideal é usar o excel, sem precisar digitar o dado” ...” o programa poderia facilitar indicando que uma regra de controle não será provavelmente obedecida no próximo ponto”</p> <p>“treinamento: todos de campo, sala e fabricação devem ser treinados” ...“treinamento deve ser prático, desde a colocação dos dados até interpretação”</p> <p>“ comunicação durante a pilotagem: podemos passar sugestões por email” ...“importante ter reunião formal de acompanhamento”</p> <p>“os comentários na carta cep deveriam ser registrados no computador para poder ser usados depois...”</p>

Fonte: Próprio autor

Na segunda parte da reunião foi realizada uma breve apresentação dos conceitos sobre Controle Estatístico de Processo e sobre Cartas de Controle Estatístico de Processo. Apesar do fator Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo ter sido previsto para outro ciclo da pesquisa, aproveitou-se a oportunidade para investigar o interesse dos operadores sobre o tema, o entendimento do material que foi preparado e identificar barreiras em termos de trabalho em equipe, aceitação do facilitador, apesar de ser alguém da própria equipe.

O material apresentado aos operadores foi elaborado de um modo simples, com figuras e frases curtas resumindo os conceitos, com o intuito de passar mensagens-chaves às quais o pesquisador iria recorrer durante a própria fase de coleta de dados e nas demais fases da pesquisa, principalmente na implantação das ações:

- Origem das Cartas CEP: é um conceito antigo, de 1924, usada em outros países, como Estados Unidos, Inglaterra e Japão, mas mesmo assim não usamos em nossa fábrica no Brasil.
- O que é um histograma, o que é uma distribuição de frequência e o conceito de probabilidade.
- O conceito de normalidade e a distribuição normal e das medidas resumo média e desvio padrão.

- O que é uma carta de controle estatístico de processo, como funciona e como facilita no controle e redução da variabilidade nos processos, principalmente processos químicos.
- O conceito de causas comuns e causas especiais na variabilidade de um processo

Não foram discutidos conceitos de como construir cartas de controle manualmente, de como calcular os limites de controle estatísticos ou discutir os diferentes tipos de cartas de controle existentes. A ênfase foi dada para que os operadores compreendessem o conceito de como a Carta de controle estatístico funciona e de como devem interpretá-la, para que ela possa ser útil no seu dia-a-dia.

De acordo com Wood, Antony e Preece (2002) em artigo discutindo o papel do controle e monitoramento estatístico de processo, as dificuldades em interpretar e usar os conceitos e métodos são mais importante do que supúnhamos e requerem atenção.

Para ilustrar o que foi apresentado em termos de teoria, foram feitos exercícios práticos com as equipes para que os conceitos fossem aplicados e eventuais dúvidas e questionamento pudessem vir à tona.

Para o conceito de histograma e distribuição de frequência foi construído um histograma com o valor de massa corporal que cada um assume ter (não havia balança na sala) e se construiu o histograma usando cartões coloridos. Foi então feito o paralelo com curvas de distribuição de frequência, conceito de média e desvio padrão.

Em seguida para o conceito de causas comuns e causas especiais foi feito o jogo do “Tiro Certo”. Para isso foi utilizado o mesmo dispositivo usado no curso Seis Sigma, uma catapulta de brinquedo onde se atira bolas de pingue-pongue ou golfe após regulagem de alguns parâmetros de tiro. Os operadores foram divididos em times e teriam que acertar sempre a mesma distância para uma mesma regulagem (padrão). Havia os papéis definidos como o atirador, o medidor de distância e o anotador, que digitava os dados em uma planilha que ia automaticamente mostrando os dados em um gráfico de controle (no caso os limites de controle foram definidos previamente para um processo normal de tiros). A distância, medida por uma trena, era a do dispositivo até o local do impacto da bola marcado em uma folha de alumínio. A cada 30 tiros realizados por uma equipe, uma nova equipe executava mais 30 tiros. Apesar de simples, o jogo mostrou claramente como causas comuns acontecem fazendo com que haja uma variabilidade na resposta do processo (a distância do tiro) e que acontecem causas especiais, que podem impactar o processo em vários

níveis. No jogo realizado, ver Figura 3.12, o simples fato do atirador se posicionar deitado fazia com que – por falta de equilíbrio - ocorressem causas especiais, com a bolinha indo a uma distância muito fora do valor esperado.



Figura 3.12 : Sequência de imagens mostrando o jogo “Tiro Certo” feito com operadores para ilustrar a ocorrência de causas comuns e causas especiais

3.2.2 Disponibilização dos dados

Os dados obtidos após os diversos grupos focados foram organizados em um documento que foi apresentado ao comitê de acompanhamento da pesquisa ação. Alguns pontos marcantes sobre o andamento da etapa DEFINIR foram sendo comunicados através de exposição em reuniões aos outros gerentes de produção, ao Diretor Industrial e aos especialistas em excelência operacional de outras fábricas. Nesse momento, inclusive o Diretor Industrial Mundial (situado na Europa), ao ficar sabendo da iniciativa, solicitou que fosse feita para ele uma comunicação mensal sobre o avanço do piloto. Na Figura 3.13 há um exemplo de relatório sintético feito para ele sobre o andamento das atividades. No caso, junho 2013, as atividades referentes ao “Trabalho em Time” e “Gerenciamento da Mudança” iriam ser trabalhadas ao longo de todos os ciclos da pesquisa-ação.

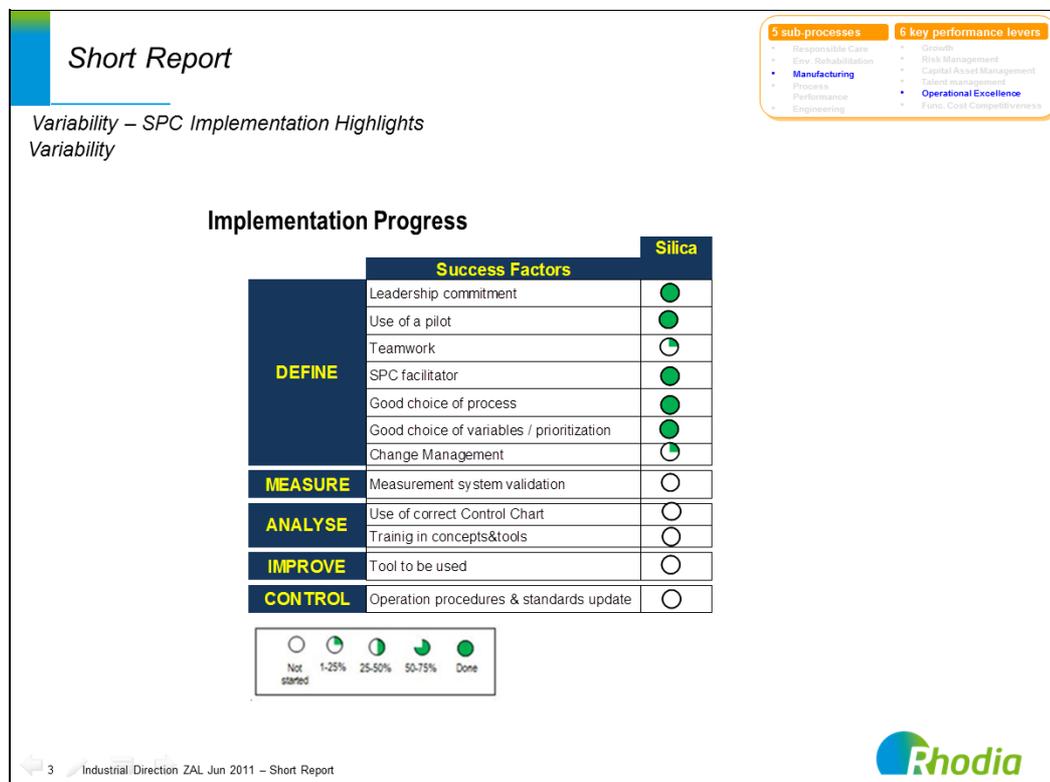


Figura 3.13 Exemplo de relatório sintético mostrando o andamento da pesquisa-ação com avanço por fator de sucesso.

Fonte: Próprio autor.

3.2.3 Análise dos Dados e Plano de Ação

Para os fatores críticos de sucesso abordados na fase DEFINIR foram feitas reuniões de análise com o facilitador e discussões com membros do comitê de acompanhamento sobre possíveis ações corretivas a tomar. Abaixo, são apresentados os resultados da análise executada pelo pesquisador conjuntamente com os membros do comitê de acompanhamento, para cada fator de sucesso e seu correspondente plano de ação proposto.

- **Análise do fator “Engajamento da liderança”:** Os líderes que fazem parte do comitê de acompanhamento estão motivados e suportando a iniciativa. Os líderes de turno ainda estão aguardando o avanço das ações para se pronunciarem. No geral, o ambiente é receptivo. Não há foco de resistência identificado. Conforme identificado durante os grupos focados, os líderes que viveram as iniciativas frustradas apoiam em tudo que é necessário, mas demonstram um entusiasmo comedido. Os líderes de outras áreas da empresa que tomaram conhecimento se interessaram também em pilotar em suas respectivas fábricas. Muitos querem conhecer as etapas a serem seguidas. Foi de extrema importância ter sido dada visibilidade da pesquisa-ação ao Diretor Industrial Mundial, pois seu interesse em acompanhar os resultados da pesquisa chamou a atenção dos demais líderes e fez com que o piloto fosse oficial e formal e não uma iniciativa isolada.
- Ações recomendadas para o fator “Engajamento da Liderança”:
- Decidido aguardar o avanço das fases MEDIR, ANALISAR e IMPLEMENTAR para se tomar alguma ação mais focada nesse sentido junto aos líderes de turno.
- Continuar com comunicações do gerente de produção com a equipe
- Para outras áreas interessadas em novos pilotos. Iniciar conversas para explicar os passos a serem tomados. Caso haja recurso disponível, iniciar um piloto.
- Análise do fator “Uso de um projeto piloto”: foi fundamental trabalhar esse fator de sucesso durante a pré-etapa de planejamento. Desse modo, as expectativas de que fosse outro programa *top-down*, imposto aos operadores, não se concretizaram. As equipes entenderam que se trata de um piloto experimental para se achar o melhor modo de se trabalhar de “um modo novo, uma idéia antiga” e que servirá para o restante da empresa.

- Ações recomendadas para o fator “Uso de um projeto piloto”:
- Continuar tratando as ações como fazendo parte de um piloto experimental.
- Levar em conta no referencial a importância de se realizar reunião de lançamento (*kick-off*) do piloto, para oficializar junto toda a equipe operacional o começo da iniciativa.
- Análise do fator “Trabalho em time”: durante os grupos focados, percebeu-se relações tensas entre os operadores dos turnos e os supervisores do período administrativo. Aparentemente há uma concentração de poder nas mãos dos supervisores que monopolizam todas as decisões que são feitas dentro da sala de controle. Alguns operadores reclamaram que não possuem autonomia para realizar modificações no processo, mesmo sabendo o que tem de ser feito. Essa situação poderia interferir quando do estabelecimento dos planos corretivos para causas especiais, que deverá ser feito pelos operadores de sala de controle.
- Ações recomendadas para o fator “Trabalho em time”: Sobre o relacionamento supervisor-operadores, o Diretor Industrial sugeriu a contratação de um engenheiro de produção que fique responsável pelos supervisores e pelos turnos, seguindo o mesmo modelo usando em outras fábricas da empresa.
- Análise do fator “Uso de facilitador”: o facilitador indicado se mostra motivado e colaborativo. Entretanto, não se poderá fazer dele um especialista em métodos estatísticos e provavelmente nem seja necessário. No entanto, outras atividades de rotina por vezes impedem que ele exerça o papel de facilitador. Caso o engenheiro de produção seja mesmo contratado, ele poderá auxiliar como facilitador nas atividades que requeiram um pouco mais de especialidade em ferramentas estatísticas.
- Ações recomendadas para o fator “Uso de facilitador”: Definir claramente as tarefas que o facilitador deve cumprir durante a pesquisa e negociar sua dedicação com o gerente de produção.
- Análise do fator “Definição do processo a ser focado”: importante ter sido feito na pré-etapa de planejamento, levantamento de expectativa e definição do contexto.
- Ações recomendadas para o fator “Definição do processo a ser focado”:

- Nada particular para a pesquisa-ação em andamento. Somente para efeito de registro, caso outras fábricas queiram implantar o uso da carta CEP devem considerar um tempo suficiente para discussão desse fator de sucesso.
- Análise do fator “Definição do(s) parâmetro(s) a ser(em) acompanhado(s)”: A princípio se achou que seria uma tarefa fácil, dada a quantidade de variáveis existentes, o que não aconteceu e levou um certo tempo para que, após várias reuniões, chegassem a um consenso de qual variável traria valor para a operação de dia-a-dia. Na realidade, a variável a ser escolhida deve ter algumas características que o próprio comitê de acompanhamento percebeu ser importante: ser uma variável independente, ter forte impacto (correlação) com a saída do processo que é prioritária no momento e se queira monitorar, sua correção ser do domínio dos operadores e ter medição validada. Outro ponto é que a variável dependente (no caso teor de umidade) deve ter um comportamento estável e capaz. Outra constatação é quanto à importância em se definir claramente qual é a finalidade da carta de controle (monitoramento, resolução de problema ou análise de dados históricos). Para facilitar a clareza, estão sendo usadas as definições sugeridas por Caulcutt (1995).
- O parâmetro definido (pressão final de compressão) foi unanimemente aceito pelas equipes da fábrica, mostrando que o tempo investido para se discutir qual a melhor variável a ser usada faz parte desse fator de sucesso. Os operadores sabem que existem ações que eles podem tomar caso a pressão final do ciclo de filtração saia fora de controle. Há ainda a preocupação sobre a uniformidade das ações a serem tomadas. No procedimento operacional atual não está claro a sequência de tarefas a ser feita. Aparentemente a ação depende da experiência do operador no posto de trabalho.
- Ações recomendadas para o fator “Definição do(s) parâmetro(s) a ser(em) acompanhado(s)”: Sugerido colocar como novos fatores de sucesso a “Atualização do procedimento padrão” para tratamento das causas especiais e “Procedimento para Alteração dos Limites de Controle”. Esses pontos não estão claros para a maioria dos operadores e merecem ser investigados.
- Análise do fator “Gerenciamento da mudança organizacional”: operadores perceberam a iniciativa e aparentemente entenderam o conceito do piloto. A

comunicação da gerente de produção a todos da fábrica foi fundamental para que percebessem que algo diferente está sendo feito para um “assunto antigo”, como eles se referiram ao controle estatístico do processo. No entanto, há a expectativa e uma certa ansiedade de se saber como será feito na prática.

