

HAROLDO JOSÉ SIQUEIRA DA IGREJA

**APLICAÇÃO DE CARTAS DE CONTROLE NO SISTEMA DE TRANSPORTE MARÍTIMO DE SUPRIMENTOS  
"OFFSHORE"**

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do  
título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração :  
Engenharia Oceânica

Orientador :  
Prof. Dr. Rui Carlos Botter

São Paulo  
1997

LPS-88F 2012/10

HAROLDO JOSÉ SIQUEIRA DA IGREJA

**APLICAÇÃO DE CARTAS DE CONTROLE NO SISTEMA DE TRANSPORTE MARÍTIMO DE SUPRIMENTOS  
"OFFSHORE"**

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do  
título de Mestre em Engenharia.

São Paulo  
1997

Universidade de São Paulo  
Escola Politécnica  
FD-2118

Aos meus colegas da Escola Politécnica e da  
PETROBRÁS e aos professores que me ajudaram  
durante o curso

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Rui Botter pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

Ao Prof. Marcos Brinati pelas minhas recorrentes consultas sempre atendidas

À minha esposa e meu filho pela compreensão e paciência.

À todos que direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.



## SUMÁRIO

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1. - A Demanda por petróleo.....	1
1.2. - A vulnerabilidade do Suprimento de petróleo.....	1
1.3. - Perspectivas mundiais para a exploração e produção.....	3
1.4. - Perspectivas de exploração, perfuração e produção no Brasil.....	5
1.5. - O Sistema Logístico nas atividades de exploração e produção de petróleo "offshore".....	9
1.6. - Objetivos do Trabalho.....	15
1.7. - Delineamento da pesquisa.....	16
CAPÍTULO 2 - SISTEMA LOGÍSTICO DE APOIO MARÍTIMO À EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.....	17
2.1. - Atividades-chaves para obtenção dos objetivos logísticos.....	18
2.2. - Transporte de Suprimentos.....	19
2.3. - Sistema de Suprimentos.....	20
2.4. - Processos Críticos do Sistema de Suprimentos.....	23
2.4.1. - Processos de solicitação de transporte de materiais.....	24
2.4.2. - Processos de programação do atendimento às solicitações de embarque.....	25
2.4.3. - Processos de desembarque de materiais no porto.....	27
2.4.4. - Processos de embarque de materiais no porto.....	28
2.4.5. - Outros processos críticos no porto.....	28
2.4.6. - Processos de deslocamento da embarcação do porto para o campo.....	29
2.4.7. - Processo de chegada da embarcação à unidade marítima.....	29
2.4.8. - Processos de deslocamento da embarcação entre unidades marítimas.....	31
2.4.9. - Processo de mudanças de programação no campo.....	31
2.5. - Motivação para a Pesquisa.....	32
CAPÍTULO 3 - CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS.....	34
3.1. - A origem do controle estatístico de processos.....	34
3.2. - Métodos de solução de problemas em processos produtivos.....	40
3.3. - Variações do processo.....	47
3.4. - Padrão Técnico de Processo.....	48
3.5. - O Método PDCA.....	50
3.6. - A Carta de Controle.....	55
3.7. - A coleta de dados da amostra.....	60
3.8. - Seqüência do acompanhamento do processo.....	62

Capítulo 4 - APLICAÇÃO DA CARTA DE CONTROLE NO PROCESSO "VELOCIDADE DE IDA" DO SISTEMA DE TRANSPORTE MARÍTIMO DE SUPRIMENTOS "OFFSHORE" .....	64
4.1. - Escolha do processo : "Velocidade de ida " .....	65
4.2. - Possibilidade de ganhos na "Velocidade de Ida" .....	69
4.3. - Estudo das variações na "Velocidade de Ida" .....	70
4.4. - Estudo dos fatores e causas da variação da "Velocidade de Ida"...	74
4.4.1. Fatores significativos que atuam na navegação .....	75
4.4.1.1. Fatores internos significativos.....	75
4.4.1.2. Fatores externos significativos.....	76
4.4.2. Causas das variações que atuam na navegação .....	76
4.4.3. Causas dos dados dos fatores que afetam a "Velocidade de Ida" .....	78
4.4.3.1. Coleta horária de dados de fatores ambientais .....	79
4.4.3.2. Coleta por evento de dados de fatores.....	84
4.4.3.3. Coleta mensais de dados de fatores .....	84
4.4.3.4. Coleta anual de dados de fatores .....	85
4.4.4. Considerações sobre a coleta de dados.....	87
4.5. - Verificação das variações da "Velocidade de Ida" .....	89
4.5.1. - Identificando o problema que leva as variações anormais da "Velocidade de Ida" .....	90
4.5.2. - Verificação das Causas Prováveis das variações anormais na "Velocidade de Ida" .....	90
4.6. - Plano de ação para eliminação da Causa Fundamental das variações anormais na "Velocidade de Ida" .....	94
4.6.1. - Novas medições após a eliminação da Causa Fundamental .....	96
4.7. - Padronização do processo "Velocidade de Ida" .....	97
4.8. - Resultado da avaliação do processo "Velocidade de Ida" .....	99
CAPITULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	100
5.1. - Contribuições.....	100
5.2. - Conclusões .....	101
5.3. - Limitações.....	102
5.4. - Continuidade.....	103
A. CARTAS DE CONTROLE .....	104
A.1. - Introdução .....	104
A.2. - Tipos de Carta de Controle .....	105
A.3. - Cartas de Controle de variáveis .....	105
A.4. - Cartas de Controle de atributos .....	107
A.5. - Fases de construção da Carta de Controle.....	110
B. MINITAB .....	115
B.1. - Introdução .....	115
B.2. - Exemplo de aplicação nº 1 - Estatística Descritiva .....	115
B.3. - Exemplo de aplicação nº 2 - Montagem da Carta de Controle .....	117
B.4. - Exemplo de aplicação nº3 : "Stem-and leaf" .....	119

B.5. - Exemplo de aplicação nº4 : "Boxplot" .....	120
B.6. - Exemplo de aplicação nº5 : Correlação e regressão linear .....	122
B.7. - Exemplo de aplicação nº7 : Diagrama de Pareto .....	124
C - MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	128
C.1. - Introdução .....	128
C.2. - Aplicação ao problema de suprimentos da Bacia de Campos .....	137
D - TERMINOLOGIA .....	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	162

## RESUMO

A atividade marítima de exploração e produção de petróleo vem sofrendo profundas mudanças em função da queda dos preços do petróleo à nível mundial, exigindo que um rigoroso acompanhamento dos diversos processos para melhorar o seu desempenho .

A gerência do transporte marítimo de apoio às plataformas muitas vezes necessita de medidas de desempenho do sistema de transporte e das diversas embarcações que compõem a frota que possibilitem, com rapidez, tomar decisões que refletirão no nível dos serviços de apoio.

O presente trabalho consiste na dissertação da aplicação da carta de controle como um método de acompanhamento de processos do um sistema de transporte de suprimentos à Unidades Marítimas de petróleo, de forma a possibilitar uma ação gerencial nas causas especiais que afetam os processos.

## ABSTRACT

The sea oil industry has been suffering fast and deep changes due the downward oil price level, making mandatory to follow the main processes to get better performance.

The support staff of offshore operations many times needs to have measurements of the offshore transport system and of each supply vessel that compounds the fleet , in such manner that the staff may take decisions promptly.

The present work consist to explain how to apply Control Chart as a ease and fast method to follow offshore supply transport processes, in a way that the staff can to manager with action plans directly on chance causes wich is affecting the processes..

## LISTA DE ABREVIATURAS

- $\mu\text{m/ano}$  Taxa anual de rugosidade
- 5W1H Planilha O que, quando, quem, onde, por que e como.
- AHR Rugosidade local média do casco
- AQL Nível de qualidade aceitável
- b/d Barril/dia
- bbl Barril
- BHP Potência de freio dos motores diesel em HP
- BOP Conjunto estrutural de cabeça de poço de petróleo
- BSRA Associação Britânica para a pesquisa de embarcações
- CEI Comunidade dos Estados Independentes
- CEP Controle Estatístico de Processo.
- CF Fator de correção para a soma dos quadrados
- CV Cavalo - Vapor (Potência)
- DCL Limite de controle inferior
- DSL Limite de especificação inferior
- DOE Engenharia de Experimentos
- E&P Exploração e Produção de petróleo
- EVOP Operação Evolucionária
- EXCELL Programa de cálculos com planilhas de dados
- FPS Sistema de produção flutuante
- FPSO Navio de transbordo e armazenamento de petróleo
- GENPO Gerência de Produção de Óleo
- GETRAN Gerência de Transportes
- GT Grupo de Trabalho
- IHP Potência Indicada dos motores diesel em HP
- ISO 9000 Grupo de normas para certificação de processos produtivos

- ISO Organização Internacional para a Padronização
- KW quilowatt (Potência)
- LNG Gás natural liqüefeito
- MASP Método de Análise e Solução de Problemas
- MIL-STD Normas Militares Americanas
- MINITAB Programa de resolução estatístico
- MVT Teste da Multivariabilidade
- NBR Normas Brasileiras
- OECD Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- PAA Plano Anual de Avaliação
- PDCA Planejar - Fazer -Checar - Agir
- PETROBRÁS Petróleo Brasileiro S.A.
- PF Plataforma Fixa
- QS 9000 Quality Standards - Normas baseadas na ISO 9000
- SDCA Similar a PDCA
- SS Soma dos quadrados dos valores
- SSM Soma dos quadrados
- TLP Plataforma de pernas atirantadas
- TQM Gerência da Qualidade Total
- UCL Limite de controle superior
- UM Unidade Marítima da atividade petrolífera
- USL Limite de especificação superior
- Xbarra Média da amostra
- Xbarra-R Carta de Controle de média e amplitude da amostra
- Xbarra-s Carta de Controle de média a desvio padrão da amostra

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\mu$  Média aritmética da população
- $\beta$  Erro tipo II. Risco de aceitar uma hipótese falsa
- $\sigma$  Desvio padrão da população
- $\overline{np}$  Média das Unidades defeituosas
- $\bar{u}$  Média de defeitos na amostra
- $\bar{c}$  Média do número de defeitos na amostra
- $\bar{p}$  Média dos percentuais defeituosos
- $\alpha$  Erro tipo I. Risco de rejeitar uma hipótese verdadeira
- $\sum X$  Soma dos valores das amostras
- $\mu\text{m}$  Micron. Medição de rugosidade
- $c$  Número de defeitos na amostra
- $d_f$  Graus de liberdade
- $H_0$  Hipótese nula
- $k$  Constante de aceitabilidade
- $m$  metros
- $n$  Tamanho da amostra
- $np$  Unidades defeituosas
- $p$  Percentual defeituoso
- $Q_L$  Índice de qualidade para uso na MIL-STD-414
- $Q_U$  Índice de qualidade para uso na MIL-STD-414
- $R$  Amplitude da amostra
- $\bar{R}$  Média das amplitudes das amostras
- $r$  Coeficiente de correlação
- $R\text{-sq}$  Índice de Correlação. Similar a  $(100.r^2)$
- $s$  Desvio padrão da amostra



- $\bar{s}$  Média dos desvios das amostras
- $t$  Coeficiente da distribuição de "Student" (Gosset)
- $u$  Número de defeitos na amostra
- $V$  Variância
- $\overline{\bar{X}}$  Média das médias das amostras
- $\bar{X}$  Média das amostras
- $z$  Coeficiente da distribuição normal