- Ações recomendadas para o fator “Gerenciamento da mudança organizacional”: Iniciar a pesquisa dos fatores “Escolha da Carta de Controle” e “Tipo de Ferramenta para Carta CEP”, novo nome para o fator inicialmente denominado como “Uso de computadores e pacotes informáticos”. Essas atividades já podem ser iniciadas para que todos percebam concretamente que “algo está sendo feito”. Outra sugestão é que seja definido como fator crítico a Avaliação da Comunicação entre os membros da fábrica e a equipe da pesquisa-ação.

3.2.4 Execução e Avaliação das Ações

Nesse primeiro ciclo se percebeu a expectativa criada pelos operadores sobre o que iria ocorrer nos próximos meses. O papel do facilitador se mostrou essencial para a ligação entre o pesquisador e as equipes, pois, apesar da frequência quase diária do pesquisador na planta, havia momento onde os operadores levantavam dúvidas e é o papel do facilitador esclarecê-las. Por isso a necessidade de uma definição clara de suas funções, para que não haja conflito com as outras lideranças existentes nas equipes. Outra percepção é quanto à forte influência da cultura da empresa e da própria equipe da planta no andamento das ações. O engajamento dos líderes se mostrou essencial no primeiro ciclo, pois havia entre eles a crença que a pesquisa iria trazer benefícios a todos.

Abaixo um resumo das ações executadas e a respectiva avaliação, para o primeiro ciclo da Pesquisa-Ação. Para cada fator crítico de sucesso é explicada a ação proposta e a ação realmente efetuada, com uma avaliação pelo pesquisador.

Quadro 3.4; Resumo das Ações Executadas no Primeiro Ciclo da Pesquisa-ação

Fator Crítico de Sucesso	Ação Proposta	Ação Executada	Avaliação
Engajamento da liderança	<i>Visitas externas a sala de controle</i>	<i>Agendadas visitas de pessoas externas</i>	<i>Boa aceitação</i>
Uso de Piloto	<i>Incluir como ação formal a realização de uma reunião de lançamento com toda equipe operacional</i>	<i>Incluído no referencial teórico</i>	<i>A reunião realizada para lançamento do piloto foi bem recebida pelos operadores. Criou-se um ambiente propício para o início das atividades</i>
Trabalho em time	<i>Contratação de um engenheiro de produção</i>	<i>Confirmada</i>	<i>Nova engenheira de produção é Green Belt e já começou a participar do time da pesquisa-ação</i>
Definição dos parâmetros a serem acompanhados	<i>Incluir na pesquisa só fatores “Atualização do procedimento padrão” para tratamento das causas especiais e “Procedimento para Alteração dos Limites de Controle”..</i>	<i>Incluídos como fatores no referencial. Facilitador está realizando trabalho dentro da sala de controle levantando as informações com os operadores para homogeneizar o padrões de operação</i>	<i>Fatores incluídos na fase “I” (implantar melhorias).</i>
Gerenciamento da Mudança organizacional	<i>Incluir o fator Avaliação da Comunicação dentro das atividades de gerenciamento da mudança</i>	<i>Novo fator será levado em conta no próximo ciclo da pesquisa ação</i>	<i>Sendo feita avaliação da comunicação entre membros da equipe.</i>

3.2.5 Monitoramento após Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Em termos da implantação das Cartas CEP, após o primeiro ciclo da pesquisa-ação já se tem um movimento assertivo. Os operadores aguardam melhorias na condução da unidade. O primeiro ciclo ajudou a reforçar o referencial teórico, aumentando o conhecimento da equipe para as próximas etapas. Na Figura 3.14 são mostrados (em vermelho) os fatores que foram incluídos ou alterados na sequência de abordagem da pesquisa-ação.

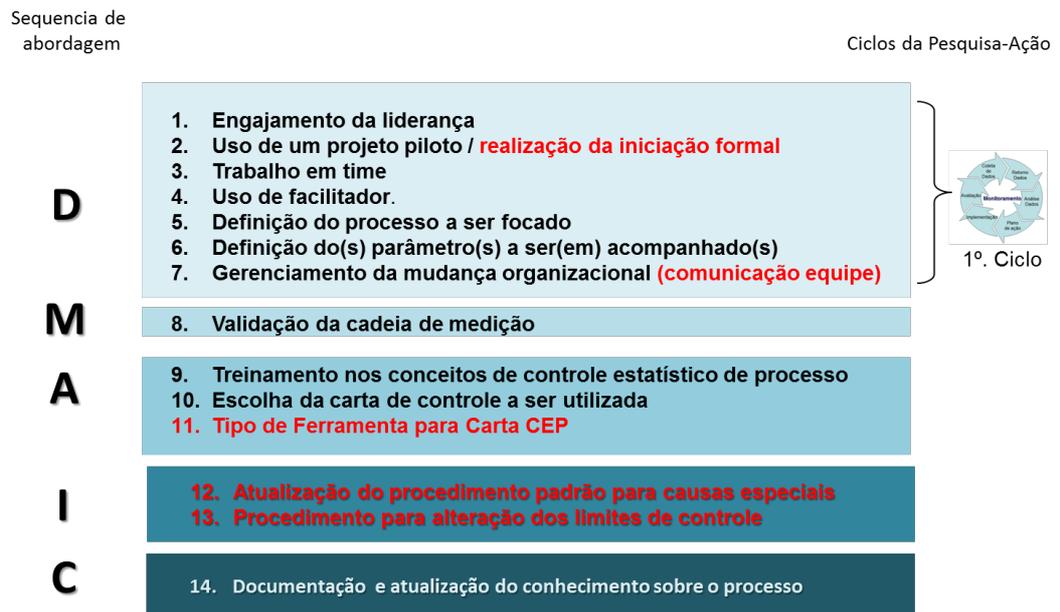


Figura 3.14: Revisão dos fatores de sucesso para implantação do CEP (em vermelho), após Primeiro Ciclo da Pesquisa-Ação
Fonte: Próprio autor.

3.3 Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase MEDIR)

3.3.1 Coleta de Dados

Na fase MEDIR foi avaliado o fator “Validação da Cadeia de Medição”, lembrando que o foco do processo escolhido é ter sob controle a umidade da torta que sai do filtro (Figura 3.10) através da garantia da estabilização da pressão final de compressão nas placas do filtro prensa. As principais variáveis dessa parte do processo são:

- Pressão de compressão do filtro.
- Condutividade da torta lavada.
- Umidade da torta na saída do filtro e entrada do secador.

A primeira variável (pressão) é a que seria proposta para ser monitorada através de carta CEP, a segunda (condutividade) é ligada ao tempo de lavagem da torta e a terceira (umidade) é a variável dependente, que também seriam acompanhadas através de gráficos de série temporal.

Quanto à validação da medição das variáveis, durante a pesquisa foram identificados, através de entrevistas e observações de campo, dois pontos principais, um técnico e outro comportamental:

O primeiro ponto identificado é o técnico. As medições devem ser validadas estatisticamente, comparando a variabilidade inerente da medição em relação ao processo ou a tolerância (limites superior e inferior de especificação) que se quer obedecer. Caso não haja o conhecimento técnico ou metodológico sobre o que é uma validação estatística de uma medição, o mesmo deve ser mostrado de forma simples aos envolvidos. No caso da pesquisa ação, as três medições tinham sido validadas estatisticamente (repetibilidade e reprodutibilidade) e a princípio eram confiáveis de traduzir o comportamento da variabilidade do processo.

O outro ponto é o comportamental, no que diz respeito à percepção dos operadores de sala de controle e de campo sobre a confiabilidade das medições em questão. Não basta mostrar tecnicamente, através de cálculos e documentos, que os resultados das análises são bons se, no curto prazo, no dia-a-dia, os operadores simplesmente não confiam na medição.

Para isso foram feitas entrevistas individuais com os operadores onde foi perguntado se (1) tinha alguma análise (entre as três envolvidas na implantação da Carta CEP) que eles não confiavam e (2) se teria alguma análise que eles sugeririam melhorar. O principal ponto que foi colocado em dúvida pelos operadores foi a condutividade da torta lavada. Essa análise é importante, pois define o tempo de lavagem da torta e, por consequência, sua qualidade. Não adianta a torta estar sem umidade se não foi lavada! Essa análise (através de condutivimetria) era feita por eles mesmos em um laboratório dentro da fábrica e apesar de serem os responsáveis, desconfiavam dos resultados. Essa desconfiança vinha do fato de terem enviado amostras ao laboratório central da planta onde a fábrica está situada e em grande parte das vezes os resultados eram discordantes. Segundo eles, a desconfiança era ainda maior devido ao fato de que o método que usavam havia sido desenvolvido pelo próprio laboratório central e, a princípio, deveriam ser iguais. Acompanhando e observando os trabalhos dos operadores no laboratório, uma pista dada pelo próprio facilitador de que durante o procedimento havia uma conversão de unidade que era aproximada, baseada em uma tabela afixada pelo laboratório central na parede do laboratório. Perguntado aos especialistas, foi confirmado de que a aproximação adotada na tabela poderia sim ter impacto no resultado obtido, pois poderia haver interferência da temperatura em que era feita a

medição e a mesma apesar de ser medida, não era levada em conta no momento da conversão de unidades.

Conforme definido com o comitê de acompanhamento da pesquisa, no segundo ciclo da Pesquisa-Ação foram também investigados os fatores “Escolha da Carta de Controle” e “Tipo de Ferramenta para Carta CEP”.

Para o fator crítico de sucesso “Escolha da Carta de Controle, decidiu-se partir do tipo mais simples, com a carta de médias. A variável a ser monitorada foi a pressão do ciclo de filtração, cujo ciclo inteiro dura 60 minutos. Em duas reuniões realizadas com os engenheiros de processo e de produção, chegou-se a proposta de monitorar a média da pressão nos últimos 3 minutos do ciclo de filtração. Ou seja, cada ponto na carta seria plotado a cada 60 minutos e cada ponto corresponde à média da pressão de compressão nos últimos 3 minutos do ciclo. Para a amostragem dentro dos 3 minutos, foi realizada análise de auto-correlação e se chegou a um intervalo de 30 segundos. Logo a média da pressão nos últimos 3 minutos seria feita com 6 pontos. De acordo com Montgomery (2009) a premissa mais importante para as Cartas de Controle é a da independência da observação realizada, pois não irão funcionar bem se os dados mostrarem correlação no tempo (auto-correlacionados). Nesse caso, a carta poderá ser errônea, apresentando muitos falsos alarmes de pontos fora de controle estatístico.

O grande problema foi quanto ao “Tipo de Ferramenta para a Carta CEP”. Em entrevistas com os operadores, todos em unanimidade descartaram fazer a carta de controle em papel, manualmente. A coleta dos dados e cálculos seria trabalhosa. Durante as reuniões de grupo focado os operadores sugeriram que fosse utilizada a planilha eletrônica Microsoft Excel®, que as regras de falta de controle fossem mostradas na própria planilha e, se possível, fosse alertado quando o próximo ponto poderia sair do controle. Foram então feitas discussões com os técnicos de automação para verificar quais as opções que existiam na empresa para atender a esses requisitos. Foi proposta a construção de uma tela no sistema de supervisão do controlador lógico programável (CLP). Seria mais uma tela que poderia ser acessada pelos operadores. Sua execução foi relativamente fácil e feita pelo próprio técnico de manutenção. No entanto, observando o trabalho dos operadores no decorrer de alguns dias, algumas informações importantes foram coletadas:

- A carta na tela não mostrava a curva característica de uma carta CEP, com um ponto por evento. As cartas de tendência mostradas nos sistemas supervisórios mostram qualquer variável segundo a segundo, de um modo contínuo. Como o intervalo de

cada ponto é de 60 minutos, durante esse tempo o gráfico mostrava uma linha contínua (Figura 3.15).

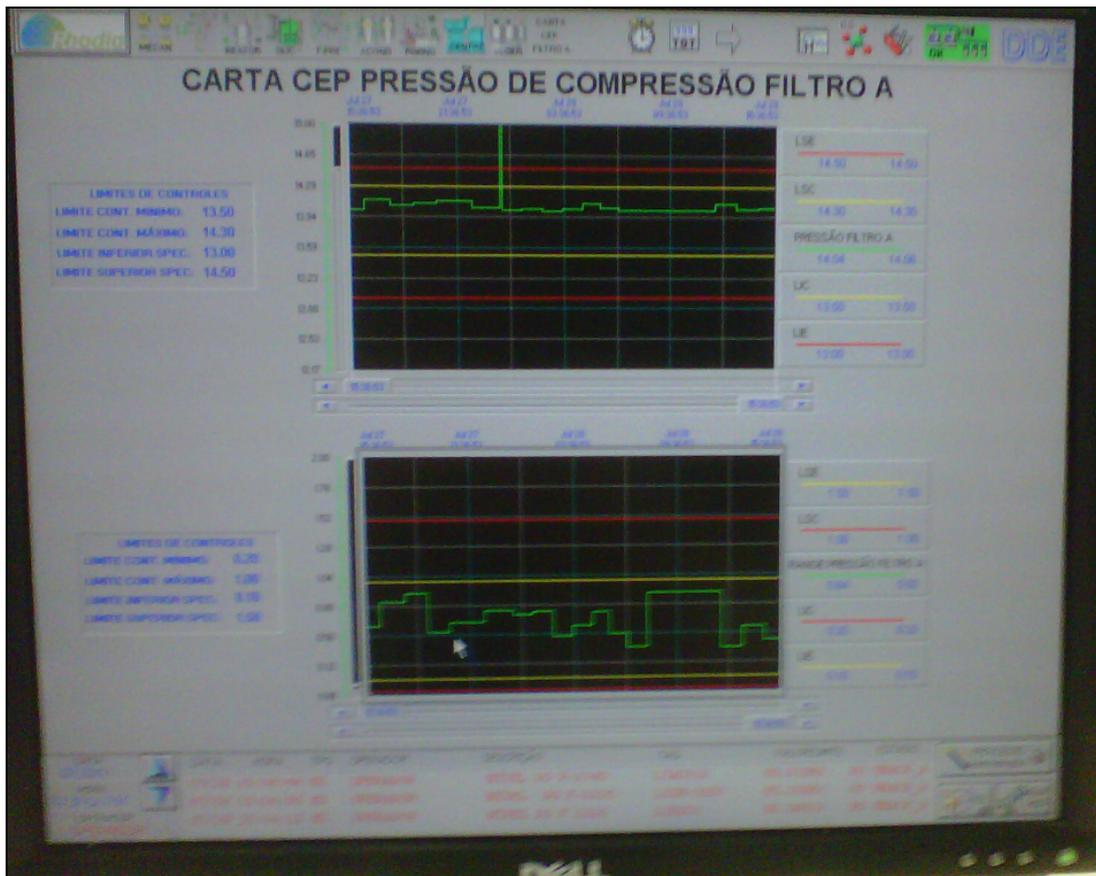


Figura 3.15: Proposta de Carta CEP feita na tela de tendência

- A tela da carta CEP era acessada a partir de um menu. Para o monitoramento o operador teria que ir até a tela. Para um início de implantação essa operação dificultou o conhecimento dos operadores da “nova carta CEP”. Indagando os operadores de diferentes equipes em diferentes dias, um comentário comum foi de que “se a carta estivesse ao nosso lado o tempo todo seria muito **mais fácil usar**”. Essa última constatação foi valiosa para tentar nova proposta de carta CEP.
- Foi constatado pelo pesquisador que as cadeiras da sala de controle estavam desgastadas e rasgadas e o piso no local das cadeiras também desgastado. A Figura 3.16 mostra detalhes na cadeira e piso. Os próprios operadores, talvez se aproveitando da presença constante do pesquisador na sala de controle ressaltaram o fato dizendo que “antes de uma coisa nova, poderiam consertar o que existe”. Essa

informação foi registrada para análise junto ao comitê de acompanhamento da pesquisa-ação.

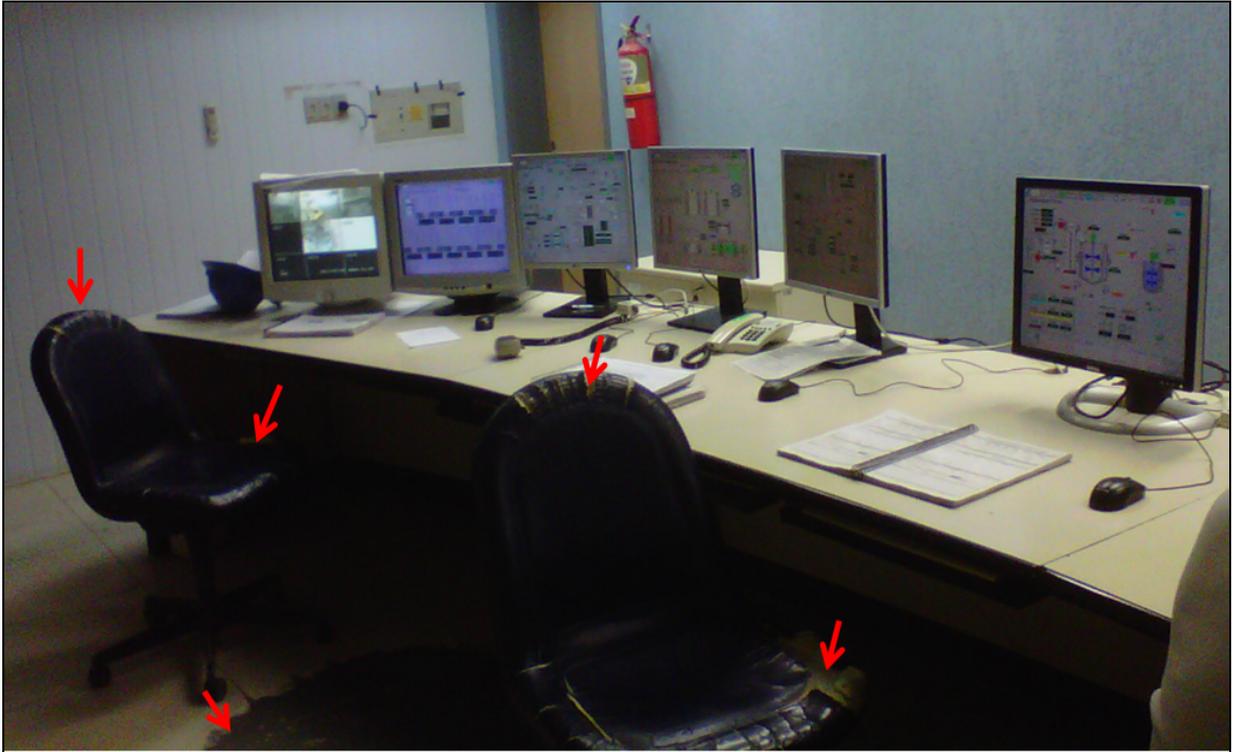


Figura 3.16: Observações sobre local da Carta CEP (cadeira e piso)
Fonte: Próprio autor.

3.3.2 Disponibilização dos Dados

Para o fator “Validação da Cadeia de Medida” foi realizada apresentação formal das evidências levantadas sobre o problema da condutividade. A tabela era baseada em uma interpolação linear simplificada, resultando em uma diferença razoável na análise.

Para o fator “Tipo de Carta CEP” foi feita exposição oral ao comitê de acompanhamento e sobre o fator “Tipo de Ferramenta para a Carta CEP” foi feita também uma apresentação com fotos seguida de visitas até o local.

3.3.3 Análise dos Dados e Plano de Ação.

- **Análise do fator “Validação da Cadeia de Medição”:** Foi constatado que os operadores não confiavam na análise de sais solúveis realizadas por eles mesmos no laboratório de autocontrole (dentro da fábrica). Para uma mesma amostra, os valores

eram diferentes entre eles e o laboratório central, que desenvolveu o método. Foi realizada uma análise inicial, que apontou um problema na interpretação da curva de interpolação de condutividade para concentração de sais solúveis (Figura 3.17).

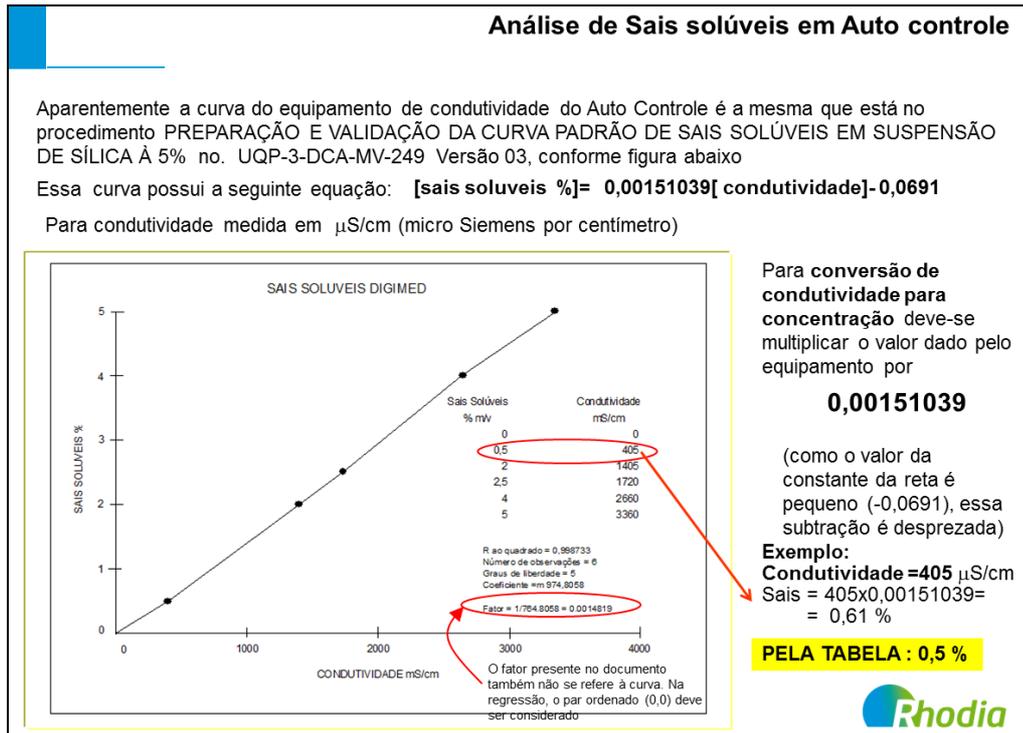


Figura 3.17: Comprovação da percepção dos operadores de que existe problema na análise, à princípio validada estatisticamente.

Fonte: Próprio autor.

- **Ação recomendada para o fator “Validação da Cadeia de Medição”:**
Realizar estudo comparativo entre o laboratório central e o laboratório de autocontrole. Deverá ser estabelecida nova curva de condutividade vs sais solúveis, principalmente levando em conta a temperatura da amostra no momento da análise.
- **Análise do fator “Tipo de Ferramenta para a Carta CEP”:** esse fator é fundamental para que os operadores da sala de controle “comprem a idéia” e mudem a cultura. Deve ser de fácil acesso e entendimento. Também deve ser colocado em um monitor dedicado. A proposta de se fazer em papel ou quadro branco é inviável pois aumentaria o trabalho na sala. A opção de colocar em micros que tenham outras funções também não é viável, pois “daria trabalho” para o operador para ir buscar a carta para visualizar.
- **Ação recomendada para o fator “Tipo de Ferramenta para a Carta CEP”:**
Verificar viabilidade de se construir uma carta CEP usando Excel e instalar monitor

na sala para ser usada exclusivamente para a carta CEP. Pesquisar pacotes comerciais que podem ser utilizados ao invés de planilha Excel.

- **Análise do fator “Treinamento nos Conceitos de controle Estatístico de processo”**: apesar de estar previsto para ser feito no 2º ciclo da Pesquisa-Ação, foi decidido pelo comitê que as primeiras formações foram suficientes e que esse fator deve ser investigado no próximo ciclo, quando já terão trabalhado os fatores ligados aos procedimentos operacionais de correção de causas especiais e de alteração dos limites de controle.
- **Ação recomendada para o fator “Treinamento nos Conceitos de controle Estatístico de processo”**: fazer investigação desse item após a revisão dos procedimentos operacionais. Recomendado fazer uma revisão do que foi visto no início e mostrar a relação com o procedimento operacional.

3.3.4 Execução e Avaliação das Ações

Quadro 3.5: Resumo das Ações Executadas no Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação

Fator Crítico de Sucesso	Ação Proposta	Ações Executadas	Avaliação
Validação da Cadeia de Medida	<i>Estudo da correlação entre concentração de sais, condutividade, e temperatura; estabelecer curva única entre os laboratórios de autocontrole e central</i>	<i>Ensaio cruzado entre os laboratórios. Estabelecida função polinomial para levar em consideração concentração de sais, condutividade, e temperatura. Implementada para ambos laboratórios.</i> Como ação complementar foi disponibilizada para os operadores uma carta de controle para os resultados de sais solúveis	<i>Não há mais diferenças entre as análises dos laboratórios. Trabalho foi vencedor do Premio Interno de Sugestões em 2011.</i> <i>Melhoria solicitada pelos operadores para poderem consultar direto da sala de controle os resultados obtidos no laboratório de autocontrole</i>
Tipo de Ferramenta para Carta CEP	<i>Fazer carta CEP usando Excel, usando dados retirados automaticamente do sistema supervisorio.</i> <i>Pesquisar pacote comercial a ser usado ao invés de Excel.</i>	<i>Realizado projeto com a instalação de um novo micro exclusivo para a carta CEP. Carta CEP é atualizada no Excel a cada 10 minutos.</i> <i>Opções encontradas são pacotes comerciais que usam termo na língua inglesa. Uma opção em língua portuguesa não se adequava ao sistema do supervisorio existente.</i>	<i>Sistema funciona. Operadores começam a incluir naturalmente na sua rotina a consulta à carta.</i> <i>Descartada opção de pacote comercial.</i>
Gerenciamento da Mudança Organizacional	<i>Conserto piso e cadeiras.</i>	<i>Realizado</i>	<i>Percebido pelos operadores como positivo</i>

A melhoria executada com a carta CEP feita em Excel pode ser vista na Figura 3.18. A carta de médias mostra a pressão média obtida no final da compressão da torta no filtro. Os limites de controle foram calculados previamente pelo facilitador com auxílio do engenheiro de produção. Somente o primeiro critério é utilizado, o de um ponto fora da faixa de $\pm 3\sigma$. Os pontos fora dos limites aparecem de outra cor (cor vermelha). Na Figura 3.19 é mostrada a interface que os operadores podem usar para consultar o histórico e rever o procedimento operacional..

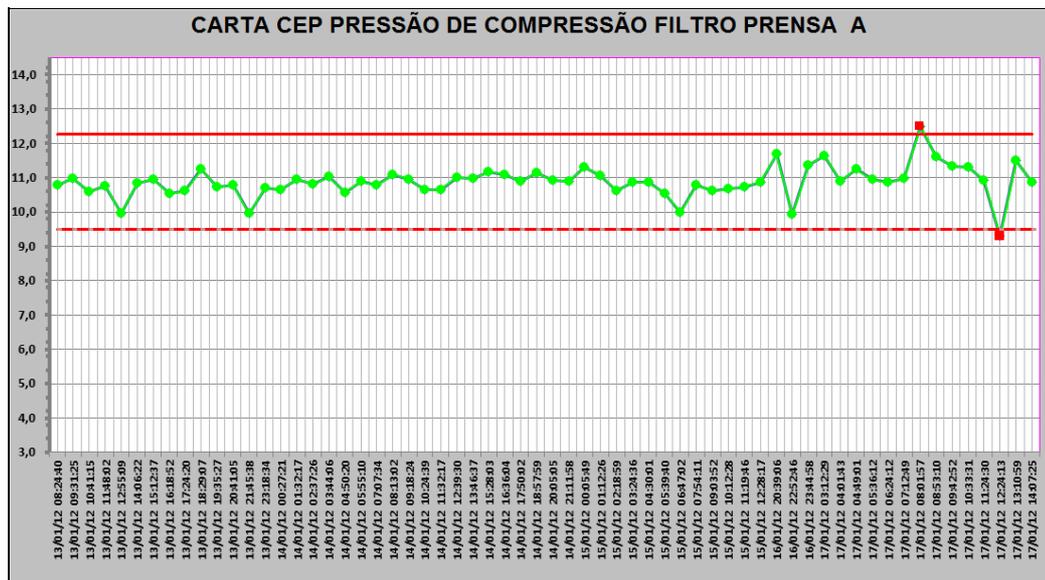


Figura 3.18: Carta CEP feita em Excel, com os limites de controle e os valores apontados fora de $\pm 3\sigma$.
Fonte: Próprio autor



Figura 3.19: Tela inicial da Carta CEP, mostrando as opções para registro das ocorrência e consulta ao procedimento operacional.
Fonte: Próprio autor.