## LISTA DE FIGURAS

	pag.
Figura 1.1. Previsão de demanda mundial de petróleo	2
Figura 1.2. Sondagens de perfuração no período 79-94	4
Figura 1.3. Previsão mundial de plataformas perfurando	5
Figura 1.4. Reservas de óleo e gás do Brasil	6
Figura 1.5. Reservas Totais de Óleo e Condensado	7
Figura 1.6. Unidades Marítimas de Produção no Mundo	7
Figura 1.7. Variação no volume de suprimentos na perfuração	10
Figura 1.8. Variação no volume de suprimentos na produção	12
Figura 3.1. Comparação entre os processos de controle	35
Figura 3.2. Diagrama de Pareto e a distribuição das causas	37
Figura 3.3. Processo não capaz	39
Figura 3.4. Diagrama de Causa e Efeito ou de Shikawa	46
Figura 3.5. Trilogia de Juran	47
Figura 3.6. Gerenciamento pelo método PDCA	52
Figura 3.7. Carta de Controle Xbarra-R	56
Figura 3.8. Fluxograma para o acompanhamento do processo	63
Figura 4.1. Sistema de Transporte de Suprimentos "Offshore"	67
Figura 4.2. Processo de "velocidade de ida"	67
Figura 4.3. Percursos de navegação	71
Figura 4.4. Velocidade de ida da embarcação Enchova	71
Figura 4.5. Velocidade de ida da embarcação Vermelho	73
Figura 4.6. Velocidade de ida da embarcação Arraia	73
Figura 4.7. Velocidade de ventos e alturas de ondas do ano de 1995	80

Figura 4.8.	Previsão das alturas de ondas significativas	81
Figura 4.9.	Dados históricos - Porcentagens de alturas máximas de ondas ao longo do ano na Baía de Campos	83
Figura 4.10.	Medições antes do estudo das variações do processo	89
Figura 4.11.	Carta de Controle de alturas de ondas	91
Figura 4.12.	Carta de Controle de velocidade de ventos	92
Figura 4.13.	Novas medições de velocidade da embarcação	96
Figura B.1.	Teste de normalidade - velocidade - Vespertino	117
Figura B.2.	Carta de Controle da velocidade de ida do "Enchova"	118
Figura B.3.	Gráfico "Boxplot"	121
Figura B.4.	Diagrama de Pareto dos processos da "Vermelho"	125
Figura B.5.	Causas de indisponibilidades devido a propulsão	127
Figura C.1.	Item de controle : Solicitações atendidas no prazo	137
Figura C.2.	Fluxograma de dados para a localização do processo com problema	138
Figura C.3.	Número de atrasos por local	139
Figura C.4.	Número de horas perdidas por local	139
Figura C.5.	Percentuais de atrasos por embarcação, período vespertino e matutino	141
Figura C.6.	Diagrama de Causa e Efeito da embarcação Cida	145

## LISTA DE TABELAS

	pag.
Tabela 3.1. Métodos estatísticos para análise de sistemas	40
Tabela 3.2. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas	45
Tabela 4.1. Padrão Técnico de Processos de Suprimentos de UM's	68
Tabela 4.2. Dados históricos - Porcentagens de ocorrências de alturas máximas de ondas na Bacia de Campos	82
Tabela 4.3. Medições de rugosidade de embarcações de diferentes anos de idade	86
Tabela 4.4. Registros de controle da rugosidade, potência e calados	93
Tabela 4.5. Exemplo de Plano de Ação para ajustes do processo de navegação no sistema de suprimentos	95
Tabela 4.6. Diagrama 5W1H para acompanhamento da velocidade	98
Tabela A.1. Seqüência de cálculos da inspeção - MIL-STD-414	114
Tabela B.1. Dados dos fatores do processo velocidade - Vespertina	115
Tabela B.2. Dados de velocidade de ida da embarcação Enchova	118
Tabela B.3. Dados do exemplo de correlação e regressão linear	122
Tabela B.4. Coeficiente de Correlação $r$	123
Tabela B.5. Problemas e números de falhas	126
Tabela B.6. Propulsão e número de falhas	126
Tabela C.1a. Fluxograma do MASP	129
Tabela C.1b. MASP - Fase 1 - Identificação do Problema	130
Tabela C.1c. MASP - Fase 2 - Observação	131
Tabela C.1d. MASP - Fase 3 - Análise	132
Tabela C.1e. MASP - Fase 4 - Plano de Ação - Fase 5 - Execução	133
Tabela C.1f. MASP - Fase 6 - Verificação	134

Tabela C.1g. MASP - Fase 7 - Padronização	135
Tabela C.1h. MASP - Fase 8 - Conclusão	136
Tabela C.2. Embarcações com viagens com atrasos no semestre	141
Tabela C.3. Percentuais de atrasos por rotas das embarcações	143
Tabela C.4. Escolha das causas mais prováveis para os atrasos	146
Tabela C.5. Hipóteses e Testes.	148

## Capítulo 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.

### *1.1. - A Demanda por petróleo*

Estimular a atividade econômica tornou-se a maior preocupação da maioria dos países.

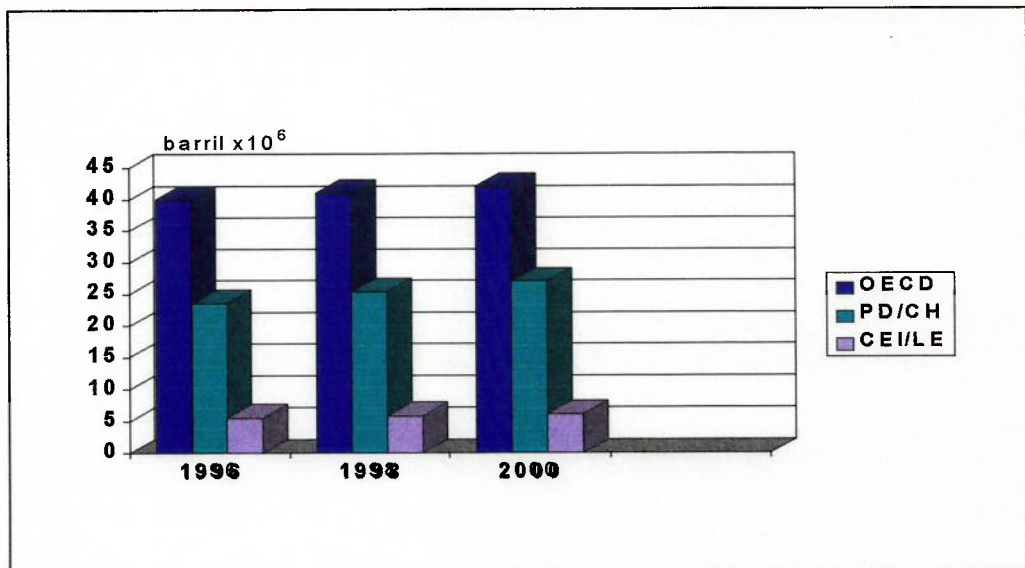
Apesar do desejo geral por outra fonte de energia que seja menos danosa e que seja renovável, parece que a economia mundial será movida principalmente pelos combustíveis fósseis, durante os próximos anos.

As economias dos países mais industrializados do mundo estão novamente em fase de crescimento, conforme cita Beck (1996).

A Figura 1.1. mostra a previsão de demanda de petróleo por classe de países. Os países em desenvolvimento e a China terão o maior crescimento até o ano 2000. Os países do Leste europeu e da Comunidade dos Estados Independentes não apresentarão crescimento significativo.

Os países membros do OECD consumirão cerca de 42,04 milhões b/d (barris por dia) de petróleo, representando um aumento de 6,8% no período 1995-2000.

Os países em desenvolvimento consumirão cerca de 27,035 milhões b/d por volta do ano 2000, representando um aumento de 19,6% no período 1995-2000.



**Figura 1.1. Previsão de demanda mundial de petróleo**  
(Fonte : Beck, 1996).

Legenda:

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development - Organização dos 29 países mais desenvolvidos do mundo, filiados no período 1961-1996.

PD - Países em desenvolvimento

CH - China

CEI - Comunidade dos Estados Independentes

LE - Países do Leste Europeu

### **1.2. - A vulnerabilidade do Suprimento de petróleo**

Os eventos políticos do Oriente Médio geram impactos no sistema mundial de suprimento de petróleo. Isto ficou evidente durante a invasão do Kuwait pelo Iraque. O conflito criou preocupações quanto à possibilidade de rompimento do sistema de suprimento de petróleo e mostrou a

vulnerabilidade deste sistema. A indústria petrolífera continua a operar com este problema.

Manter um determinado nível de exploração de petróleo e gás natural em outras regiões do mundo é a chave para manter o sistema de suprimento operando com menor risco de colapso em função dos problemas políticos do Oriente Médio.

Isto resulta na necessidade de se manter a atividade de perfuração dentro dos países cujo consumo de petróleo depende do sistema mundial de suprimento (Beck,1996).

### ***1.3. - Perspectivas mundiais para a exploração e produção***

Existe certo otimismo e avaliações preliminares demonstram um aumento na atividade de exploração, perfuração e produção (E&P)<sup>1</sup> nos próximos anos.

O número de poços a perfurar programados mostra um leve aquecimento da atividade principalmente em função do interesse na exploração e produção de gás natural.

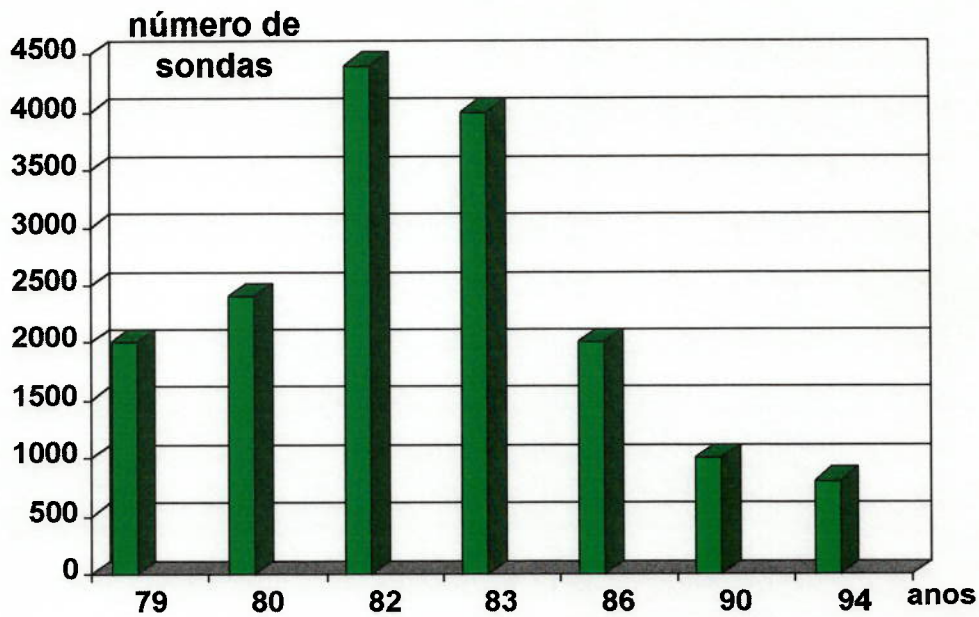
O nível de atividade das sondas de perfuração ainda não reflete o aquecimento da atividade, como mostra a Figura 1.2.

De 717 sondas em atividade em 1992, o número de sondas de perfuração em atividade subiu para 775 em 1994 (Beck,1996) .

---

<sup>1</sup> E&P - Exploration and Production

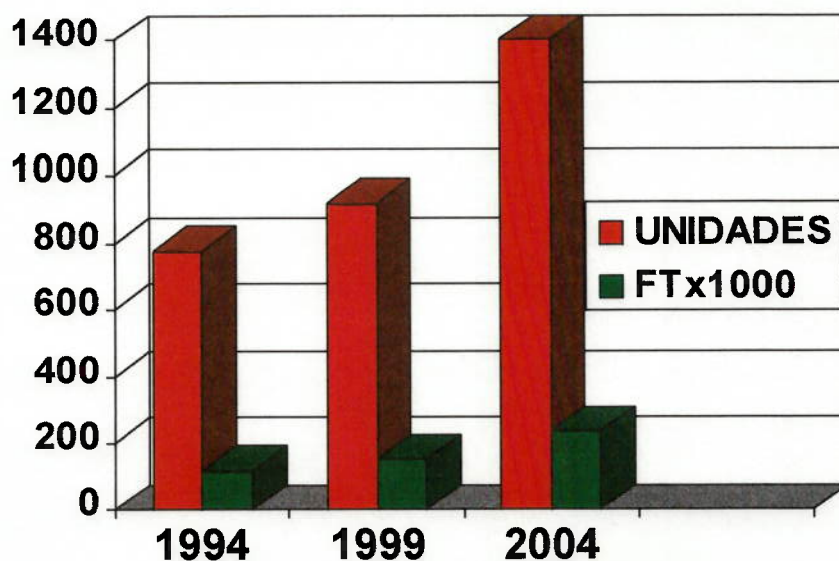




**Figura 1.2. Sondas de perfuração no período 79-94 (Fonte : Beck,1996)**

A taxa de crescimento da atividade de perfuração será de modo que deverão existir cerca de 1400 sondas de perfuração por volta do ano 2004. Isto representará mais de 200 milhões de pés, cerca de 60 milhões de metros, a serem perfurados, conforme mostra a Figura 1.3. Para o ano 2004 existirão mais de 1400 unidades de perfuração e mais de 200 milhões de pés serão perfurados.