3.3.5

Monitoramento após Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação

A ação referente à mudança da ferramenta para a Carta CEP teve êxito e começou a impactar no comportamento dos operadores na sala de controle. Após o segundo ciclo, a carta CEP feita em Excel estava sendo mostrada na sala de controle para todos os operadores. Todos estavam cientes do piloto que estava sendo feito e já contribuíam, mostrando problemas que ocorriam na fábrica quando os pontos saíam da faixa de controle $\pm 3 \sigma$, apesar de não haver ainda obrigatoriedade de usarem a carta CEP e registrar as ocorrências, o que será efetivado nos próximos ciclos da pesquisa-ação.

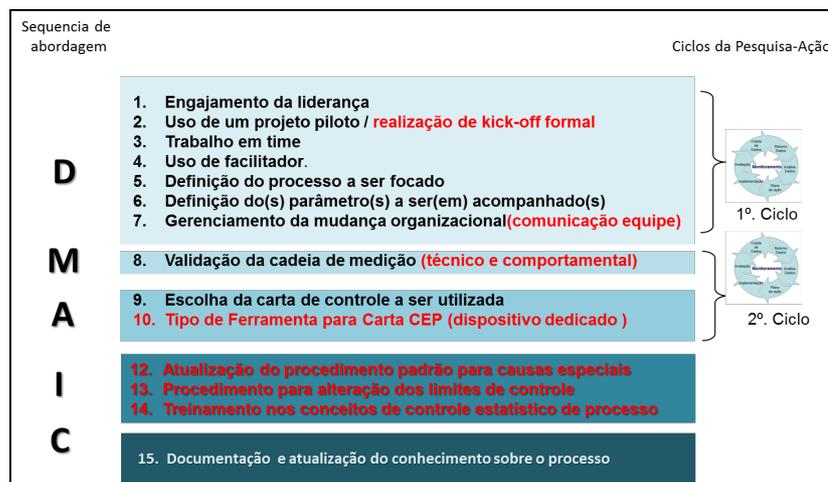


Figura 3.20: Revisão dos fatores de sucesso para implantação do, após Segundo Ciclo da Pesquisa-Ação

3.4 Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação (Fase Implementar)

Nesse ciclo da pesquisa-ação, foram investigados os seguintes fatores críticos de sucesso para implantação das cartas CEP:

- Atualização do procedimento padrão para causas especiais.
- Procedimento para alteração dos limites de controle.
- Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo.

3.4.1 Coleta de Dados

A primeira constatação feita sobre o procedimento de operação existente no processo de filtragem foi que ele não contemplava as operações de correção que os operadores relataram que deviam fazer no caso de um ponto fora dos limites de controle. Consultando os documentos que foram fornecidos ao pesquisador, verificou-se que as instruções eram bem sucintas e que cada operador tinha o seu modo de operar no caso de um desvio. Basicamente, as ações corretivas

podem ser feitas de dentro da própria sala de controle, para verificar algumas outras variáveis como vazão e nível e outras que necessitam a ida até perto de alguns equipamentos para inspeção visual ou ação local. Aqui vale ressaltar que uma planta química, diferente das plantas de manufatura seriada, possui poucos operadores. Geralmente são alguns dentro da sala de controle, operando remotamente vários equipamentos. E, externamente, no chamado “chão de fábrica” um ou dois operadores em regime de ronda para realizar tarefas que não são possíveis de se fazer remotamente ou realizar análises química mais simples. A comunicação entre eles é feita por meio de rádio comunicador ou telefone.

Outra constatação foi quanto ao fluxo de informações no dia-a-dia da fábrica. Não havia um acompanhamento diário formal dos problemas por parte da supervisão. Os supervisores praticamente sabiam de tudo que acontecia e como disseram “não precisavam se reunir todo dia com os operadores” para se inteirar dos fatos. Após uma pesquisa mais aprofundada, entrevistando vários turnos, constatou-se que havia uma perda de algumas informações que poderiam ser úteis, inclusive para as equipes que não estavam trabalhando no momento em que, por exemplo, um problema ocorreu. Buscando informações em outras fábricas, verificou-se que a empresa possui uma prática chamada de “reuniões matinais”, onde logo pela manhã há uma reunião formal entre a equipe de fabricação, os engenheiros de produção, processo e manutenção para checar o desempenho do dia anterior, analisando alguns indicadores. Desse modo, é feita a homogeneização das informações a todos, são estabelecidas as prioridades do dia e definidas ações corretivas para os denominados “pontos irritantes”. Essa prática poderia ser muito útil para o acompanhamento e resolução dos eventos de causas especiais identificados pela carta CEP.

Para levantar as práticas operacionais dos diferentes operadores e chegar a um consenso foi levantada a idéia de afixar um quadro na sala de controle para que cada um pudesse colocar, com notas adesivas, suas sugestões das ações corretivas realizadas no caso de falta de controle na pressão final do ciclo de compressão dos filtros.

Sobre o fator “Procedimento para alteração dos limites de controle”, em reunião com os integrantes do processo e da produção se chegou à conclusão de que não é necessário que cada operador saiba fazer o cálculo ou o faça. O modo antigo de ter um papel com fórmula para que fizessem o cálculo ainda está na memória de alguns. Foi discutido que esse é o papel de um facilitador, no caso agora o próprio engenheiro de produção. Quanto ao critério de mudança dos limites de controle, após reuniões com os representantes do processo e produção, inclusive alguns

operadores, foi definido que os limites seriam alterados pelo facilitador em situações bem definidas, como troca das placas, após repartida ou outro evento que venha justificar a mudança da média.

Outra constatação é que os operadores não queriam mais ser treinados nos conceitos, mas sim no novo procedimento de operação que possui agora a Carta CEP como auxílio.

3.4.2 Disponibilização dos Dados

As constatações obtidas no terceiro ciclo da Pesquisa-Ação foram expostas em reunião pelo engenheiro de produção, a partir desse momento assumindo o papel de Facilitador devido á falta de disponibilidade do supervisor destacado inicialmente.

3.4.3 Análise dos Dados e Plano de Ação

Análise do fator “Atualização do procedimento padrão para causas especiais.”

A necessidade de se ter um procedimento único que compile todas as boas práticas existentes é ponto fundamental. No entanto, deve também ocorrer a reunião de acompanhamento matinal, para que haja um fluxo correto de informações e com discussão de indicadores.

Ação recomendada para o fator “Atualização do procedimento padrão para causas especiais”:

Sugerido realizar a atividade de coleta das opiniões dos operadores para montar o novo plano de ação corretiva para os filtros prensa. Solicitado também que o engenheiro de produção formate a reunião matinal, conforme modelo praticado por outras fábricas da empresa.

Análise do fator “Procedimento para alteração dos limites de controle”:

O treinamento a ser dado aos operadores de como, quando e quem irá alterar os limites de controle da carta CEP será comunicada quando da explicação no novo procedimento padrão. Seria interessante também colocar esses pontos do procedimento na própria planilha da carta CEP. Um módulo de treinamento deverá ser preparado para ser ministrado aos novos operadores ou como reciclagem aos que desejarem. Além disso, foi sugerido instituir um audit em uma frequência definida, para medir com alguns indicadores se a utilização da carta CEP está sendo realizada a contento.

Ação Recomendada para fator “Procedimento para alteração dos limites de controle.”:

Sugerido colocar esses itens como fatores de sucesso e posicioná-lo na etapa “Controlar”.

Análise do Fator “Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo”:

O comitê de acompanhamento da pesquisa-ação concordou que não seria mais necessário realizar treinamento para os operadores sobre os conceitos estatísticos e que a formação dada no

início foi suficiente. No entanto, sugeriram colocar na fase Controlar a reciclagem dos operadores tanto nas tarefas do procedimento operacional no caso de causas especiais, quanto nos próprios conceitos da carta CEP.

Ação Recomendada para fator “Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo”:

Incluir como fator de sucesso a reciclagem dos operadores em um período determinado. Sugerido também como fator de sucesso a realização de uma avaliação com uma determinada frequência (anual, por exemplo) para saber se o processo de trabalho está sendo seguido.

3.4.4 Execução e Avaliação das Ações

Para o Terceiro Ciclo da pesquisa-ação, as ações realizadas e sua avaliação ao final estão conforme mostrado no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 :Resumo das Ações Executadas no Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Fator Crítico de Sucesso	Ação Proposta	Ação Executada	Avaliação
Atualização do procedimento padrão para causas especiais.	<i>Coletar sugestões dos operadores e redigir documento único</i> <i>Criar processo de “reunião matinal”</i>	<i>Realizada matriz de causa-efeito com os operadores para atualizar o procedimento</i> <i>Criada reunião matinal na sala de controle</i>	<i>Procedimento leva em conta as tarefas de correção em uma sequência lógica para os operadores</i> <i>Implantada folha resumo diária com indicadores e tópicos como segurança, consumos etc.</i>
Procedimento para alteração dos limites de controle.	<i>A ser colocado juntamente com o procedimento operacional</i>	<i>Explicado a todos os operadores quando e quem será o responsável pela alteração dos limites de controle.</i>	<i>Bem recebido pelos operadores. O principal é usar a carta e saber quando é necessário alterar os limites. Cálculo dos limites não ser feito por eles não é uma preocupação</i>
Treinamento nos conceitos de controle estatístico de processo.	<i>Incluir treinamento e audit como fator de sucesso</i> <i>Elaborar material básico de treinamento de CEP.</i>	<i>Feita a inclusão e feito plano de trabalho</i>	<i>Preocupação da liderança em perenizar o que foi obtido até o momento.</i>

Na Figura 3.21 está mostrada a foto de uma típica reunião matinal de acompanhamento, com os operadores de sala e de campo, o engenheiro de produção, os representantes da manutenção e do processo. Todo resumo da reunião é registrado em um formulário padrão (Figura 3.22) o qual é depois disponibilizado a todos para consulta.



Figura 3.21: Reunião Matinal dentro da sala de controle

Rhodia		REUNIÃO DIÁRIA DE FABRICAÇÃO SÍLICATO/SÍLICA			
Data de Referência:	27.08.2012	Presentes:	Fábio S., Lúcio, Thiago, Amarildo, Nelson, Denilson, Louise, Daniele, William, Vanessa, Ally, Masciel		
Data da Reunião:	28.08.2012				
SEGURANÇA (KVD 0 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL)					
nº FIAIS	8				
Uso Cartão Pare	1				
Acidentes de Processos	0				
Comentários:					
MEIO AMBIENTE (KVD 0 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL)					
pH	AIC-956 apresentando oscilações				
Temperatura	Normal				
Sólidos Sedimentáveis	Normal (troca do tecido do Filtro Rotativo C.)				
Vazamentos (geral)	Vazamento de ácido diluído na descarga da J2162				
Comentários:					
PRODUTIVIDADE (KVD 5 - PRODUTIVIDADE)					
Produção BS185	MDC (t)	120	60	60,0	
Perdas de Produção:					
OEE Silicato	Estocagem alta de Silicato				
OEE Sílica	Seguindo programa de produção, decisão operacional e gerencial (S-3310-A parado para manutenção no hidráulico)				
OEE Filtro Prensa A e B	Decisão operacional e gerencial (S-3310.A com problema no hidráulico)				
OEE Acabamento					
QUALIDADE (BET, CTAB, pH, DOP, perda de fogo, Umidade, Densidade do Silicato F-2130, RM F-2130, Densidade do Ácido)					
Pontos fora do limite de especificação	OK				
Carta CEP	ok.				
Comentários:	Perda ao fogo RA.3320- 76,42% P-2340- 81,6% no dia 26/08/2012 (S-3310-A parado para manutenção no hidráulico) tempo de lavagem do S-3310-B 26,0 Min.				
CONSUMOS ESPECÍFICOS					
Gás	Ver valores no gráfico				
Vapor	Ver valores no gráfico				
Comentários:					
MANUTENÇÃO (KVD 5 - COMPETITIVIDADE)					
nº de P1	1	Pano furado no S-2310 C			
	1	Substituir XV-0114			
	1	Ajustar corrente do S.3310 B			
	1	T2562-D (esteira da prensa - paletizadora) - Desarme			
Comentários:					
Lista de Ações					
	Ação	Resp.	Prazo	Status	
	Fazer follow-up com Fabio a respeito da troca dos panos dos filtros rotativos	Vanessa	28/08/2012	OK	
	Fazer follow-up a respeito da corrente do S3310B (nova corrente)	Fabio	28/08/2012	OK	

Figura 3.22: folha de registro usada na reunião matinal. Carta CEP é uma linha a ser acompanhada (item Qualidade)

3.3.5 Monitoramento após Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação

Com a finalização do terceiro ciclo da pesquisa-ação, alguns resultados começaram a ficar mais claros.

Operadores incluíram de um modo natural a carta de controle estatístico do processo no seu dia-a-dia. A carta CEP além de ajudar a corrigir desvios do processo também auxiliou na identificação do momento de troca das placas dos filtros. Com o tempo as mesmas vão degradando e sofrendo vazamento, quando então não se consegue mais atingir a pressão de compressão necessária. Esse comportamento ficou nítido com a carta CEP.

Ao final do ano de 2012, após os três ciclos de pesquisa, constatou-se uma melhoria na estabilidade do processo que se refletiu em ganho de energia (gás natural).

Decidiu-se pela finalização da pesquisa-ação no terceiro ciclo. Os dois fatores identificados foram trabalhados diretamente pelo engenheiro responsável pela produção, agora o facilitador do processo, sem a presença do pesquisador.

Os principais resultados foram apresentados em vários fóruns com boa aceitação, sendo iniciados mais 8 pilotos em diferentes fábrica da empresa.

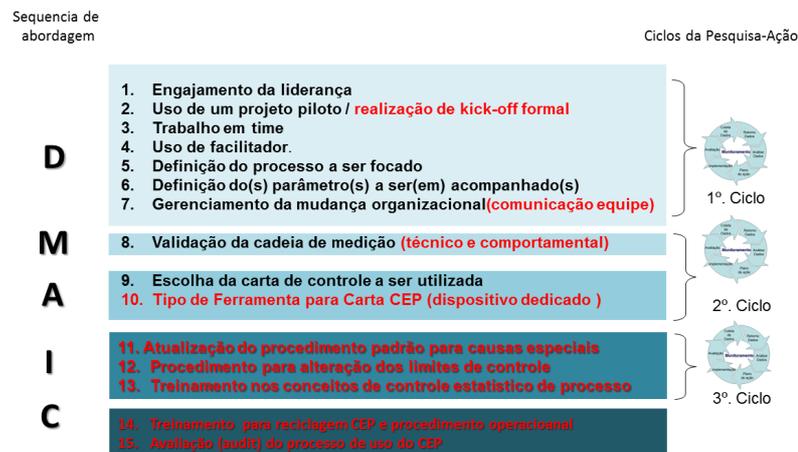


Figura 3.23: Lista dos fatores de sucesso para a Carta CEP após o Terceiro Ciclo da Pesquisa-Ação

4 RESULTADOS E PROPOSTA DE ROTEIRO PARA IMPLANTAÇÃO DE CARTAS CEP

4.1 Resultados Práticos

Após o 3º ciclo da pesquisa-ação, foram constatados os seguintes resultados práticos:

a) Estabilidade do processo de filtração, redução da variabilidade da pressão final de filtração e consequente redução do consumo de gás em 4 % com ganhos recorrentes de aproximadamente 150 mil dólares por ano.

b) Padronização das ações corretivas no caso de instabilidade da pressão final de filtração, com revisão do modo operatório.

c) Mudança da rotina da administração da produção, com implantação das reuniões matinais com discussão de indicadores de desempenho operacionais, entre eles a Carta CEP. A carta CEP também contribuiu para apoiar as sessões de resolução de problemas, principalmente da etapa de filtração.

d) Implantação de ferramenta de aquisição e visualização dos dados do processo em tempo real em forma de carta de controle estatístico do processo. Após a finalização da pesquisa-ação, adotaram na mesma unidade de fabricação a carta CEP para o segundo filtro (que não era foco da pesquisa), além das cartas para a variável “condutividade da torta lavada” e da própria “umidade da torta na saída do filtro”.

e) Para as demais fábricas da empresa, os resultados da pesquisa-ação serviram como modelo de referência para a implantação da carta CEP em outros processos. As implantações subsequentes de cartas CEP seguiram o roteiro definido resultante da pesquisa-ação.

f) Em relação ao fator “Ferramenta para Carta CEP”, foi construído pela empresa um aplicativo de cartas CEP para todas as empresas do grupo (Figura 4.1). A ferramenta permite a visualização constante das tendências e da carta de controle estatístico. Foi também incluído no aplicativo o registro em banco de dados dos alertas de pontos fora de controle (causas especiais) e das eventuais ações corretivas, a serem digitadas pelos operadores. Os dados ficam disponíveis para posterior exploração e análise. O aplicativo foi elaborado em diversas línguas, inclusive a língua portuguesa.

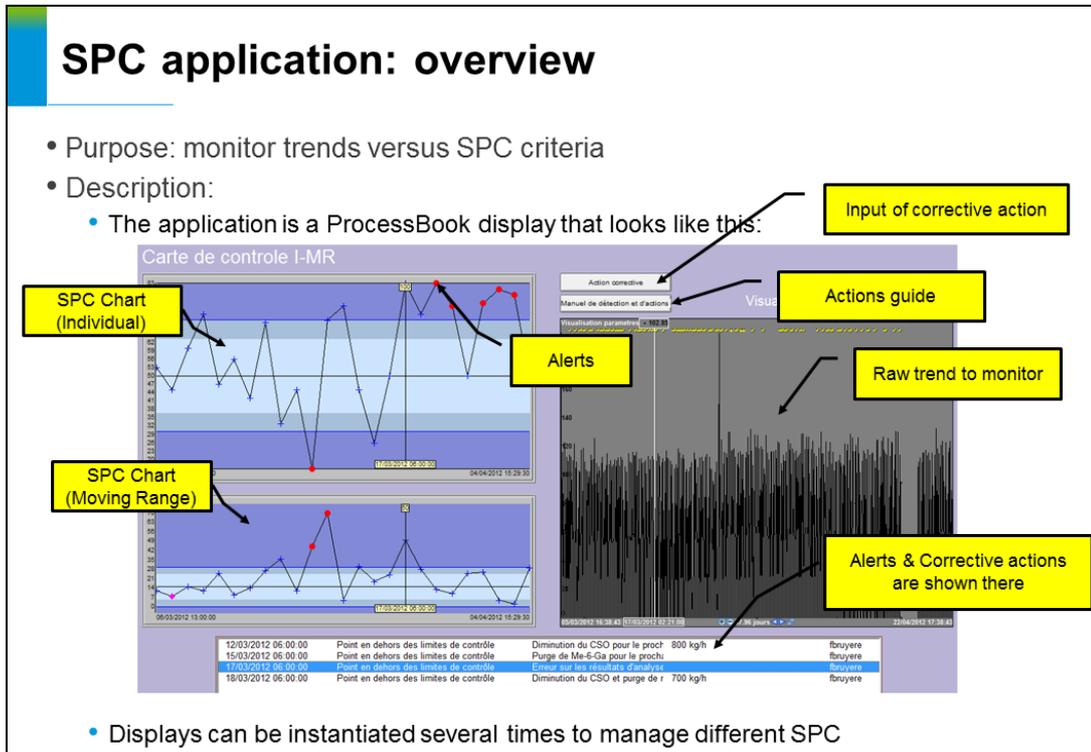


Figura 4.1: Aplicativo padrão para Carta CEP na empresa X.

4.2 Proposta de roteiro para implantação das cartas CEP

Ainda como resultado da pesquisa-ação, foi proposto roteiro (Figura 4.2) com treze passos para orientar a implantação de cartas CEP nas fábricas da empresa pesquisada. O roteiro descreve os passos a serem executados, as principais atividades recomendadas para cada passo, os facilitadores do processo e pontos de atenção.

Os passos descritos são sequenciais, mas na operacionalização alguns podem ser feitos em paralelo, dependendo da disponibilidade dos recursos. O alerta é para que não se pule nem elimine etapas.

A sequencia dos passos é diferente da sequencia dos fatores críticos de sucesso testados durante a pesquisa-ação, pois algumas etapas deverão ser obrigatoriamente executadas inicialmente como, por exemplo, o tipo de uso que se deseja da carta CEP, qual o processo e qual variável do processo serão alvo deverão ser definidos antes de se lançar com as equipes o projeto de implantação da carta CEP.

Foi incluído o passo “Reunião de Lançamento com Equipe” para ressaltar a importância de um lançamento formal e uma comunicação efetiva a todos os empregados envolvidos.

O roteiro deve ser aplicado principalmente para a primeira implantação da carta CEP e serve de guia para implantações existentes, para verificação se os pontos críticos de sucesso foram considerados.

Nos itens a seguir são descritos os trezes passos do roteiro de implantação.

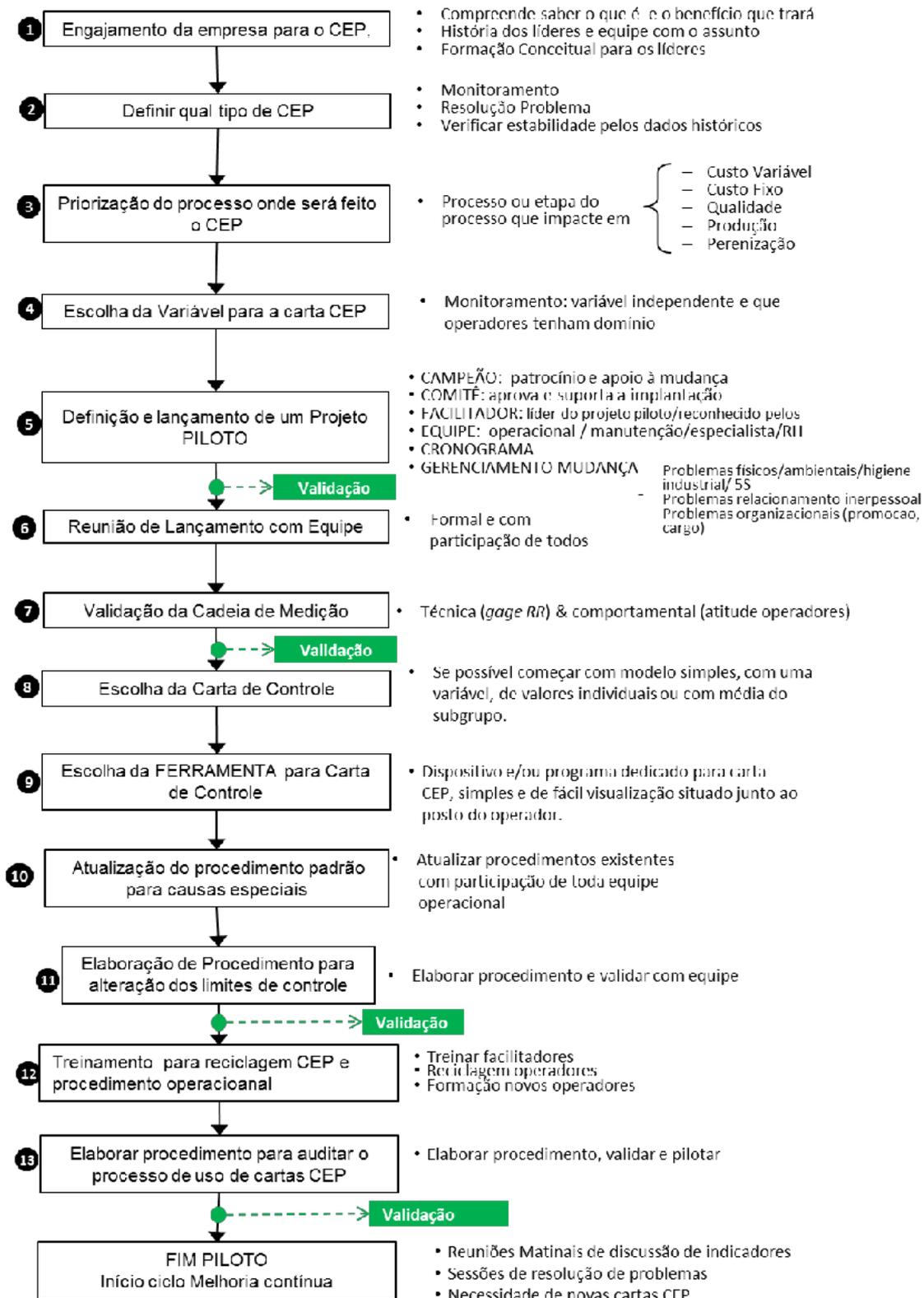


Figura 4.2: Roteiro proposto para Implantação das Cartas CEP.
Fonte: Próprio autor.

a) Passo 1: Obter o engajamento dos líderes da empresa para implantar as Cartas CEP

Essa é a etapa inicial e fundamental para o início do processo de implantação. Há casos em que os próprios líderes da área são quem desejam e solicitam o uso, por conhecerem o potencial das cartas CEP (caso verificado na pesquisa-ação). Mas pode haver situações em que apesar de estarem receptivos à iniciativa de implantar as cartas CEP, os líderes não conhecem o conceito e tendem a simplificar o processo de implantação – como constatado, após a pesquisa-ação, em alguns casos na empresa pesquisada. Durante a pesquisa se percebeu que alguns líderes ficam até constrangidos em afirmarem não terem o total conhecimento do conceito e da aplicação das cartas CEP.

Nesse último caso, deve ser feita uma sensibilização e treinamento conceitual para todos os líderes, mostrando todo o processo que deverá ser percorrido até o uso efetivo pelos operadores para obter os resultados esperados. Também deve ser ressaltado para os líderes que o processo de implantação poderá (ou deverá) implicar na mudança da cultura gerencial, em termos da importância de se medir os processos, da necessidade de se ter medições confiáveis (e que podem implicar em custos) e de se ter padrões de operação claros, controlados e obedecidos. Foi constatado na pesquisa-ação que alguns líderes afirmavam conhecer os conceitos e usos das cartas CEP, mas após as sessões de discussão, sensibilização e treinamento se percebeu que o conhecimento era limitado e muitas vezes equivocado. A falta de base conceitual dos líderes pode se tornar uma barreira para obter o engajamento dos líderes. De acordo com Caulcutt (1996), Deming sugeriu que todos os líderes deveriam entender o que é variabilidade, mas gerentes são pessoas ocupadas e querem aprender os conceitos de cartas de controle sem despender o tempo necessário para o correto entendimento,

A seguir, a descrição de algumas ações práticas a serem realizadas nesse passo.

Reunião formal com o grupo de líderes: essa primeira reunião (Figura 4.3) tem como objetivo entender o contexto do local onde devem ser implantadas as cartas CEP, entender o histórico da fábrica onde será implantada – se já houve tentativas ou se ainda se usa cartas de controle estatístico - e os principais objetivos esperados pelos líderes com a implantação.

Deve ser mostrado inicialmente todo o plano de implantação, com a descrição de todos os passos do roteiro. Para cada passo deve ser mostrada qual sua finalidade, os conceitos envolvidos, ressaltado qual será o envolvimento dos líderes e o que se espera deles em cada passo.

Nessa reunião, outros passos da implantação já podem ser previamente discutidos, para se esclarecer dúvidas, coletar dos líderes eventuais preocupações e sugestões e iniciar o planejamento da implantação:

- Qual tipo de CEP será implantado inicialmente.
- Qual o processo a ser alvo e em qual variável do processo será implantada a carta CEP.
- Quem poderá ser a pessoa a atuar como facilitador do processo de implantação junto ao chão de fábrica e fará a ligação com os líderes.
- Quem são as áreas da organização e pessoas que podem fazer parte do time de implantação. Definir qual o líder que assumirá o papel de patrocinador ou campeão da iniciativa, isto é, um executivo que irá suportar a implantação.
- Como será o processo de trabalho, como serão feitas as validações do avanço da implantação, qual o formato das reuniões que devem ser realizadas com os líderes.
- Como será feita a comunicação a todos os envolvidos e como será conduzido o processo de mudança.
- Quais os prazos desejados para finalizar o piloto, se há períodos críticos durante a execução da implantação (por exemplo, paradas da fábrica ou modificações sendo instaladas). As datas para o treinamento dos líderes e para a execução dos demais passos já podem ser definidas pelos líderes.

Deve ser uma reunião formal devidamente planejada e agendada para se obter o engajamento e a participação dos líderes em todas as etapas da implantação. Essas reuniões devem ser registradas em atas e em seguida comunicadas a todos os líderes (mesmo aos que, mesmo convidados, eventualmente não tenham participado da reunião).



Figura 4.3: Reunião formal de engajamento da liderança.

Fonte: Próprio autor.

Treinamento para os líderes: O treinamento pode ser feito no mesmo encontro feito para obter o engajamento dos líderes. O objetivo do treinamento para os líderes é revisar alguns conceitos básicos como:

- Construção e uso de histogramas (distribuição de frequência).
- Conceito de distribuição normal de frequência (normalidade).
- Conceito e uso de medidas resumo estatísticas como média e desvio padrão.
- Caracterização de causas normais e especiais de um processo e o conceito de probabilidade (risco).
- Conceito de capacidade (*capability*) e estabilidade do processo.
- Conceito de cartas de controle e diferentes abordagens para monitoramento, melhoria e análise de dados históricos.