O crescimento da atividade de perfuração deverá fazer com que haja um aquecimento das atividades de suprimentos e demais atividades necessárias ao apoio da perfuração de poços (Beck,1996). Como parte integrante da atividade, o suprimento "offshore" acompanhará também esta tendência de crescimento.

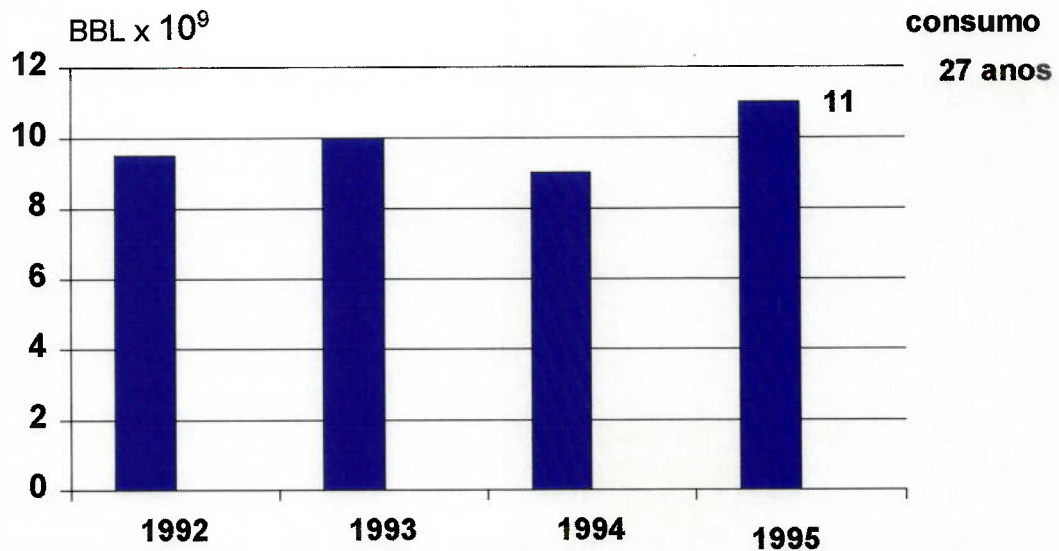


**Figura 1.3. Previsão mundial de plataformas perfurando (Fonte : Beck,1996)**

#### ***1.4. - Perspectivas de exploração, perfuração e produção no Brasil***

O mercado interno de derivados deverá crescer nos próximos anos e, se investimentos não forem adequadamente realizados, poderá ser perdida, gradativamente, a produção atual de petróleo e gás natural.

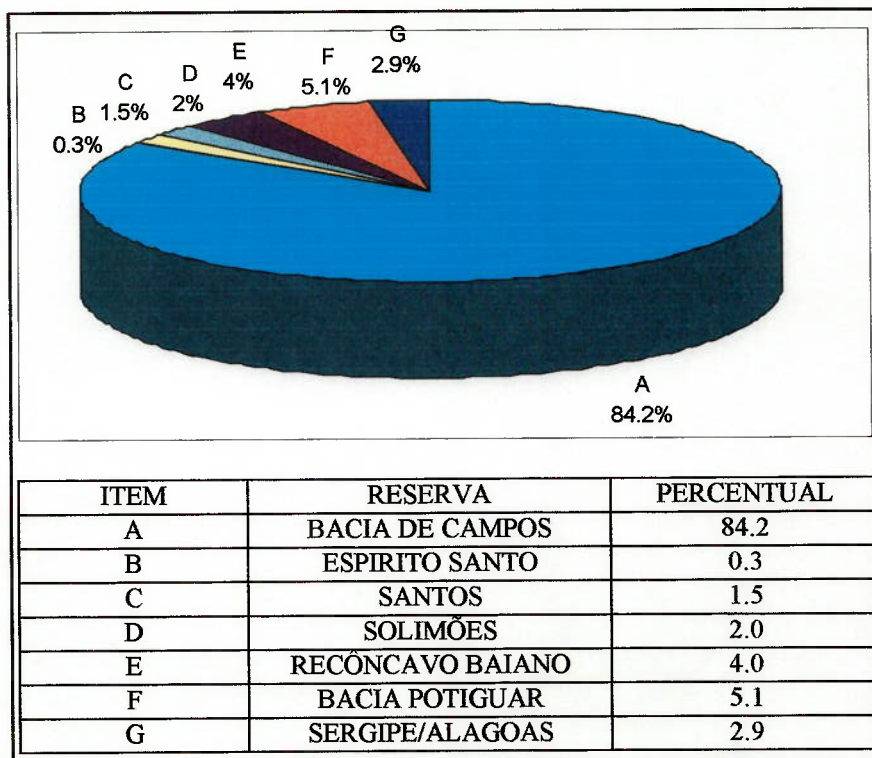
Segundo o estudo Oil Industry Outlook, da Oil & Gas Journal (Beck,1996), as previsões de aumento de reservas de petróleo no Brasil , para a próxima década não são muito otimistas, devido a demora da abertura do mercado para o capital estrangeiro. É necessária a abertura do mercado por que o governo brasileiro não pode arcar sozinho com os investimentos para o aumento das reservas descobertas.



**Figura 1.4. Reservas de óleo e gás do Brasil (Fonte : revista PETROBRÁS, 1996).**

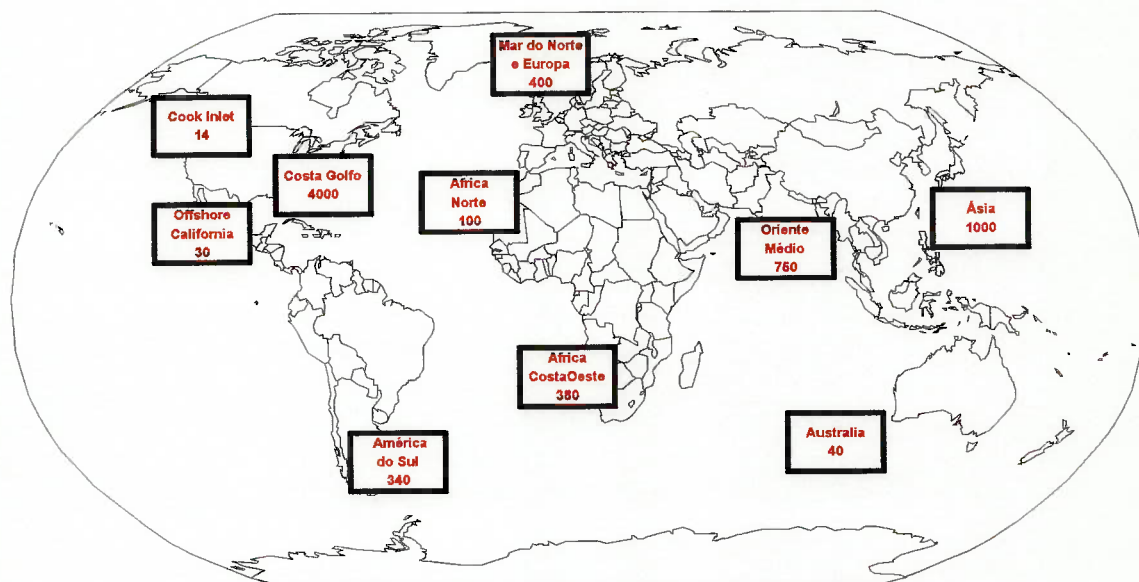
Conforme a revista da PETROBRÁS de maio de 1996, no ano de 1995 estimava-se uma reserva de 11 bilhões de barris, como se observa na Figura 1.4. Entre as nações produtoras de petróleo, o Brasil figura em 13º lugar em volume de reservas, sendo que 23% estão em águas entre 1000 e 2000 metros de profundidade.

A Figura 1.5. mostra as bacias com reservas de petróleo no Brasil, onde verificamos que a Bacia de Campos representa a maior reserva descoberta, e a de Espírito Santo a menor.



**Figura 1.5. Reservas Totais de Óleo e Condensado**

(Fonte: revista PETROBRÁS, 1996)



**Figura 1.6. Unidades Marítimas de Produção no Mundo (Fonte : revista**

**Offshore Engineer, 1996)**

O aumento da atividade de exploração e perfuração significa também um aumento na utilização da cadeia logística que irá apoiar toda a movimentação de sondas, equipamentos e demais suprimentos necessários à realização das atividades petrolíferas.

Segundo a revista *Offshore Engineer*, no ano de 1996, havia 7054 unidades de produção no mundo, conforme mostra a Figura 1.6.

Para atender as necessidades das unidades marítimas (UM's), é necessário um sistema logístico eficiente que garanta custos compatíveis com o nível dos serviços realizados. Os baixos preços do petróleo atualmente vigentes forçam a uma busca por processos com baixo nível de perdas e riscos. A contratação de serviços de transporte marítimo representa 20% a 40%<sup>2</sup> dos custos logísticos de apoio à exploração e produção, apesar destes números não serem divulgados pelas grandes empresas que atuam na prospecção de petróleo.

Uma redução na frota marítima "offshore" passa pelo controle dos processos do sistema de transporte, uma vez que com os processos fora de controle as programações de transporte não são atendidas dentro dos prazos estabelecidos, necessitando de embarcações adicionais, visando cobrir parte das tarefas. Quanto maior for a programação a ser feita por determinada embarcação, maior a possibilidade de falhas nos processos, devido atrasos.

---

<sup>2</sup> Dados fornecidos pelo E&P - PETROBRÁS e não publicados.



### **1.5. - O Sistema Logístico nas atividades de exploração e produção de petróleo "offshore"**

Todos os recursos técnicos utilizados na perfuração de poços e produção de petróleo, como por exemplo, brocas e tubos de perfuração, cimento, e outros granéis fluem das indústrias e empresas envolvidas pelos sistemas de produção que compõem a atividade petrolífera para as unidades de perfuração e produção (UM's).

As unidades de perfuração e produção de petróleo comportam-se como um sistema produtivo que precisa receber os insumos para poder gerar o seu produto que no caso, é o petróleo.

Ocorre um fluxo contínuo de materiais, alocação de equipamentos e deslocamento de pessoas nas diferentes fases que compõem as atividades dos processos desde o início do poço até ao final da produção de petróleo.

O fluxo dos recursos é diferenciado pela fase na qual se encontra o sistema produtivo.

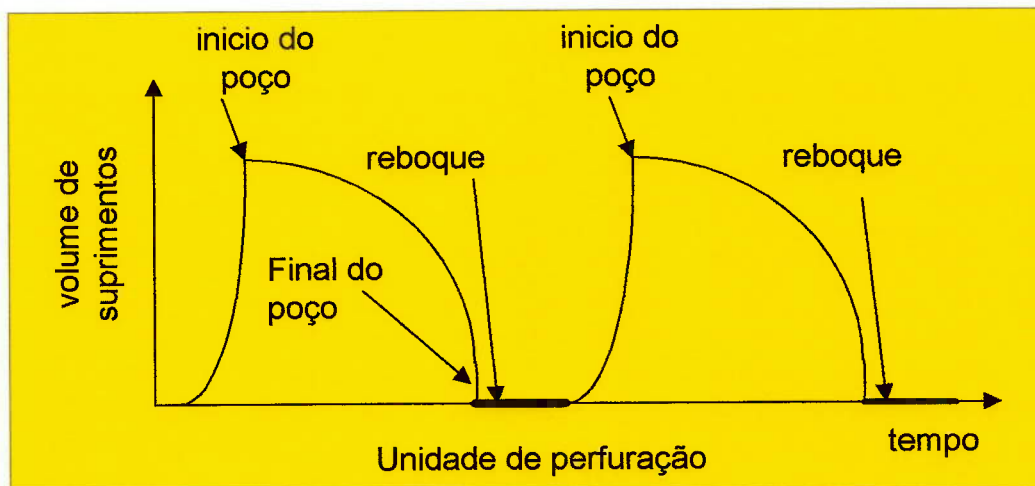
As fases que delimitam a exploração de petróleo no mar são prospecção, perfuração, engenharia de produção e produção de petróleo.