O treinamento deve ser simples, balanceado em termos conceituais (o que é) e práticos (como usar na vida real). Sugere-se o uso de exercícios práticos para demonstrar os diferentes conceitos. Não se recomenda entrar nos detalhes da construção das cartas ou no equacionamento para cálculo dos limites de controle para os diferentes tipos de carta CEP, pois os líderes deverão inicialmente compreender o valor do uso das cartas CEP no dia-a-dia da produção. O treinamento pode ser conduzido por alguém da própria organização com conhecimento e didática ou ser usado um profissional especializado (consultor).

b) Passo 2 - Definir qual abordagem das cartas de controle estatístico de processo

Apesar de poder discutir esse passo dentro da própria reunião de engajamento com os líderes (Passo 1) é importante assegurar que, antes de definir qual o uso se deseja com a carta CEP implantada, haja um entendimento claro dos conceitos de uso da carta CEP, para então definir qual a abordagem que se deseja realizar:

- Monitoramento do processo.
- Resolução de problemas.
- Avaliação da estabilidade do processo.

Logo, o treinamento conceitual dos líderes, realizado no passo 1, deve ser executado antes da decisão de qual abordagem será feita. Recomenda-se que a abordagem de avaliação estatística da estabilidade do processo não seja feito pelos operadores, pois requer uma análise mais específica e pode ser realizada fora do contexto de uma sala de controle operacional. Para as abordagens de monitoramento e resolução de problemas o envolvimento dos operadores é fundamental e é um dos pontos fortes do uso das cartas CEP.

Recomenda-se que a definição da abordagem seja feita também de modo formal, por exemplo, através de uma reunião, com o envolvimento dos membros que administram a produção e a operação, membros da equipe técnica e do facilitador.

Na definição da abordagem a ser dada para a carta CEP, poderá ser discutido, conjuntamente, o processo ou parte do processo onde será feita a implantação da carta e de qual ou quais variáveis serão acompanhadas na carta CEP (passos 3 e 4).

No caso das abordagens de resolução de problemas, o uso da carta CEP deve ser associado a outras ferramentas e métodos de resolução de problemas (como diagramas de causa-efeito, análise dos 5 por quês etc.).

c) Passo 3: Priorizar o processo onde será implantada a Carta CEP

A escolha do processo ou parte do processo onde será implantada a carta CEP deverá ser feita entre facilitador, responsáveis da produção e responsáveis técnicos da fábrica.

Recomenda-se que a primeira implantação seja feita em somente uma etapa ou parte do processo, para que se assegurem os recursos e sirva como piloto para as demais implantações.

Alguns critérios que podem ser usados para essa priorização;

- Custo variável: Processo ou etapa do processo onde a ocorrência de instabilidades e aumento da variabilidade podem acarretar perda de rendimento em termos de

consumos específicos de matérias primas ou utilidades (uso de cartas CEP para monitoramento ou resolução de problema).

- **Custo Fixo:** Processo ou etapa do processo onde pontos fora de controle são originados por falhas mecânicas, quebras ou perda de confiabilidade, ocasionando constantes intervenções de manutenção. (nesse caso, uso de cartas CEP para monitoramento ou resolução de problema).
- **Qualidade:** Processo ou etapa do processo onde exista alta variabilidade ou falta de capacidade (*capability*) da qualidade de matérias primas, produtos intermediários ou produtos finais.
- **Produção:** etapa do processo que seja identificada como gargalo para obter o nível de produção desejada.
- **Perenização:** processo ou etapa do processo que se apresenta estável e cuja manutenção dessa estabilidade é prioridade para a fábrica e cuja falta de controle pode impactar os demais fatores anteriores.
- **Segurança e Meio-Ambiente:** processo ou etapa do processo cuja instabilidade ou falta de controle pode ocasionar eventos com impactos em segurança e Meio-Ambiente.

d) Passo 4: Escolha da variável do processo para a carta CEP

A escolha da variável do processo tem estreita ligação com a abordagem que se deseja para a carta CEP.

No caso de monitoramento de um processo, é essencial que a variável seja uma entrada do processo que tenha forte impacto (correlação) com a saída do processo (Figura 4.4.). Desse modo, os operadores terão domínio da variável e poderão tomar ações corretivas para essa entrada e irão garantir que a saída do processo esteja estável (dentro dos limites de controle estatístico) e capaz (dentro das especificações). A carta CEP pode ser construída não só para a variável de entrada a ser controlada, mas também pode ser feita para monitorar a variável de saída do processo. No entanto, as ações corretivas a serem realizadas no caso de falta de controle devem ser feitas observando a variável de entrada.

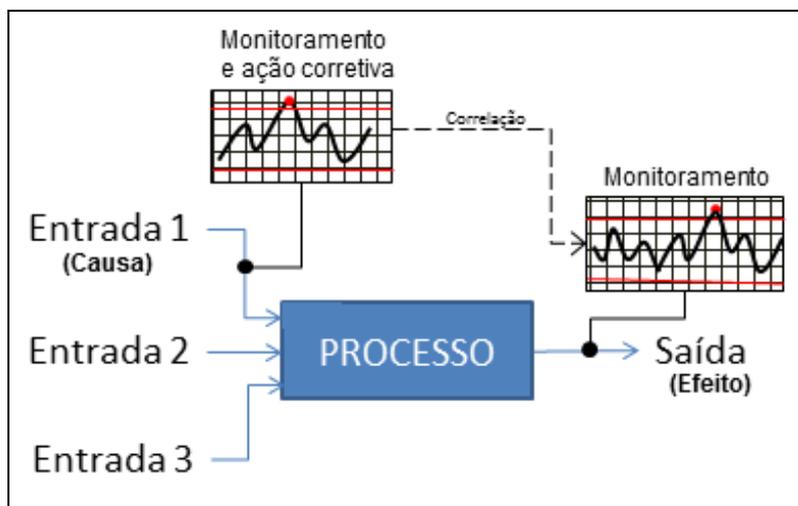


Figura 4.4: Carta CEP no monitoramento do processo
Fonte: Próprio autor

No uso da carta CEP na resolução de problemas (Figura 4.5), além da variável de saída do processo devem também ser escolhidas as variáveis de entrada que, por conhecimento da equipe, tenham maior impacto na saída do processo. A escolha dessas variáveis irá depender do nível de conhecimento do processo pelas equipes operacionais que também podem ter dificuldades nas interpretações. É por essa razão que para a abordagem de resolução de problemas a carta CEP é usada associada a outras metodologias de resolução de problemas (como Seis Sigma), onde a identificação das relações de causa-efeito são feitas usando correlações e regressões estatísticas a partir de dados históricos ou obtidos a partir de ensaios do processo, que levam em conta interações entre as variáveis de entrada. Uma vez encontradas as variáveis de entrada principais, cuja variabilidade impacta na variável de saída do processo, começa-se a monitorar através de carta CEP, voltando ao primeiro caso.

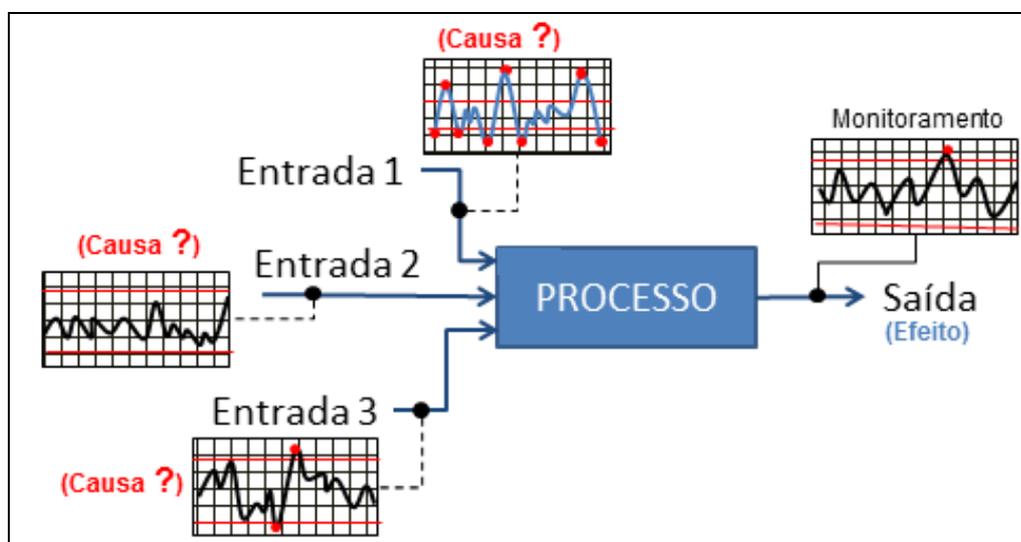


Figura 4.5: Carta CEP na resolução de problemas
Fonte: Próprio autor.

e) Passo 5: Definir e lançar o projeto piloto da implantação da carta CEP

Apesar de existir um roteiro de implantação elaborado e fatores para o sucesso da implantação bem definidos, recomenda-se que cada início de implantação da carta CEP em uma unidade industrial seja encarado com um projeto piloto, com escopo delimitado, com começo, meio e fim bem definidos e envolvendo um número limitado de empregados. Desse modo, será possível controlar a implantação, identificar possíveis problemas e resolvê-los de modo mais fácil do que no caso de implantações que são extensas. Alguns pontos a serem definidos para o piloto:

- **Campeão:** gerente ou diretor que irá apoiar a implantação da carta CEP, participando das reuniões de acompanhamento, visitando a sala de controle e mostrando aos demais empregados a importância do uso das cartas CEP. Deverá ser o patrocinador das mudanças culturais que deverão ocorrer no chão de fábrica e mostrar aos empregados através de exemplos e do seu comportamento a necessidade das mudanças (disciplina no acompanhamento do processo, aplicação dos padrões de operação, registro das causas especiais e sua resolução etc.)
- **Comitê de acompanhamento:** deverão ser definidos os nomes dos principais líderes que se reunirão para avaliar o desenvolvimento do projeto piloto e os resultados obtidos. Recomenda-se que sejam envolvidos os líderes até o nível de supervisão dos turnos de fabricação. As principais funções do comitê:
 - Avaliar a cada reunião o andamento do projeto piloto, identificando os sucessos e a necessidade de ações corretivas.
 - Validar as ações realizadas, aprovar mudanças no processo de trabalho e investimentos necessários.
 - Emitir comunicação a toda organização sobre o progresso da implantação da carta CEP.
- **Facilitador:** será o líder do projeto. Deverá ser um empregado da fábrica com bom trânsito entre as equipes operacionais. Será o facilitador das ações de implantação, organizando as ações juntos às equipes e comunicando aos líderes o progresso da implantação e a necessidade de recursos. Não há necessidade que seja um

especialista na utilização e construção de cartas de controle, para isso pode ser designado um especialista que fará parte da equipe e apoiará o facilitador.

- Equipe do projeto piloto: composta de membros da própria equipe operacional e áreas de apoio, como manutenção mecânica, elétrica, instrumentação, recursos humanos e informática. Caso haja turnos de trabalho, todos deverão ser envolvidos. Também deve ser considerado para a equipe um especialista, para apoiar o facilitador durante a implantação, nos treinamentos e no entendimentos dos conceitos.
- Cronograma com validações: datas das reuniões do comitê de acompanhamento para validação do avanço da implantação.
- Plano de Gerenciamento da mudança: realizado inicialmente e revisado a cada reunião do comitê. Alguns pontos que podem constar nesse plano:
 - como será feita a comunicação com os operadores que não fazem parte da equipe do projeto piloto e com os demais empregados.
 - avaliação dos problemas de infraestrutura física que possam afetar a implantação, problemas comportamentais e de relacionamento.

f) Passo 6: Reunião de lançamento com equipe e Treinamento Básico

Com os cinco primeiros passos executados, alguns dos principais pontos sobre a implantação da carta CEP já estarão definidos, facilitando o início dos trabalhos com os operadores.

Nesse passo, sugere-se uma reunião formal com todos os envolvidos no piloto, para explicar com detalhes o objetivo do projeto piloto, a parte do processo e a variável escolhidos e os motivos dessas escolhas, para mostrar o suporte que está sendo dado pelos líderes e mostrar o roteiro de implantação com as datas definidas pelo comitê de acompanhamento. Também nessa reunião, deverá ser feito um treinamento básico para todos da equipe, com exercícios práticos mostrando onde os conceitos e técnicas serão aplicados no caso real e como irão impactar no dia-a-dia da operação. O treinamento pode ser feito pelo próprio facilitador, com ou sem apoio do especialista, que poderá usar o vocabulário e expressões do processo produtivo comumente usados pelas equipes operacionais, facilitando a comunicação. Os conceitos a serem mostrados no treinamento da equipe devem ser os mesmos utilizados com os líderes.

g) Passo 7: Validação da cadeia de medição

Iniciado oficialmente o piloto, no passo sete deverá ser feita a verificação da medição da variável priorizada no passo quatro. De acordo com a variável escolhida essa validação poderá envolver áreas como instrumentação e laboratório de análises.

O objetivo é determinar se a variabilidade da medição possui ou não contribuição significativa na variabilidade do processo podendo interferir nas decisões a serem tomadas quando do uso da carta CEP pelos operadores.

Caso necessário, o facilitador poderá ter o auxílio do especialista para planejar e executar as validações necessárias. Alguns pontos a serem validados nesse passo:

- Se o instrumento ou padrão possui discriminação adequada.
- Se o sistema de medição possui uma resolução efetiva.
- Se a medição é estável, em condição de um ensaio de repetições.
- Se a variação apresentada pela medição está coerente com a variação que se espera do processo, isto é, a variação não deve vir preponderantemente da medição.

h) Passo 8: Escolha do tipo da Carta de Controle

A principal recomendação para essa passo é de se iniciar de modo simples, por exemplo, para variáveis contínuas podem ser usadas as cartas clássicas de médias (no caso de haver subgrupos) ou de valores individuais. Caso seja necessário, pela característica do processo, outros tipos de carta de controle podem ser empregados. O facilitador e o especialista devem ser os responsáveis pela escolha da carta, sua construção e cálculo dos limites de controle. Os principais pontos a serem considerados na escolha do tipo da carta de controle:

- Se os dados ao longo do tempo estão ou não autocorrelacionados.
- Se os dados são variáveis ou atributo.
- Se para a leitura de cada ponto é necessário repetição e se há subgrupo ou não.
- Se as mudanças da média da variável, a serem detectadas são grandes ou pequenas.

i) Passo 9: Escolha da ferramenta para Carta de Controle

Esse passo é fundamental para que o uso da carta de controle pelas equipes operacionais seja feito de um modo fácil e prático.