- **Prospecção** - Nesta fase um navio de pesquisa geodésica levanta as características do subsolo, visando avaliar os potenciais petrolíferos. As necessidades de apoio logístico são menores do que as fases posteriores, uma vez que o navio pode se deslocar até um porto qualquer e abastecer-se de víveres e equipamentos. Em função do porte da

embarcação de prospecção, os recursos necessários à sua atividade, são abastecidos uma única vez no início dos trabalhos.

- Perfuração - Nesta fase uma unidade de perfuração marítima é rebocada para o local com potenciais petrolíferos para fazer um ou mais poços.

O apoio marítimo inicia com o reboque da UM e passa pelo transporte de suprimentos durante as diversas fases da perfuração dos poços, com uma frequência muito grande, exigindo o envio diário de equipamentos e materiais. Em função do pouco espaço existente na UM, estas fases exigem o transporte freqüente e em quantidades pequenas dos suprimentos.



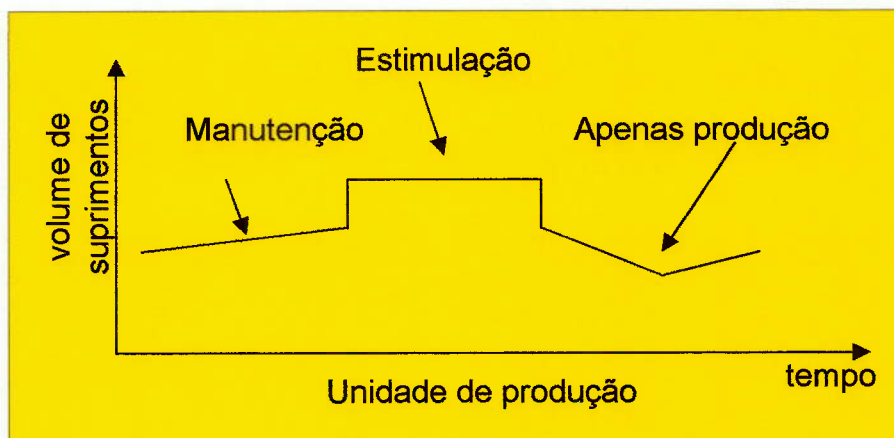
**Figura 1.7. Variação no volume de suprimentos na perfuração**

A Figura 1.7. mostra um desenho esquemático da vazão dos suprimentos, ou seja o volume de suprimentos enviado por unidade de tempo para a UM de perfuração. No final do reboque e posicionamento da UM, inicia o suprimento necessário à perfuração dos poços. Verifica-se um consumo elevado de água, cimento, diesel e outros granéis sólidos e líquidos durante esta fase. São materiais e equipamentos que não podem ir

na UM durante o reboque devido a necessidade de reserva de fluabilidade. À medida que o poço é perfurado vai reduzindo a vazão dos suprimentos. No final dos poços os equipamentos mais pesados retornam ao porto para que a unidade de perfuração possa navegar com segurança para a nova locação. No final dos poços, o fluxo de materiais chega a reverter, desembarcando mais materiais da UM do que o volume de materiais que embarcam para a UM. Repete-se o ciclo após o reboque da UM.

- Engenharia da Produção - Com os poços produtores estabelecidos, inicia-se a fase de construção da UM de produção e montagem das facilidades de produção de petróleo. Utilizam-se rebocadores e embarcações supridoras para transportar a UM, equipamentos, materiais e víveres necessários. A vazão de materiais depende do tipo de UM de produção a ser lançada. Em regra, o maior volume de materiais ocorre durante o lançamento da UM.
- Produção - Nesta fase, o petróleo e o gás produzidos são transportados por dutos e navios tanques. O transporte de pessoal para a unidade de produção responde pela maioria da atividade de apoio logístico. Com um volume bem menor do que os dois anteriores, mas também importante, os fluxos de água e óleo diesel predominam nos suprimentos, em quantidades bem menores do que para a unidade de perfuração.





**Figura 1.8. Variação no volume de suprimentos na produção**

A Figura 1.8. é um desenho esquemático que mostra três fluxos distintos na UM de produção. Quando a UM está em manutenção, durante a estimulação dos poços e quando a UM está apenas produzindo petróleo. A manutenção requer equipamentos e isto aumenta um pouco a vazão de suprimentos para a UM. A estimulação requer a montagem de uma sonda especial na UM para intervir nos poços, aumentando a vazão de suprimentos e equipamentos além do transporte da sonda propriamente dita.

Para cada fase existe uma vazão de suprimentos que exige a atuação de modo diferente do sistema logístico. Apenas na fase de perfuração as embarcações são exigidas na sua plenitude em termos de capacidade de tanques, silos e área de convés, pois a vazão de suprimentos é bem maior do que as outras fases.

Dentro do sistema logístico necessário ao apoio das unidades marítimas existem diversos subsistemas com inúmeros processos

relevantes. Entre eles estão os seguintes subsistemas : suprimentos, manutenção, transporte.

- **O subsistema de suprimentos** que atende as necessidades de equipamentos e materiais utilizados nas diferentes fases do processo produtivo. Considera-se o subsistema de suprimentos como responsável pela aquisição dos equipamentos e materiais;
- **O subsistema de manutenção** que atende as necessidades de desempenho operacional oriundas das UM's e dos demais componentes das atividades de exploração e produção (E&P);
- **O subsistema de inspeção** que identifica as condições operacionais das UM's, dutos e demais componentes das atividades de E&P ;
- **O subsistema de transporte** que envolve o deslocamento de equipamentos, suprimentos e pessoas entre as indústrias e empresas envolvidas nas atividades de E&P.

O subsistema de transporte, por sua vez, divide-se em três subsistemas :

- **O subsistema de transporte terrestre** responsável pelo deslocamento de equipamentos e demais suprimentos desde as indústrias e empresas até o porto. Predomina a utilização de carretas para tubos e equipamentos e "bulks" para graneis sólidos.
- **O subsistema de movimentação portuária** que utiliza tanques e silos para graneis, assim como guindastes e empilhadeiras para o manuseio e embarque dos suprimentos.

- **O subsistema de transporte marítimo** responsável pelo deslocamento dos equipamentos e demais suprimentos até as UM's e demais componentes de E&P.

Entre os subsistemas que compõem o sistema logístico, o transporte marítimo é o mais complexo. Isto é consequência dos seguintes fatores:

- As pessoas que operam na área marítima e mais especificamente em embarcações têm dificuldade em executar tarefas sob a ação de balanços gerados pelas ondas. A aceleração vertical resultante dos balanços cria um mal estar físico que interfere sobre o desempenho das pessoas;
- As embarcações utilizadas na E&P são de pequeno e médio portes, sofrendo mais influências das condições de mar do que, por exemplo, os navios de longo curso e de cabotagem;
- Além de navegarem, estas embarcações executam tarefas em mar aberto sob influência das condições ambientais e da profundidade onde atuam;
- Durante a fase de perfuração de poços ocorrem mudanças nas programações de descida de equipamentos no poço, gerando mudanças na programação dos embarques destes equipamentos.
- Por questões econômicas, UM's, embarcações e muitos outros equipamentos da área petrolífera continuam operando apesar da obsolescência. Equipamentos modernos e obsoletos são utilizados lado a lado. Frota de embarcações de várias gerações é utilizada com a mesma finalidade. Isto fica evidente com a frota de embarcações de suprimentos.

### **1.6. - Objetivos do Trabalho**

Com a queda dos preços do petróleo, busca-se reduzir os custos da exploração e produção de petróleo, estando o sistema logístico e mais precisamente o transporte marítimo “offshore” neste contexto.

Daí a necessidade de identificar e eliminar as perdas existentes nos sistemas e seus processos, entre estes, os que compõem o sistema de transporte marítimo “offshore”.

O presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- apresentar os processo críticos do sistema de transporte de suprimentos marítimo “offshore”;
- utilizar a carta de controle como uma ferramenta para o controle estatístico dos processos mais importantes;
  - mostrar como a carta ajuda a detectar as causas da variação de determinado processo;
  - mostrar as partes da carta e as regras básicas para interpretação;
- apresentar uma metodologia para identificar as causas da falta de controle de um processo;

O presente trabalho está baseado na filosofia de Juran (1998) que diz que as perdas de natureza crônica são reduzidas mediante a identificação dos problemas e eliminação das causas que geraram os problemas.

### **1.7. - Delineamento da pesquisa**

No capítulo 2 será detalhado o sistema logístico de apoio marítimo à exploração e produção de petróleo.

O capítulo 3 apresenta uma revisão sobre controle estatístico de processos e mais especificamente as cartas de controle que podem ser utilizadas para serviços repetitivos, como é o caso do transporte de suprimentos para as UM's .

O capítulo 4 apresenta uma aplicação do CEP, utilizando-se carta de controle para o processo de navegação de embarcações de suprimentos e mais especificamente para a velocidade de ida das embarcações para as UM's.

O capítulo 5 apresenta a conclusão e as recomendações do presente trabalho.

## **CAPITULO 2 - SISTEMA LOGÍSTICO DE APOIO MARÍTIMO À EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**

“Just in case” parece ser o termo mais adequado do que o termo “just in time” quando se trata de suprimento para unidades marítimas (UM's) de petróleo.

O responsável pela UM não quer correr o risco reduzindo o inventário ao mínimo quando existe o risco de condições meteorológicas adversas impedirem ou atrasarem a entrega de uma programação de suprimentos.

Com o petróleo custando perto de US\$ 20/bbl (EIA,1993), uma UM produzindo mais de 50 mil b/d, o prejuízo será muito grande se parar de produzir por vários dias por que uma peça ou parte de um equipamento não embarcou ou perdeu-se no caminho.

Isto significa dizer que a gerência da UM deve mantê-la adequadamente suprida para cobrir as possíveis falhas e atrasos nas entregas.

Entretanto, não poderá ter muitos itens “just in case” desnecessariamente estocados, pois isto representará empate de capital e desperdício de recursos. Existe um ponto de equilíbrio a ser alcançado.

Este ponto de equilíbrio será decorrente de muito estudo entre os responsáveis pela logística e pelas UM's, pois além das condições de mar, existem outras considerações de logística e de controle de materiais.

Pode-se identificar algumas dessas considerações observando os subsistemas que compõem o sistema logístico :

- Quando uma UM realiza o pedido de determinado produto, o subsistema de suprimentos é acionado e providencia para que o produto seja entregue à UM. A data de chegada do produto à UM é definida pelo cliente da UM em função das atividades da UM.
- O subsistema de transporte terrestre procura garantir o deslocamento em tempo hábil do produto desde a sua origem até o porto, via carretas ou outro veículo terrestre adequado.
- O subsistema de movimentação portuária procura embarcar o produto dentro das programações de embarques e de rotas de entregas definidas pela administração e acompanhamento operacional, que procura atuar segundo prioridades e seqüências de pedidos de clientes.
- O subsistema de transporte marítimo faz o deslocamento do produto do porto até a UM, com a transferência da embarcação para a UM que pode ser através do guindaste da UM ou através de bombeio da embarcação para a UM, conforme o tipo do produto a ser transportado.

### ***2.1. - Atividades-chaves para obtenção dos objetivos logísticos***

“Transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos são consideradas as atividades-chaves porque elas contribuem com a maior

parcela do custo total da logística ou elas são essenciais para a coordenação e o cumprimento da tarefa logística” (Ballou,1995).

No subsistema de suprimento “offshore”, o transporte marítimo é o último elo da cadeia logística que visa a entrega de determinado produto.

Entretanto, a atividade logística que utiliza as embarcações é composta de vários processos , sendo o transporte de produtos apenas um deles e geralmente funcionando com dependência de outros sistemas, como será visto a seguir.

## ***2.2. - Transporte de Suprimentos***

Durante o planejamento dos recursos de transporte “offshore”, não se dimensiona uma frota separada para suprimentos, outra para determinada operação especial como reboque ou mergulho e assim sucessivamente.

O que se verifica é a obtenção por parte da gerência de informações quanto aos projetos nos campos de petróleo que continuarão em andamento, os projetos que encerrarão em determinada época e aqueles que estarão iniciando.

Procura-se definir as embarcações de suprimentos, as embarcações que poderão atender às operações especiais e finalmente aquelas que poderão atender às duas finalidades, conforme a habilidade do pessoal de planejamento do transporte em interpretar as diversas fases dos projetos, os



requisitos operacionais envolvendo embarcações e a existência de embarcações com aqueles requisitos multifuncionais no mercado.

O projeto mais crítico poderá dar ensejo à contratação de determinada embarcação, tornando-a imprescindível, podendo ocorrer que, terminado o projeto, ela não possa ser dispensada, por condições contratuais como, por exemplo, tempo mínimo de contratação.

### **2.3. - Sistema de Suprimentos**

As principais etapas do sistema de suprimentos são :

- **solicitação** de transporte de materiais e equipamentos pelo cliente- Efetuada via computador pelo cliente do serviço, definindo a origem do material, a data mais cedo e a data mais tarde em que o material deverá estar em determinada UM;
- **programação** da embarcação para atender uma ou mais solicitações, conforme o volume de solicitações, e distâncias das UM's a serem atendidas;
- **movimentação** portuária - onde a embarcação descarrega equipamentos do seu convés, limpa os seus silos de granéis e descarrega o fluido de perfuração para os tanques portuários. Em seguida carrega água, diesel, granéis sólidos, materiais e equipamentos no seu convés;
- **transporte** para as UM's destes produtos acima citados, conforme programação;

A estrutura portuária para o abastecimento de embarcações de suprimento dispõe de sistemas de diesel, água, fluido de perfuração, granéis sólidos e carregamento/descarregamento de convés. Após repetidos abastecimentos no porto, navegação até às UM's e entrega do suprimento é possível identificar as diversas etapas dos processos e os tempos necessários para executá-los.

As vazões de granéis para cada tipo de embarcação poderão ser estimadas e os tempos para embarques e desembarques de materiais de convés poderão ser avaliados.

A repetição das tarefas propicia a obtenção de dados de tempos gastos e quantidades manuseadas que permitem as medições do desempenho dos diversos sistemas existentes, para cada tipo de embarcação. Estes dados indicarão os processos com maiores variações e com maiores desperdícios de tempos. Indicarão também as embarcações que apresentaram melhor desempenho em cada processo e no sistema como um todo.

No desembarque dos produtos nas UM's também pode-se observar as embarcações que bombearam os granéis com maior rapidez e comparar o desempenho ao longo de várias operações.

Ocorrendo deficiências no porto ou na UM, ficará evidente a repetição de atrasos para várias embarcações, independente da sua classe ou geração. Sabendo que a deficiência está no porto, na embarcação, na UM

ou ainda em um ou mais destes, pode-se então buscar identificar as causas das deficiências.

O melhor nível de serviço para a embarcação na acomodação de produtos é obtida em função :

- **do porte das UM's atendidas** : UM's de grande porte precisam de embarcações de suprimento de grande porte , gerando uma freqüência de viagens de abastecimento relativamente baixa. UM's pequenas necessitam de alta freqüência de viagens de abastecimento em quantidades pequenas de materiais a serem transportados no convés e de granéis, induzindo à utilização de embarcações de menor porte;
- **da fase operacional** pela qual está passando o campo. Quanto maior o numero de UM's de perfuração, maior a movimentação de equipamentos, o suprimento de materiais transportados no convés e o embarque de graneis sólidos e líquidos. Por exemplo, as jaquetas de produção operam com poucos equipamentos, pequenas quantidades de líquidos e quase nenhum granel sólido, fazendo com que a embarcação tenha um nível de utilização mais baixo de seu convés e tanques.

Quando existem no campo operações de perfuração e produção observa-se que as embarcações de suprimento para as UM's de perfuração são mais utilizadas em termos de convés e tanques do que aquelas que operam para as UM's de produção.

As principais características de serviço de embarcações de suprimentos que são acompanhados são :

- Vazão de abastecimento de determinado granel;
- Vazão de descarga de determinado granel;
- Velocidade na navegação;
- Velocidade de Manobras;
- Capacidade de suprimentos;
- Calado máximo e mínimo;

Para a velocidade de navegação e manobras, as condições ambientais influenciam bastante, e as empresas armadoras muitas vezes justificam a queda de velocidade da embarcação atribuindo como causa as condições de mar.

É necessário acompanhar as condições ambientais, para avaliar os tempos de navegação, de manobras de aproximação das unidades marítimas, os casos onde não houveram atracações devido as condições de mar adversas, os tempos aguardando sonda e aguardando guindaste, para que o sistema de suprimentos como um todo seja melhor monitorado.

#### ***2.4. - Processos Críticos do Sistema de Suprimentos***

**Processo crítico** é o processo que possui fatores de risco que podem comprometer o processo quanto ao seu resultado. Como exemplo, as condições ambientais são fatores que podem comprometer o processo de transporte de uma determinada carga para a UM, pondo em risco a sua

realização em termos de prazo, portanto, afetando o sistema de transporte marítimo.

A seguir são enumerados alguns dos processos críticos dos sistemas de transportes de suprimentos á partir do acompanhamento das atividades "offshore" nos principais campos de petróleo existentes no Brasil.

#### **2.4.1. - Processos de solicitação de transporte de materiais.**

- a) Processo de chegada de solicitações de embarque para uma mesma UM. Este processo é crítico porque as chegadas de solicitações ocorrem de maneira aleatória, à qualquer momento, podendo variar a freqüência de solicitações para mais ou para menos em função da atividade da UM. É necessário acompanhar as atividades da UM para saber a tendência das solicitações.
- b) Processo de chegada de solicitações de embarque de um mesmo cliente. Este processo é crítico porque depende da programação do cliente. Os clientes mais organizados procuram consolidar suas solicitações para determinada UM, definindo uma rotina com cronograma em função das necessidades da UM. Exemplo : Sabendo que determinada UM irá iniciar a fase de revestimento do poço com 13"3/8, providencia a solicitação de tubos combinando a data da chegada da carga na plataforma com a data em que a UM poderá carregar estes tubos para o convés.

Existe diferença entre as solicitações de transporte de uma UM e de um cliente da UM. Nas UM's de pequeno porte, existe uma pessoa encarregada de coordenar todas as solicitações. Entretanto, nas UM's de grande porte, não é possível centralizar as solicitações, fazendo com que existam clientes direcionados para determinada atividade da UM. Por exemplo, existe um cliente que coordena as solicitações voltadas para as atividades de revestimento e cimentação, outro cliente coordena as solicitações voltadas para as atividades de utilização de fluidos e outro para combustível e víveres da UM, podendo as solicitações de transporte dos produtos ocorrerem em eventos distintos. Existem regras de programação e procedimentos operacionais que evitam conflitos quanto à prioridade no transporte, entretanto, estas regras visam os casos mais importantes, sendo de pouca abrangência, como por exemplo, transportar barentina após o transporte da tubulação de início de poço. No caso da fase de perfuração, estas regras estão relacionadas ao programa de perfuração do poço. Quando um cliente solicita o transporte de um produto, ele define um prazo para o produto chegar à UM (uma data mais cedo e uma data mais tarde), permitindo agrupar várias solicitações para uma determinada UM.

#### **2.4.2. - Processos de programação do atendimento às solicitações de embarque.**

- a) Processo de integração da programação do transporte terrestre à atividade portuária. Este processo é crítico porque precisa haver sincronismo entre a atividade de transporte terrestre e a atividade marítima. Ocorrendo variações nas chegadas da carga ao porto todos os outros processos do sistema de suprimento serão realizados acumulando as variações iniciais, a menos que haja um replanejamento dos processos.
- b) Processo de definição de embarcações. Este processo é crítico porque depende da **disponibilidade** das embarcações para determinada tarefa. Exemplo : Necessita-se levar 3250 bbl de fluido de perfuração para determinada UM. A solicitação foi recebida quando as embarcações que possuem capacidade para tal quantidade estão fazendo suprimento em rotas que não podem ser mudadas no presente momento, ou seja, a disponibilidade das embarcações adequadas é nula e para atender à solicitação serão necessárias duas embarcações de menor porte, ou então outra embarcação não adequada para aquela tarefa, com capacidade bem acima do necessário.
- c) Processo de definição de rotas. Este processo é crítico porque pode-se ter rotas atendendo áreas próximas com embarcações distintas, quando poderia haver uma melhora de desempenho do suprimento ao agrupar o atendimento destas áreas. Melhorias na

definição de rotas passa pela programação simultânea de todas as rotas.

#### **2.4.3. - Processos de desembarque de materiais no porto.**

- a) Processo de desembarque de materiais oriundos das UM's e sua influência no processo de embarque de materiais em geral para as UM's. Este processo é crítico porque depende dos equipamentos utilizados na movimentação portuária, do planejamento dos embarques e desembarques de cargas, dos fluxos padronizados das cargas por tipo e prioridade de movimentação. Por exemplo, é mais fácil embarcar primeiro tubos de perfuração e depois contêineres de materiais. Entretanto, a arrumação no convés dos materiais na maneira mais fácil poderá levar à impossibilidade de retirada dos materiais nas UM's, na seqüência dos percursos definidos para a embarcação fazer as entregas dos materiais, em função de limitações de guindaste das UM's ou de limitações de aproximação da embarcação junto à UM.
- b) Processo de limpeza de silos de granéis e sua influência no processo de embarque de materiais em geral no porto. Ocorre com freqüência a necessidade de limpar silos das embarcações antes do carregamento de novo produto a ser transportado. O planejamento desta tarefa influencia na operação de carregamento



portuário daquela embarcação e refletirá em outras previstas para operar.

#### **2.4.4. - Processos de embarque de materiais no porto.**

- a) Processo de embarque de materiais de convés no porto. Este processo é crítico porque deverão ser analisadas as quantidades embarcadas e os tempos necessários, de modo que haja maior empenho no embarque daquele material que tem a previsão de consumir mais tempo.

#### **2.4.5. - Outros processos críticos no porto.**

- a) Processo de entrada e saída da embarcação em função de marés. Este processo será crítico quando houver restrições de calado para entradas e saídas no porto;
- b) Processo de manutenção da embarcação. Este processo é crítico porque é trabalhoso o planejamento das atividades operacionais de transporte de suprimentos, levando em conta as tarefas de manutenção das embarcações.

A empresa proprietária/operadora da embarcação deverá fazer um cronograma de manutenção com participação da Coordenação das

atividades de transporte levando em conta cronogramas alternativos de manutenção.

**2.4.6. - Processos de deslocamento da embarcação do porto para o campo.**

- a) Processo de viagem até a UM. Este processo é crítico porque todos os percursos são realizados com variações de velocidade da embarcação e pode ocorrer o acúmulo de atrasos nos primeiros atendimentos criando a necessidade de replanejamento da rota da embarcação, ou ainda providências corretivas como acionamento de outra embarcação e transbordo de cargas. Poderão ocorrer também chegadas antecipadas da embarcação, em relação ao tempo previsto, gerando filas de uma ou mais embarcações.