É importante que se use os recursos já existentes na fábrica e que sejam de uso habitual dos operadores. Não há solução única que sirva para todos os casos, por exemplo, a típica carta de

controle feita em papel com preenchimento manual pelos operadores não foi bem aceita para uso em uma planta química. Como já foi ressaltado, em fábricas químicas o número de operadores responsáveis pela sala de controle é reduzido e qualquer tarefa a mais pode acarretar sobrecarga de trabalho. Na Figura 4.5 está ilustrada uma típica sala de controle de uma fábrica química, onde há somente um operador para cuidar da fabricação, que em sua grande parte é automatizada. Nesse exemplo da empresa X, há 9 monitores na mesa mostrando tendências das variáveis, posição dos controladores e indicadores da produção. Ao fundo há um painel com seis gráficos com tendências de variáveis do processo e há um local destinado para a carta CEP, para uma ou mais variáveis escolhidas para serem monitoradas.

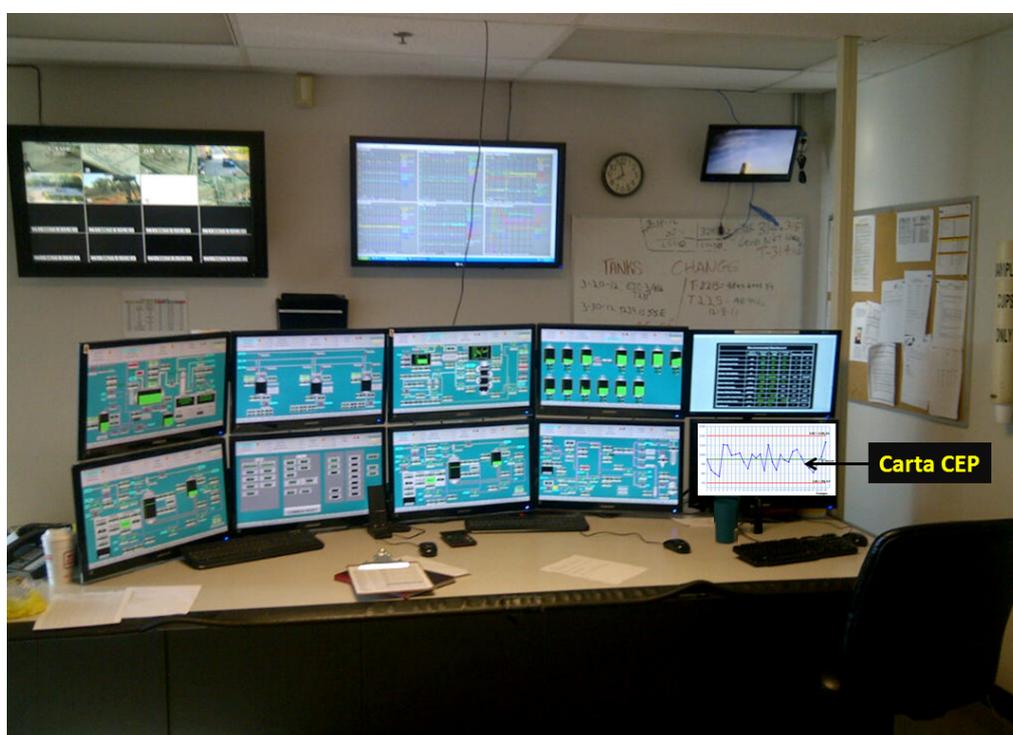


Figura 4.6 : Sala de controle típica de uma planta química mostrando os monitores para acompanhamento do processo e da carta CEP.

O uso dos computadores na sala de controle é um fato corriqueiro e bem aceito pelas equipes operacionais em fábricas químicas. Os dados devem ser mostrados se possível em tempo real (*on-line*), para que sejam realmente úteis durante a operação. Em tempo real se entende a disponibilização imediata dos dados do processo na carta de controle e não construção posterior dos dados para análise.

Existem aplicativos comerciais dos próprios fornecedores dos sistemas de controle que geram cartas de controle *on-line*. Pode-se também desenvolver aplicativos específicos para que se

comuniquem com um determinado sistema numérico de aquisição de dados ou aceite entrada manual de dados.

Alguns cuidados a serem levados em conta na escolha da ferramenta para a carta CEP a ser usada pelos operadores:

- Estar dentro da sala de controle, o mais próximo possível dos operadores responsáveis pela etapa do processo escolhida para o uso de carta CEP.
- Ser em língua portuguesa, para facilitar o entendimento e mudança da cultura.
- Se for usado computador, a carta CEP deve ser mostrada em um monitor dedicado, para que possa ser visualizada em tempo integral pelos operadores. Na tela dedicada à carta CEP pode haver diversas cartas, mas que devem estar sempre sendo mostradas aos operadores. Não se recomenda que a carta CEP seja mais uma tela entre as demais tendências de acompanhamento da fábrica. Apesar de não ser recomendado, devido ao excesso de trabalho manual, o registro manual da carta CEP, por exemplo, em um quadro branco, deve obrigatoriamente contemplar o registro dos dados para composição de histórico.
- A ferramenta deve permitir o registro das ocorrências no caso de causas especiais. Esses registros devem ser fáceis de serem consultados para posterior análise. Para cada registro deve ser armazenado data e horário, o valor da ocorrência e as observações digitadas pelo operador.
- Deverá ser feito período de adaptação e treinamento com a ferramenta, antes de ser colocada para monitorar o processo.

j) Passo 10: Atualização de procedimentos e padrões de operação

Nesse passo da implantação da carta CEP, alguns eventos já devem ter ocorrido:

- Existência de uma variável escolhida sendo mostrada graficamente em um monitor na sala de controle, dedicado especialmente para essa finalidade, próximo ao posto de operação.
- Os operadores estarem cientes da abordagem da carta CEP e acompanharem seu comportamento.

Deve-se então começar a integrar os eventos detectados pela carta CEP nos procedimentos de operação da fábrica.

Essa tarefa de revisão dos procedimentos para os casos de deriva e instabilidade deve ser feita de modo colaborativo, unindo a experiência de todos os operadores. Deve-se investir o tempo necessário para essa revisão. A pesquisa mostrou uma duração de um a três meses para essa revisão, envolvendo todas as equipes de turno envolvidas. A sequência de ações no caso de falta de estabilidade comporá um guia de ação corretivo a ser usado pelas equipes. Além da equipe do projeto piloto de implantação, sugere-se envolver o maior número de operadores que podem contribuir com sua experiência na etapa do processo em questão. O procedimento deverá ser formalizado perante o comitê de acompanhamento e demais lideranças da empresa.

k) Passo 11: Elaboração do procedimento para alteração dos limites de controle

Esse passo é fundamental para sustentar o uso da carta CEP. Deve ser definido em qual período e quais condições os limites de controle devem ser alterados na carta CEP. Esse procedimento deverá ser feito em conjunto com a equipe operacional, o facilitador e o responsável técnico da área podendo ter o apoio de um especialista. A recomendação é que a identificação da necessidade de alterar os limites de controle tenha o envolvimento dos operadores, mas que o cálculo em si seja de responsabilidade do facilitador ou responsável técnico. Em uma planta química, alguns eventos podem ocasionar a mudança dos limites de controle estatístico:

- Alteração do regime de produção, no caso de plantas contínuas.
- Mudança de um equipamento ou instrumento devido à necessidade de manutenção ou projeto de melhoria.
- Paradas da planta para manutenções.

l) Passo 12: Treinamento para reciclagem CEP e procedimento operacional

O objetivo é planejar como será feito o treinamento dos demais operadores, operadores novos e futuros facilitadores sobre os conceitos do CEP e sobre a utilização da carta CEP e executar o treinamento. Alguns pontos a serem observados para o treinamento:

- Material de treinamento ser padronizado.
- Treinamento ser de modo simples e prático, mostrando o valor do uso da carta CEP no dia-a-dia dos operadores e da produção.
- Incorporar, se for o caso, módulo de resolução de problemas (por exemplo, análise dos 5 porquês, diagrama de causa-efeito).
- Incorporar treinamento no catálogo de treinamentos oferecidos na empresa.

- Incluir treinamento na matriz de habilidades dos operadores de sala de controle.

m) Passo 13: Elaboração de Audit para acompanhamento

Após a implantação, recomenda-se que seja feita avaliação da implantação e do uso das cartas CEP usando uma grade de avaliação pré-estabelecida, que leve em conta se todos os fatores de sucesso considerados nos passos do roteiro de implantação foram obedecidos.

Essa grade deve considerar se todos os fatores de sucesso estão presentes ou foram considerados. No Anexo 1, há um exemplo desenvolvido pela empresa para iniciar o ciclo de *audit* das cartas CEP implantadas.

Outros pontos que podem ser considerados para o audit é a

- Visita de alguns líderes à sala de controle, para entrevistar os operadores e fazer perguntas à respeito da carta CEP, quais as ações que tomam quando de um ponto indicado como fora de controle ou onde está o procedimento operacional da etapa do processo, etc.
- Perguntas aos supervisores como estão sendo feitos os registros dos pontos identificados como causa-especial e como estão sendo tratados.

5**CONSIDERAÇÕES FINAIS****5.1 Síntese dos resultados práticos**

A Pesquisa-Ação proposta tinha como objetivo investigar, partindo do conhecimento do senso comum, quais fatores críticos de sucesso seriam relevantes para implantar de modo continuado o uso pelas equipes operacionais de uma planta química, de carta de controle estatístico de processo (carta CEP) e propor um roteiro de implantação, considerando os fatores identificados.

A planta química objeto do estudo, pertencente a uma empresa multinacional do ramo químico, havia iniciado a implantação da carta CEP no passado, porém sem sucesso. Ao contrário, aparentemente havia criado na população operacional o sentimento de que essa iniciativa não funcionava para o dia-a-dia da operação.

Na pesquisa, primeiramente se investigou o histórico do surgimento da carta CEP, principalmente nos que se refere aos conceitos que ele trouxe para a indústria. Em seguida se mostrou como foi a evolução dessa iniciativa nos Estados Unidos, antes e após a Segunda Guerra Mundial e após o advento do Gerenciamento da Qualidade Total, com o uso desses conceitos na indústria japonesa no pós-guerra.

Em seguida foi feito um paralelo com o uso das cartas CEP na indústria brasileira, particularmente a indústria química. Constatou-se que a indústria química brasileira conheceu os conceitos a partir da década de 80. E, apesar da defasagem tecnológica, ocasionada grande parte pela reserva de mercado de informática, estava começando a adotar a carta CEP para melhorias e monitoramento dos seus processos.

Para estabelecer um referencial teórico, foram investigados estudos de autores a partir da década de 90. Escolheu-se o referencial teórico a partir de 2 autores. Foram escolhidos inicialmente 12 fatores críticos de sucesso para serem testados e detalhados durante a pesquisa-ação:

1. Uso de um projeto piloto.
2. Uso de facilitadores.
3. Trabalho em equipe.
4. Avaliação do sistema de medida.
5. Escolha da Carta de Controle adequada.
6. Mudança da cultura organizacional.
7. Escolha da característica de desempenho ou parâmetro do processo..

8. Engajamento da liderança.
9. Documentação e atualização do conhecimento sobre o processo.
10. Treinamento em Controle Estatístico de Processo.
11. Definição do Processo a ser focado.
12. Uso de computadores e pacotes informáticos.

A pesquisa-ação testou durante dois anos em uma planta química brasileira os fatores acima e identificou outros que são críticos para ter a implantação efetiva e o uso sustentado de Carta CEP.

O primeiro resultado prático foi a constatação de que todos os fatores citados e compilados da literatura são de fato críticos para o sucesso da implantação das cartas CEP em uma planta química. Cada um dos fatores foi testado na prática, o que auxiliou na confecção de um roteiro para orientar a implantação e a continuidade do uso por equipes de operação (Figura 4.2).

O roteiro descreve uma sequência de passos, com detalhes de como operacionalizar cada um dos fatores e observações levantadas ao longo da pesquisa. Por exemplo, no fator “Engajamento da Liderança” foi comprovado que o fato de conhecer a história da empresa, dos líderes e operadores com o assunto é fundamental para o sucesso das demais etapas e da implantação como um todo.

Após o engajamento, que compreende os líderes saberem realmente o que é um controle estatístico de processo, outro fator constatado pela pesquisa é esclarecer e definir real objetivo da carta CEP no dia-a-dia da planta química.

O pesquisador, por experiência própria não recomenda a adoção da Carta CEP com o objetivo de ser uma metodologia de resolução de problemas. Para isso existem atualmente metodologias (como Seis Sigma) que ajudam a identificar entre as causas comuns quais as que mais interferem na variabilidade da saída do processo ou características do produto final.

Não é prático e nem viável a análise gráfica de inúmeras variáveis procurando relações de causa-efeito. Ainda como resultado da pesquisa-ação, há a constatação de que os operadores de uma sala de controle de uma planta química possuem uma rotina diária com inúmeras tarefas, sem tempo e sem o recuo necessário para encontrar entre inúmeras variáveis um efeito causal através de análises gráficas ou estatísticas.

O uso das cartas de controle estatístico de processo para análise de dados históricos é uma realidade, atualmente mais utilizada por engenheiros e técnicos e, no futuro, poderá ser mais um recurso dos operadores de uma sala de controle.

Para o monitoramento, tal como foi o caso da pesquisa-ação, as cartas CEP são comprovadamente úteis para as equipes operacionais, quando agregadas a sua rotina diária.

As escolhas da parte do processo e da variável a ser acompanhada devem ser feitas previamente, com envolvimento dos líderes e deve ser investido o tempo necessário para se discutir e chegar a uma boa escolha do que se deseja usar.

Outra particularidade identificada foi a necessidade de que a carta CEP esteja ao lado do operador e que esteja constantemente sendo exibida. No caso de monitores de computador, deve ser um monitor exclusivo para a carta CEP. Essa particularidade foi descrita no item “Escolha da ferramenta para a carta de controle”.

Fora do contexto da pesquisa, o roteiro de implantação foi testado em outras plantas químicas da mesma empresa e se constatou que para os mesmos fatores críticos identificados o esforço feito em cada fase pode diferir, dependendo da história e características da planta química que será foco. Como exemplo, em uma planta onde o roteiro foi testado o “fator ferramenta a ser utilizada” teve como solução o sistema informatizado comercial de coleta de dados que a planta já possuía e que já tinha como recurso cartas CEP construídas em tempo real.

Alguns detalhes práticos vindos da pesquisa-ação serão úteis para implantação da iniciativa na própria empresa ou em outras plantas químicas. As ações implantadas durante a pesquisa-ação contribuiu para mudança na cultura e comportamento dos operadores da planta objeto do estudo, além do desdobramento da iniciativa em outras plantas da empresa. Em termos de resultados financeiros houve a melhoria em 3,3% na redução do consumo de gás natural da unidade de secagem, com ganhos recorrentes de aproximadamente 150 mil, dólares por ano, o que confirma as previsões de Shewart e depois Deming, de que para manter um processo competitivo deve se conhecer a variabilidade do processo e reduzi-la.

5.2 Limitações da pesquisa e recomendações para pesquisas futuras

A pesquisa se limitou a uma única planta química, com características tecnológicas próprias e com histórico de uso de carta CEP no passado. Pode-se investigar a relevância dos fatores citados em plantas químicas onde não há o histórico ou prévio conhecimento do uso de carta CEP pelos líderes e equipes operacionais.

A planta química pesquisada possuía principalmente operações unitárias semi-contínuas, com uma equipe de operadores que supervisionavam atividades de campo. Pode-se investigar a

diferença da implantação em plantas químicas predominantemente contínuas, com número menor de operadores de campo.

Outra oportunidade seria a respeito do engajamento da liderança, seu conhecimento dos princípios do pensamento estatístico, o valor dado às medições e interpretação de dados estatísticos nas decisões gerenciais tomadas no dia-a-dia.

Outra abordagem, fora do contexto da indústria química, que poderia compreender indústrias de diferentes segmentos, seria quanto ao impacto do nível cultural dos operadores brasileiros, com suas características da educação de base e profissional no uso de metodologias e ferramentas que necessitem a interpretação de dados numéricos.

Espera-se com essa pesquisa, contribuir para a indústria química brasileira em um assunto pouco abordado e que, no entanto, pode trazer significativos benefícios econômicos e no desenvolvimento das pessoas. Apesar de ser aparentemente simples e antigo, a aplicação das cartas CEP no mundo real deve levar em conta aspectos não técnicos que são determinantes para o sucesso de seu uso de modo contínuo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.R.; PINTO, A.C. Uma breve história da química Brasileira. **Ciência e Cultura**, v. 63, p. 41-44, 2008.
- ANTONY, J. Ten key ingredients for making SPC successful in Organizations. **Measuring Business Excellence**, v. 4, n. 4, p. 7-10, 2000.
- ANTONY, J; TANER, T. A conceptual framework for the effective implementation of statistical process control. **Business Process Management Journal**, v. 9, n. 4, p. 473- 489, 2003.
- ASQ/AIAG **Statistical Process Controls (SPC) Reference Manual**, 1992
- ASQ/AIAG **Measurement Systems Analysis Reference Manual**, Third Edition, 2002
- BEST, M. ; NEUHAUSE, D. Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. **Quality, Safety and Health Care**, n. 15, v. 2, p. 142–143, 2006.
- BORTOLOTTI, P.H.; NEUMANN, C.S.R.; RIBEIRO, J.L.D. Etapas para implantação de controle estatístico do processo: um estudo aplicado. **XXIII ENEGEP**, 2003.
- BROMBACHER, A. C. Quality Control in the 21st Century: What Do We Need After SPC? **Quality and Reliability Engineering International**. v.22 p.731–732, 2006. Disponível em www.wiley.com . Acesso em Março de 2012.
- CABURON, J.; MORALES, D. Aplicação do controle estatístico de processo em uma indústria do setor metal-mecânico: um estudo de caso. **Anais do XIII SIMPEP**, 1996.
- CAULCUTT, R. The Rights and Wrongs of Control Charts **Applied Statistics**, v. 44, n. 3, p. 279-288, 1995.
- CAULCUTT, R. Statistical Process Control. **Assembly Automation**, v. 16, n. 4, p. 10-14, 1996.
- CHOWDHURY, J. Quality Control moves upstream in CPI plants. **Chemical Engineering** v. 93, n. 8, 1986.
- CORTIVO, Z. D. “Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Sequências Curtas de Produção e Análise Estatística de Processo Através do Planejamento Econômico” **Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Paraná**, 2005. Disponível em: <http://www.cpgmne.ufpr.br>. Acesso em Novembro de 2011
- COSTA, A.H.; LIMA, J.F.G; LIMA, M.B.F. Utilização do controle estatístico de processo: proposta de alteração do miolo da bola de futebol de campo. **Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Outubro de 2010.
- COUGHLAN, P; COUGHLAN, D. Action Research for Operation Management, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 2, p.220-240, 2002

CRUZ, R. A reserva de mercado de informática. **A TV Digital no Brasil – Tecnologia versus Política**, 2008. Disponível em www.blog.estadao.com.br/blog/cruz. Acesso em junho de 2013.

FABER, M.E.; O Desenvolvimento Econômico brasileiro e a industrialização no período Juscelino Kubitschek” **Revista Historiador**, 2010. Disponível em <http://historialivre.com/brasil>. Acesso em Junho de 2013.

FERREIRA, P. O.; MEDEIROS, P. G.; OLIVEIRA, L. M. Utilização do Controle Estatístico do Processo para o Monitoramento do peso médio de cápsulas de tuberculostáticos: um estudo de caso. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2008.

FIGUEIREDO, F. A indústria química em 2011. **Apresentação Encontro Nacional da Indústria Química**, ABIQUIM, 2011. Disponível em <http://canais.abiquim.org.br>. Acesso em Janeiro de 2013.

FNQ. Fundação Nacional da Qualidade. Disponível em <http://www.fnq.org.br/sobre-a-fnq/historia>. Acesso em Janeiro de 2012

GALUCH, L. Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufatureiras”. **Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina**, 2002

GALLAGHER, W.M. SPC application in the chemical industry **IEE Colloquium on Applied Statistical Process Control**, p. 4/1-4/2, 1990. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=1797>. Acesso em Janeiro de 2011.

GIL, E. A indústria química no Brasil em 2013. **Seminário Estadual: A Indústria Química em SP**, ILAESE, 2013. Disponível em www.ilaese.org.br . Acesso em Junho de 2013

HADRESKT, J.L. **Aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade Guia Prático para implantação do controle estatístico de processo – CEP**. Trad. Maria Cláudia de Oliveira Santos, São Paulo Mc Graw-Hill, 1989.

HACQUEBORD, H.; **Pensamento Estatístico para Líderes**, Rhodia, 1988.

HASLEGO, C. Apply Process Control with Intelligence. **Chemical Engineering** v. 3, n.1, 2000

HOWARD, D. **The basics of statistical process controle & process behaviour charting – A user’s Guide to SPC**, Management-NewStyle, 2003.

INDEZEICHAK, V.; LEITE, L.M.G. Dificuldades para implantação do controle estatístico de processo (CEP). **XII SIMPEP**, 2005.

JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. **Juran’s Quality Handbook** 5th Edition McGraw-Hill, 1998

LAMAN, S.A. Clearing SPC Hurdles **Quality Progress**, Novembro de 2008. Disponível em <http://asq.org/quality-progress/2008/11/back-to-basics/clearing-spc-hurdles.html>. Acesso em Janeiro de 2011.

LANGDON, R. SPC for Operator Control, **Automotive Excellence**, ASQ Auto Division Publication, Spring 2006.

LEVINSON, W.A. **Statistical Process Control for Real-World application**; CRC Press, 2011.

LINO, H.S.; MOURA, G.G.; FERNANDES, S.M. Aplicação de controle estatístico de processo e análise de falhas em manufaturas de motores elétricos. **Anais do XXVIII ENEGEP**, 2008.

MARTIN, T. Shewhart Charts & Pre-Control: rivals or teammates? **ASQC Statistics Division Newsletter**, v.13 n.3, 1999. Disponível em: <http://asq.org/statistics/2011/07/continuous-improvement/shewhart-charts-pre-control-rivals-or-teammates.pdf>. Acesso em Março 2012.

MARTINS, R.A. In: CAUCHICK MIGUEL, P.A. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, Campus, c.1, p.5-61, 2010.

MATTOS, A.C.; VASCONCELLOS, H. Reserva de Mercado de Informática – O Estado da Arte. **Revista de Administração de Empresas**, n. 28, p. 75-78, 1988.

MILAN, M.; ALVES, R.; FERNANDES, T. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 261-266, 2002.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**, Wiley, 2009.

MORABITO, R.; PUREZA, V. In: CAUCHICK MIGUEL, P.A. et al. **“Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações”** Campus, c. 8, p. 164-192, 2010.

MURMANN, J.P. Chemical Industries after 1850. **Oxford Encyclopedia of Economic History**, 2002. Disponível em www.professor-murmann.net/Murmann_OEEH.pdf. Acesso em Dezembro de 2012.

OAKLAND, J.S. **Statistical Process Control**. Elsevier, 2003.

OLIVEIRA, T.S.; LIMA, R.H.P. Aplicação do controle estatístico de processo na mensuração da variabilidade em uma usina de etanol. **INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, v. 3, n. 6, p. 22-33, 2010.

OLIVEIRA, E.A.A.Q; JUSTO, L.L.; SANTOS, V.S.; QUINTAIROS, P.C.R. Aplicação do Controle Estatístico de Processo em uma Indústria Química: uma contribuição para o desenvolvimento local. **XLIV Asamblea Anual Consejo Latino Americano de Escuelas de Administracion**, 2009. Disponível em http://www.ascolfa.edu.co/memorias/MemoriasCladea2009/upac01_submission_147.pdf. Acesso em Maio de 2012.

OLIVEIRA, H.P.; LOPES, M.F.S.; BANDEIRA, A.A. Proposta de Modelo Simplificado para Implantação do Controle Estatístico de Processo (CEP) na Indústria Química/Petroquímica de

Processo Contínuo. **Anais XI SIMPEP** (2004). Disponível em www.simpep.feb.unesp.br/
Acesso em 01 de Março de 2012.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade no Processo**. Editora Atlas, 1995.

PHYANTHAMILKUMARAN S.Z.. FERNANDO Y. The role of cultural change in the relationship between critical factors with the success of Statistical Process Control (SPC) projects. **Proceedings of Annual London Conference on Money, Economy and Management**, 3-4 Temmuz 2008, Imperial College, London.

PUPO, M.S. Interface homem-máquina para supervisão de um CPL em controle de processos através da www. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

PREVETTE, S. Stoplights Charts (with SPC inside). **Quality Progress**, p.74-80, 2004.

QUINN, G.P.; KEOUGH, M.J. **Experimental Design and Data analysis for Biologists**. Cambridge University Press, 2002 .

RHODIA “**Uma nova filosofia gerencial – Visão, Valores, Missão e Princípios Gerenciais**”. Documento interno da Gerência de Comunicação Social, 1994.

RHODIA. **Acervo comunicação interna** . 1960. 1 fotografia.

RHODIA. **Acervo comunicação interna**, 1963 1 fotografia.

ROHANI, M.; YUSOF, M.; MOHD, M. Deriving success factors and quality and firm performance in statistical process control implementation : an Exploratory Factors Analysis (EFA) approach. **Advances in Manufacturing and Industrial Engineering**. Penerbit UTM , p. 67-92, 2008.

ROHANI, J.M.; YUSOF, S.M.; MOHAMAD, I. The Development of a Survey Instrument for Measuring a Relationship Between Statistical Process Control Success Factors and Performance. **Jurnal Mekanikal**, n. 30, p. 1-16, 2010.

RUNGASAMY,S.; ANTONY, J. ;GOSH, S. "Critical success factors for SPC implementation in UK small and medium enterprises: some key findings from a survey" **The TQM Magazine**, v. 14, n. 4, 2002.

RUNGTUSANATHAN, M. ANDERSON J.C.;DOOLEU, K.J. Towards measuring the "SPC implementation/practice" construct: Some evidence of measurement quality. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 16, n. 4, p. 301 – 329, 1999.

RUPA M., EVANS, J.R.,Critical success factors for implementing statistical process control in the software industry, **Benchmarking: An International Journal**, v. 19, n. 3, p. 374 – 394, 2012.

SANTOS, A.B.; ANTONELLI, S.C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gest. Prod., São Carlos**, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011.

SILVA, W.V.; SAMOBYL, R.W.; SOUZA, A.M.; SILVA, L.S.C.V. Aplicação do Gráfico de Controle Ewma no Processo Produtivo de uma Indústria de Alumínio: Um Estudo de Caso. XI SIMPEP, 2004.

SCARATTI, D.; SILVA, M.B. Implantação de ferramentas de controle estatístico de processo no ensaio de farinha de soja integral micronizada. **Unoesc & Ciência – ACET**, v. 1, n. 1, p. 39-48, 2010.

SCHISSATTI, M.L. Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)**. UFSC, 1998.

SCHERKENBACH, W.W. O Caminho de Deming para a qualidade e produtividade: rotas e mapas, Qualitymark, 1991.

SHEWART, W.A. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control**, Reprint of originally published in 1937; Dover Publications, 1986.

SLEZYNGER, H. O Pacto Nacional da Indústria Química: Avanços **Apresentação Encontro Nacional da Indústria Química**, ABIQUIM, 2011. Disponível em <http://canais.abiquim.org.br/enaiq2011/>. Acesso em Janeiro de 2013.

SMITH, G. M. Statistical Process Control and Quality Improvement, Prentice Hall Inc., 1998.

STAPENHURST, T. **Mastering Statistical Process Control-A Handbook for Performance Improvement Using Cases**, Elsevier, 2005.

STOUMBOS, Z. G.; REYNOLDS JR. M. R.; RYAN, T. P. & WOODALL, W. H. “The State of Statistical Process Control as We Proceed into the 21st Century” **Journal of the American Statistical Association**, v. 95, n. 451, p. 992-998, 2000.

THIOLLENT, M., **Metodologia da Pesquisa-ação**, Cortez Editora, 1985.

TOLEDO, E.C.; CANAVEZI, M. C.; SOARES, S. L “Diretrizes Básicas para Implantação do Controle Estatístico de Processos”, **Qualidadeonline’s Blog**. Disponível em <http://qualidadeonline.files.wordpress.com/2009/11/diretrizes-basicas-para-implantacao-do-cep.pdf>. Acesso em Março de 2012.

TURNER, G.R.;HADFIELD, R.P. Total Quality Management in the Chemical Industry: Strategies for Success, **Royal Society of Chemistry**, 1994.

TURRIONI, J.B.; PEREIRA MELLO, C.H. In: CAUCHICK MIGUEL, P.A. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, .c. 8, p. 164-192, 2010.