**2.4.7. - Processo de chegada da embarcação à unidade marítima.**

- a) Processo de comunicação entre a embarcação e a UM anterior à chegada. Este processo é crítico porque a embarcação poderá chegar para operar com a UM, chamar a UM e não ser atendida de imediato. Poderá acontecer também que exista outra embarcação operando naquele momento;
- b) Processo de manobra de chegada da embarcação. Este processo é crítico porque a UM pode estar posicionada de uma forma tal que

difícil a aproximação da embarcação. A embarcação levará algum tempo para manobrar e começar a suprir a UM;

- c) Processo de operação da embarcação no bombeio de granéis líquidos e sólidos para a UM. Este processo é crítico porque depende da conexão de mangotes, manobras de válvulas de tanques e características do produto a ser fornecido. Um exemplo : O bombeio de barentina é mais problemático do que a bentonita. A barentina é mais higroscópica e mais pesada do que a bentonita, tendendo a pesar mais com o tempo em função de vapor d'água absorvido, resultando em um bombeio lento, com vazão inversamente proporcional à altura da UM e às perdas de carga das tubulações entre o tanque receptor da UM e o silo da embarcação.
- d) Processo de entrega de tubos de perfuração. Este processo é crítico em função da quantidade de tubos que a UM pode receber de uma vez;
- e) Processo de conferência e assinatura dos documentos de entrega e recebimento de materiais. O excesso de documentos de entrega de materiais poderá retardar a saída da embarcação após a sua operação com a UM, em função da necessidade de inspeções de quantidades e qualidade de líquidos e integridade de lacres de "containers" com equipamentos de grande valor monetário.

#### **2.4.8. - Processos de deslocamento da embarcação entre unidades marítimas.**

- a) Processo de viagem entre duas UM's do mesmo campo . O processo é crítico porque a embarcação demora para sair da condição parada e atingir a velocidade de serviço. A principal causa da demora são motores propulsores dimensionados sem reserva de potência ou mal dimensionados e a segunda maior causa é a necessidade de elevar gradualmente as temperaturas dos motores, pois estes não dispõem de sistemas de aquecimento/resfriamento de forma a mantê-los sempre na temperatura de serviço ideal. Pode ocorrer deslocamentos em pequenas distâncias entre UM's em que a embarcação não chega a desenvolver a velocidade de serviço.

#### **2.4.9. - Processo de mudanças de programação no campo.**

O processo de mudanças de programação no campo é crítico porque as prioridades na atividade de apoio mudam com muita rapidez, principalmente com relação as UM's de perfuração, gerando mudanças nas programações de transporte de suprimento. Exemplo : A embarcação está chegando à UM com barentina, tida como prioridade. Devido a uma nova fase do poço, foi decidido tamponar o poço, então agora a UM não mais precisará da barentina e precisará de cimento.

## **2.5. - Motivação para a Pesquisa**

Quando determinado processo não está controlado, ou seja, existem muitas variações nos seus resultados, torna-se complicado planejá-lo de maneira eficiente para obter determinado resultado. No caso do sistema de transporte de suprimentos “offshore” que possui vários processos, um dependente do outro ou um interligado ao outro, as variações nos resultados de seus processos irão influir no resultado final do sistema. Desta forma, o produto final, ou seja, a carga transportada dentro de determinadas condições de custo e prazo ficará afetada pelo desempenho de cada processo componente do sistema.

No presente trabalho busca-se controlar cada um dos processos críticos de modo que os seus resultados sejam previsíveis. Com os processos sob controle, se terá um elevado nível de confiança de que os resultados dos processos serão próximos dos resultados planejados, ou seja, a carga sairá em determinada data da sua origem e chegará ao seu destino na data planejada para tal, como foi planejado, e com a frota dimensionada para cumprir tal finalidade.

Com o presente trabalho pretende-se apresentar procedimentos para melhorar o conhecimento dos processos, permitindo que na etapa seguinte, ou seja durante a simulação e o planejamento, não estejam mais presentes variações nos resultados dos processos que requeiram correções que, caso

estivessem ainda presentes desviariam os resultados, afastando-os daqueles resultados desejados durante a fase de planejamento.

## CAPITULO 3 - CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

Este capítulo é dedicado a uma revisão de Controle Estatístico de Processos e assuntos correlatos para o desenvolvimento desta pesquisa, tais como: Carta de Controle, MASP - Método de Análise e Soluções de Problemas e o PDCA - Planejamento, Execução, Verificação e Ação.

As empresas japonesas foram as primeiras a iniciar o processo de implantação do controle estatístico do processo (CEP), com o seu pessoal auxiliando as fornecedoras de serviços na resolução de seus problemas de qualidade.

O objetivo era tornar as fornecedoras de serviços e produtos mais competitivas, através da transferência de "know how" e da experiência de implantação num espaço de tempo menor (Lascelles, 1990).

Os métodos que as empresas japonesas mais utilizam para avaliar os fornecedores e analisar problemas em processos produtivos são: O CEP, o projeto de experimentos (DOE)<sup>3</sup>, a repetibilidade e reprodutibilidade (R&R), a análise de modos de falha e seus efeitos (FMEA<sup>4</sup>), o método de análise e solução de problemas (MASP), o "Just-in-Time" junto com a teoria das restrições (TOC<sup>5</sup>) e o tempo de ciclo de manufatura (TCM), e a manutenção produtiva total (MTP).

---

<sup>3</sup> DOE - Design of experiments

<sup>4</sup> FMEA - Fail mode effect analysis

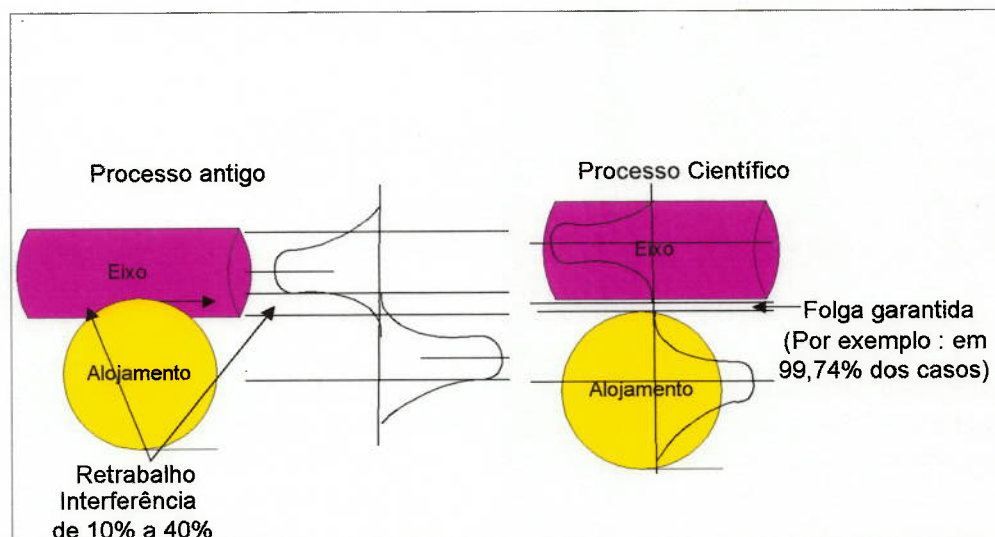
<sup>5</sup> TOC - Teory of constraints

Outras ferramentas que também foram implantadas, apesar de não serem “diagnosticadas” são o desdobramento da função qualidade (QFD), a análise de valor e a engenharia de valor (AV/EV).

**Processo** é um conjunto de causas que provocam efeitos. Um processo é estabelecido visando determinado resultado (Campos,1994).

### 3.1. - A origem do controle estatístico de processos

O conceito de processo sob controle tem origem nas indústrias de fabricação de peças e produtos. Pelo processo dito antigo, ao se preparar eixos e mancais era usual deixar alojamento e eixo em limites opostos na faixa de tolerância, isto é, dimensões externas no máximo e dimensões internas no mínimo.



**Figura 3.1. Comparação entre os processos de controle (Fonte : Kume,1988).**

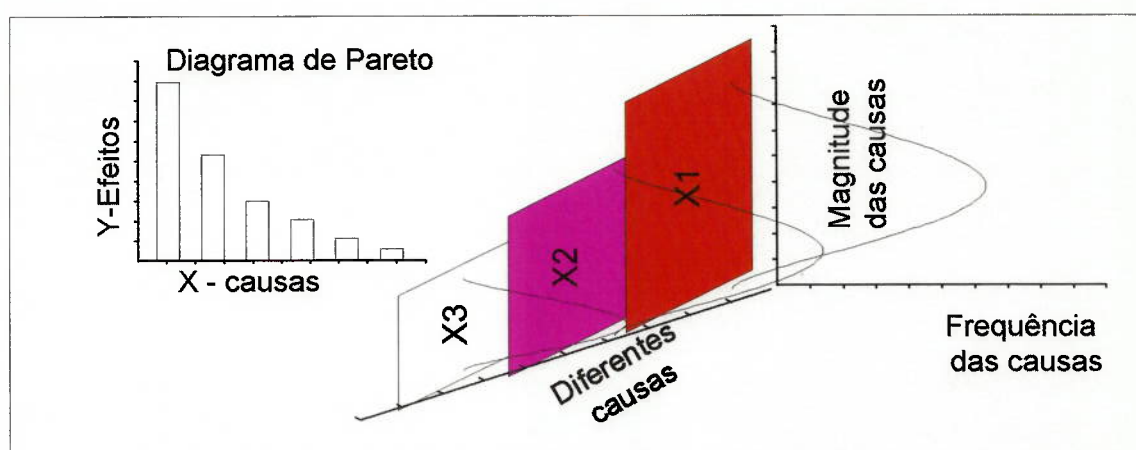


Com essa prática procurava-se evitar rejeições e desperdícios, mas ocorriam interferências que levavam a retrabalho.

Com o recurso do processo sob controle é possível utilizar o processo dito novo ou então científico. A Figura 3.1. mostra que no novo processo diminui-se o retrabalho. É importante ressaltar que para colher este benefício é imprescindível que o processo esteja sob controle, para tal, a tolerância deve ter valor de pelo menos  $3s$  (três vezes o desvio padrão da amostra). Um ponto fora dos limites estatísticos é considerado como causa para a perda de controle.

Os estatísticos mostram que muitas distribuições de probabilidade observadas nos sistemas em geral possuem um formato que pode ser representado pela distribuição normal ou Gaussiana (Monk,1991).

Os estatísticos consideram que para uma curva de distribuição normal, a probabilidade de um valor fora dos limites dos  $3s$ , para cada lado da média, ocorrer de modo ocasional não é significativa. Significa dizer que ao repetir-se os testes, o evento deverá mostrar um valor semelhante ao anterior. Portanto, utilizam por convenção, os limites  $UCL = \bar{X} + 3s$  e  $DCL = \bar{X} - 3s$ , onde UCL é chamado **limite de controle superior** e DCL é o **limite de controle inferior**. Fora destes limites resta a probabilidade de 0.05, ou seja, 0.02275 de probabilidade para cada extremo depois dos limites UCL e DCL na distribuição normal. (Monk,1991).



**Figura 3.2. Diagrama de Pareto e a distribuição das causas (Fonte : Juran,1988)**

A distribuição estatística das variações de uma característica medida em um processo possui muitas causas. O princípio de Pareto define que poucas destas causas são responsáveis pelos maiores efeitos na variação total.

A Figura 3.2. ilustra no Diagrama de Pareto, a relativa magnitude do efeito (Y) de cada uma das causas (x) da variação de um processo. Mas, cada causa varia a sua magnitude como mostra as distribuições estatísticas, ou seja a causa  $x_1$  está fazendo a característica Y mover-se em uma direção, enquanto as outras,  $x_2$  e  $x_3$  estão movendo Y na direção oposta, com magnitudes diferentes a cada momento. A dispersão de cada uma destas distribuições é medida pelo seu desvio padrão ( $\sigma$ ) e a variação total da característica é dada por  $\nabla x = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$ . Se  $x_1 = 5$  e  $x_3 = 1$ , então  $x_1^2 = 25$  enquanto que  $x_3^2 = 1$ . O efeito total de  $x_1$  na variação é 25 vezes o efeito de  $x_3$ , mesmo sendo  $x_1$  somente 5 vezes maior do que  $x_3$ . A causa  $x_1$  é

chamada Causa Fundamental (“red X”) e a  $x_2$  (a segunda maior causa) é chamada “pink X” (Juran, 1988).

As distribuições normais são resultantes de muitas e aproximadamente iguais causas de variação. A causa fundamental terá uma distribuição não-normal dos elementos (individuais) medidos, entretanto com um grupo de medições igual a quatro elementos, o tamanho da amostra é grande o suficiente para que a distribuição da média esteja próxima a uma distribuição normal. Portanto, todas as médias cairão dentro do intervalo  $\pm 3s$  do limite de controle.

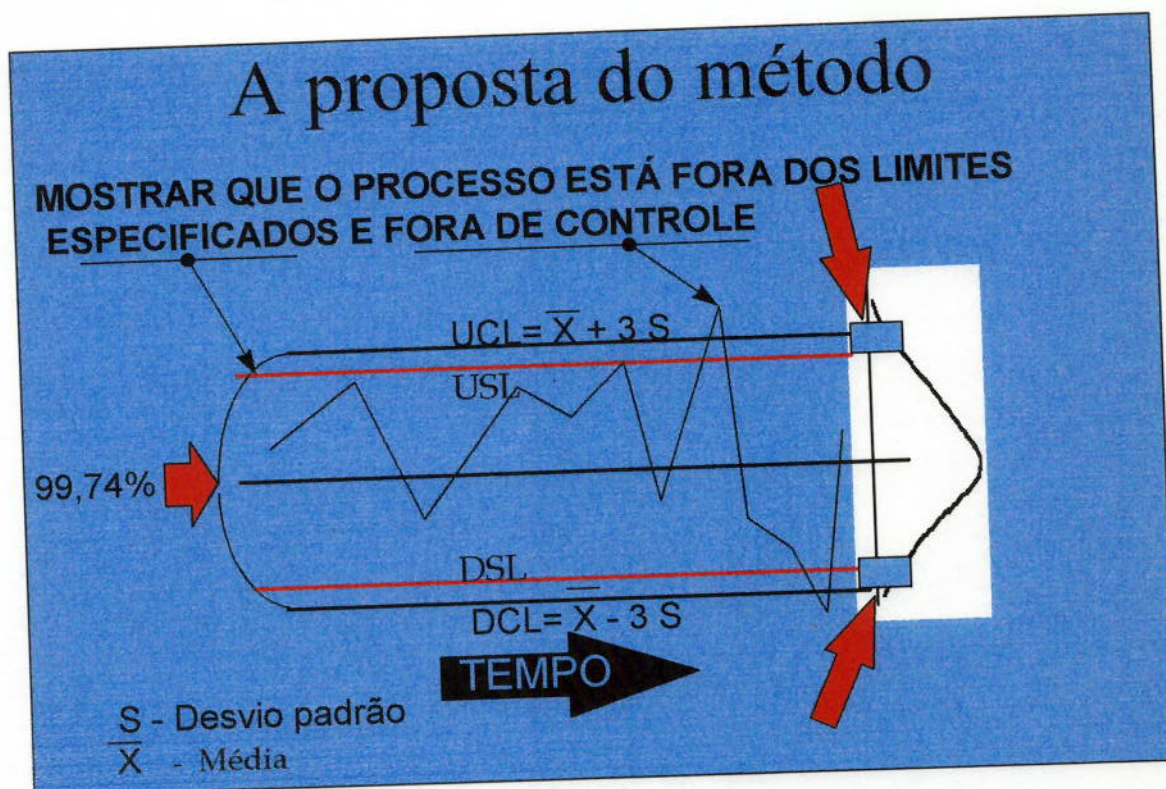
Existem vários programas computacionais estatísticos que calculam a carta de controle, lança as medições e calcula os limites, a média, o desvio padrão ou a amplitude, conforme o tipo de carta adequada ao processo. Os exemplos de carta de controle do presente trabalho foram calculados utilizando o programa MINITAB.

Pode ocorrer que determinado processo tenha os limites de controle diferentes dos limites especificados, ou seja os limites definidos por  $3s$ , ou  $3\sigma$  (para o desvio padrão populacional) são calculados (UCL e DCL)<sup>6</sup> enquanto que os limites **definidos pelo cliente** (USL e DSL)<sup>7</sup> ou pelo gerente do processo podem estar especificados como menores, iguais ou maiores do que aqueles que estão sendo obtidos.

---

<sup>6</sup> UCL e DCL - Upper Control Limit e Down Control Limit.

<sup>7</sup> USL e DSL - Upper Specification Limit e Down Specification Limit - Limite de especificação superior e Limite de especificação inferior .



**Figura 3.3. Processo não capaz (Fonte : Kume,1988)**

A Figura 3.3. mostra um processo onde os limites de controle (UCL e DCL) estão sendo maiores do que os limites especificados (USL e DSL). Mesmo que os valores obtidos estivessem dentro dos limites calculados o processo poderia ter produtos recusados. Apenas aqueles que estivessem dentro dos limites especificados seriam aceitos.

De maneira análoga, os processos repetitivos de serviços poderão utilizar os métodos da indústria para o controle dos processos evitando perdas ou retrabalho.

No transporte "offshore" existem muitos processos repetitivos que podem ser controlados definindo-se itens de controle do mesmo modo como são definidos na indústria.

Precisa-se controlar os processos críticos e as características do processo são monitoradas através de itens de controle que indicam como a característica do processo está se comportando ao longo do tempo, de modo que se obtenha o resultado planejado para o processo e para o sistema como um todo. Voltaremos ao assunto no próximo capítulo.

### **3.2. - Métodos de solução de problemas em processos produtivos**

São inúmeros os métodos de solução de problemas em processos produtivos.

A maioria dos métodos visando a análise de sistemas e seus processos estão baseados em métodos estatísticos. Juran (1988) apresenta a tabela 3.1 chamada "The Statistical Tool Kit" que relaciona problemas a serem resolvidos e os métodos básicos estatísticos aplicáveis.

**Tabela 3.1. Métodos estatísticos para análise de sistemas (Fonte: Juran, 1988)**

Problema	Método Estatístico
Planejar uma investigação estatística	Planejamento e análise de dados para resolver um problema específico
Sumáriar dados	Distribuição de frequências, histogramas e distribuição de probabilidade
Prever os resultados futuros com uma amostra	Distribuição de probabilidade



**Tabela 3.1. (continuação)**

<b>Problema</b>	<b>Método Estatístico</b>
Determinar uma probabilidade envolvendo vários eventos	Teoremas básicos de probabilidade
Prever a eficiência sem falhas (Confiabilidade)	Análise e previsão da confiabilidade
Determinar a significância da diferença entre dois grupos de dados ou entre dados de um grupo	Teste de hipóteses
Determinar o tamanho da amostra requerida para um teste de hipóteses	Determinação do tamanho da amostra para o teste de hipóteses
Determinar a habilidade do resultado de uma amostra estimar um valor verdadeiro	Limites de confiança
Determinar o tamanho da amostra requerida para estimar um valor verdadeiro	Determinação do tamanho da amostra para estimativas
Determinar os limites de tolerância de características simples	Limites de tolerância estatísticas
Determinar os limites de tolerância para dimensões interativas	Limites de tolerância para dimensões interativas
Incorporar informações passadas na previsão de eventos futuros	Teorema de Bayes
Incorporar conseqüências econômicas na definição de regras de decisão	Teoria de decisão estatística
Transformar dados visando suposições estatísticas	Transformação de dados
Avaliar a relação de duas ou mais variáveis pela determinação de uma equação para estimar uma variável à partir de outras conhecidas	Análise de regressão

**Tabela 3.1 (continuação)**

Problema	Método Estatístico
Controlar o processo pela detecção das mudanças prematuramente detectadas	Cartas de controle
Planejar e analisar experimentos : 1. Investigar o efeito da variação de um fator 2. Investigar o efeito da variação de dois ou mais fatores 3. Investigar a variabilidade das medições do laboratório 4. Fazer experimentos sob condições de processo para determinar o grupo ótimo de variáveis 5. Determinar o grupo ótimo de valores de um grupo de variáveis que afetam a variável de resposta	Experimento de um fator  Projeto para dois ou mais fatores  Testes entre laboratórios  Operação evolucionária (EVOP)  Método de resposta de superfície (RSM)

Os métodos estatísticos permitem analisar problemas, visando aplicar aperfeiçoamentos nos sistemas fazendo com que ocorra uma queda no patamar de perdas e desperdícios de natureza crônica neles existentes.

Atualmente as empresas estão procurando a certificação ISO 9000, visando ser reconhecidas mundialmente como tendo um elevado nível de excelência na fabricação de seus produtos e na prestação de seus serviços.

As empresas procuram métodos que possam manter ou melhorar os resultados de seus processos. Os métodos atualmente mais citados são Projeto de experimentos e Controle estatístico de processos.

- Projeto de experimentos (DOE) - método de redução de variações com origem em *causas aleatórias*. Através deste método uma equipe multidisciplinar implementa várias reuniões para definir um plano de experimentos a serem desenvolvidos, visando principalmente implementar melhorias no processo (Juran, 1988).
- Controle estatístico de processos (CEP) - método de controle e redução de variações no processo. Utiliza uma carta de controle que ajuda a detectar as variações oriundas de *causas especiais*. É aplicável ao desenvolvimento de processos de serviços em organizações empresariais que utilizam métodos gerenciais como a Gerência da Qualidade Total (TQM)<sup>8</sup>, ISO 9000 , QS 9000<sup>9</sup>, Teste da multivariabilidade (MVT)<sup>10</sup>, Seis Sigmas e/ou a filosofia de Edward Deming ou o método do ciclo PDCA (Juran ,1988). Mais adiante abordaremos o método do ciclo PDCA.
- Método de análise e solução de problemas (MASP) - é um método que visa eliminar as *causas especiais ou assinaláveis* que afetam o processo criando problemas. É um método gerencial de rápida obtenção de resultados (Campos, 1994). No anexo C é apresentado um resumo descritivo e uma aplicação deste método.

---

<sup>8</sup> TQM - Total Quality Management

<sup>9</sup> QS 9000 - Quality System Requirements

<sup>10</sup> MVT - Multivariable testing



O MASP procura identificar a causa fundamental da variação por meio de :

- reuniões com as pessoas diretamente envolvidas com o processo, principalmente aquelas que operam com o processo;
- análise dos motivos e levantamento das causas prováveis;
- coleta de novos dados e avaliação das causas tidas como mais prováveis;
- testes de hipóteses com as causas mais prováveis;
- identificação e eliminação da causa fundamental;
- teste de consistência, ou seja, verificação de que realmente a causa identificada é a responsável pela grande variação do processo;
- padronização do processo, com a criação ou a reformulação dos procedimentos;

A tabela 3.2 mostra o fluxograma com as diversas etapas da aplicação do MASP.

Tabela 3.2. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

# MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS "QC STORY"

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
<b>P</b>	1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER SUA IMPORTÂNCIA
	2	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA
	3	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS ESPECIAIS E A CAUSA FUNDAMENTAL
	4	PLANO DE AÇÃO	CONCEBER UM PLANO DE AÇÃO PARA BLOQUEAR A CAUSA FUNDAMENTAL
<b>D</b>	5	EXECUÇÃO	APLICAR O PLANO DE AÇÃO
	6	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO
<b>C</b>	?	BLOQUEIO FOI EFETIVO?	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA
	7	PADRONIZAÇÃO	CRIAR PADRÕES
<b>A</b>	8	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO VISANDO TRABALHOS FUTUROS

A Figura 3.4. mostra o diagrama de causas e efeito de Shikawa, utilizado no MASP, elaborado nas reuniões com as pessoas envolvidas no processo de navegação “velocidade de ida”, visando levantar todas as causas que influem no processo. Uma delas é a causa fundamental do problema que está sendo analisado (Campos, 1994).

A Figura 3.5 mostra que todo sistema possui processos com perdas de natureza crônica desde o seu planejamento em função do número de anomalias ou problemas existentes. Mostra que a redução das perdas passa pelo controle dos processos e a aplicação de aperfeiçoamentos que irão mudar o patamar do processo, reduzindo as perdas de natureza crônica e diminuindo a variabilidade do mesmo, de modo que se possa predizer os seus resultados dentro de certos limites (Juran, 1988).



Figura 3.4. Diagrama de Causa e efeito ou de Shikawa .



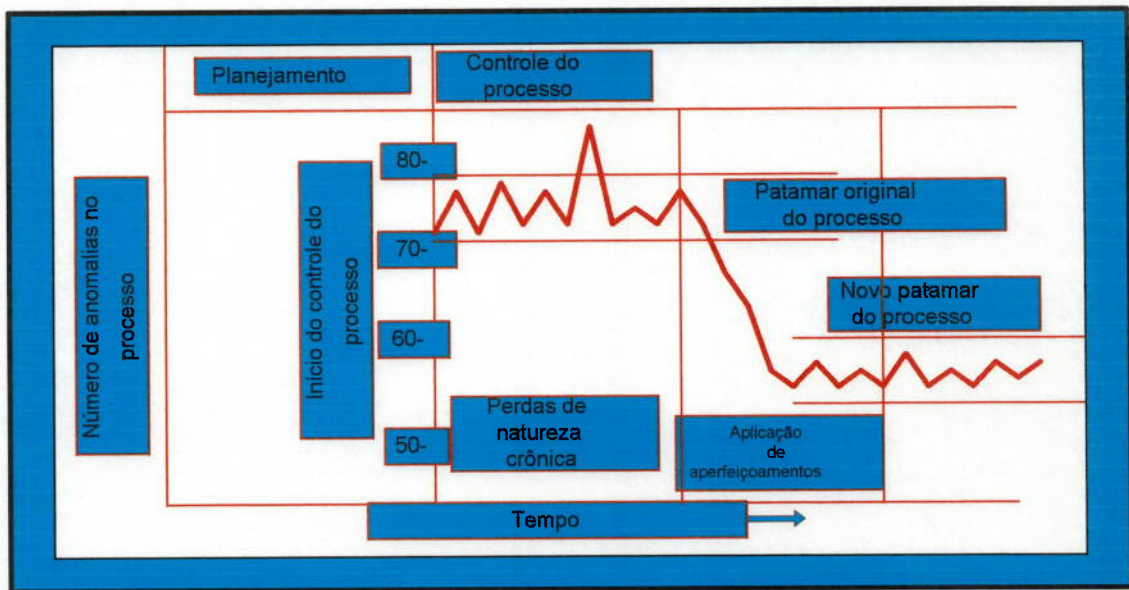


Figura 3.5. Trilogia de Juran (Fonte : Juran, 1988)

### 3.3. - Variações do processo

Um dos axiomas da fabricação em um processo produtivo é que dois objetos produzidos da mesma maneira não são exatamente semelhantes. O conceito de variação é uma lei natural, onde pequenas variações levam à suposição de que os objetos são iguais e grandes variações levam a supor que os objetos são diferentes (Besterfield,1986).

Existem cinco fatores que contribuem para a variação de objetos em uma cadeia produtiva : Processos de fabricação, materiais, ambiente, operadores e a inspeção (Besterfield,1986).

Quando as variações de cada fator são postas juntas existe uma certa capacidade ou precisão onde o processo produtivo irá operar, ou seja, cada fator irá contribuir para que ocorram variações no processo, entretanto,

poderá ser esperado um determinado limite para as variações. Um padrão estável de causas aleatórias ou de chance irá agir no processo, de modo a que as variações flutuem dentro de um patamar esperado.

As causas aleatórias das variações são inevitáveis e, como são de pequena magnitude, é difícil identificá-las (Besterfield, 1986).

As causas que provocam **grandes variações** e, portanto, prontamente identificadas, são classificadas como causas assinaláveis ou **causas especiais** (Besterfield, 1986).

Quando existem apenas **causas aleatórias** agindo sobre o processo, o processo é considerado sobre controle (Besterfield, 1986).

Quando um processo comporta-se com variações fora do patamar esperado diz-se que o mesmo está fora de controle (Besterfield, 1986).

### ***3.4. - Padrão Técnico de Processo***

O padrão técnico do processo é o documento básico para o planejamento do controle do processo (Kume, 1988). Este padrão mostra todo o processo de execução de um serviço, as características a serem medidas e os itens de controle dos operadores.

O padrão técnico do processo traduz para os operadores as necessidades dos clientes através dos itens de controle que devem ser observados.

Haverá um padrão técnico de processo para cada produto ou serviço.

O padrão técnico de processo deve conter os seguintes itens :

- Um fluxograma descritivo dos subprocessos ou dos equipamentos de produção e serviços;
- Pontos em cada estágio onde são efetuadas medidas e conduzido o controle;
- Como coletar dados;
- A descrição do produto ou serviço, quantidades de recursos de equipamentos, pessoal e de informática em cada estágio;
- Descrição detalhada do processo inclusive as transformações físicas que ocorrem em cada procedimento.
- Padrões técnicos referentes a cada processo em particular, inclusive de ação corretiva.

Os itens de controle são colhidos entre as características dos processos críticos.

Deve-se monitorar os itens de controle que reflitam as características do processo que estão causando problemas e aquelas que possam trazer maior valor de ganho para o processo.

Exemplo : Redução no numero de solicitações de transporte atendidas fora do prazo, redução do tempo de viagem da embarcação X entre o porto A e a unidade marítima B.

Os itens de controle são obtidos através da análise do processo, procurando-se determinar quais são os *poucos itens vitais* que respondem

pela grande maioria das variações das características dos produtos ou serviços (Campos, 1994).

Um item de controle do processo constitui-se em um ou mais itens de verificação dos operadores do processo. Por exemplo, no item de controle “número de cargas transportadas fora do prazo” (que interessa ao cliente), os itens de verificação “número de saídas da embarcação do porto com atrasos” e “número de viagens da embarcação com atrasos” (que interessa ao processo) são componentes daquele item de controle porque afetam diretamente o seu resultado.

As metas para manter um processo podem também ser chamadas de metas padrão. Tem-se, então, qualidade padrão, custo padrão, prazo padrão, etc. Uma meta padrão será atingida através de operações padronizadas.

Um aspecto crítico no planejamento é descobrir os padrões que apresentem melhor correlação com os resultados que se deseja do processo a ser controlado.

### **3.5. - O Método PDCA**

O PDCA é um método de gerenciamento voltado para a prática do controle de processos (Campos, 1994).

Existem dois grupos de atividades de gerenciamento de processos necessários para a produção de produtos e serviços :

- Controle de processos : A prevenção de anomalias, mudanças indesejadas, manutenção do “statuo quo”;
- Melhoria de processos : planejamento e criação de benefícios, mudanças desejadas.

O método de gerenciamento de processos e metas PDCA poderia também ser chamado SDCA (S para “standard” ou padrão) . Os estágios do método foram rotulados de “plan-do-check-action” pelos japoneses. A Figura 3.6. mostra o PDCA para manter resultados.

A versão mais antiga do PDCA foi introduzida no Japão por W. Edward Deming, em uma preleção sobre controle estatístico da qualidade, em 1950. O ciclo de quatro estágios de Deming deriva do ciclo de atividades de três estágios de Shewhart necessário para gerenciar um processo de produção : especificidade, produtividade e inspeção. Shewhart observou que as atividades eram análogas aos passos do método científico para obtenção de conhecimentos : hipótese, experimento e teste da hipótese (Juran,1988).

O PDCA ou ciclo de Deming é um processo de aprendizagem e melhoramento. As informações fluem do mercado (cliente) para as especificações do produto ou dos serviços, destas para o projeto do produto ou serviços e para o padrão técnico do processo. Do padrão técnico do processo as informações vão para o operador através dos procedimentos operacionais.



A verificação do sistema é feita em cada processo pelo acompanhamento dos valores das características do processo, pelos dados de inspeção e pelas reclamações dos clientes. As ações corretivas são conduzidas visando produtos ou serviços perfeitos, através de correções nas especificações, no padrão técnico do processo ou nos padrões de inspeção.

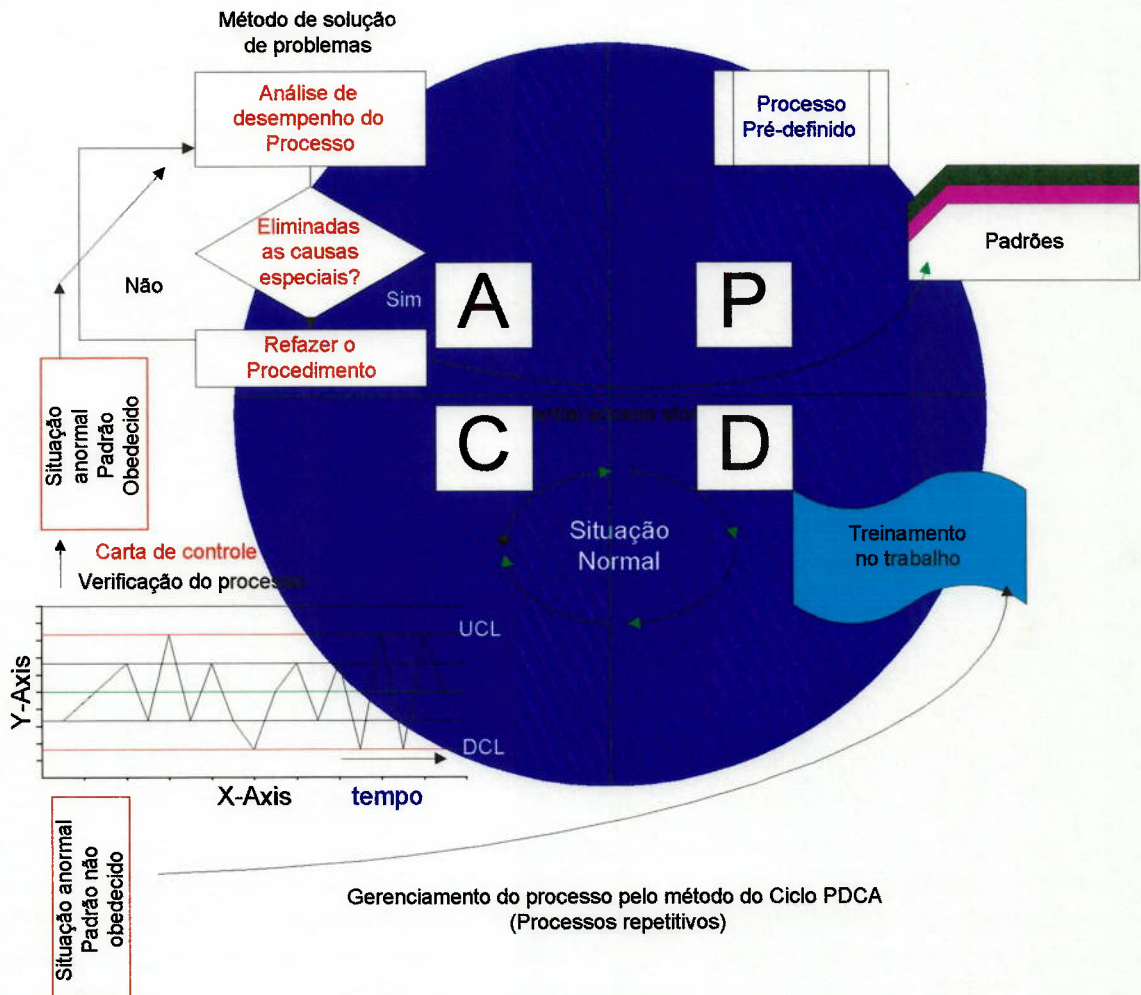


Figura 3.6. Gerenciamento pelo método PDCA (Fonte : Kume,8)

Pela Figura 3.6. verifica-se que a fase do planejamento (P) define os procedimentos e padrões para que a meta seja atingida. A fase da execução (D) coleta dados ao fazer as tarefas e efetuar o treinamento do pessoal no trabalho. Na fase da checagem ( C ) verificamos se a execução foi aquela definida na meta . Caso tenha sido, a execução ( D ) e a verificação ( C ) fecham o ciclo . Entretanto, ocorrendo anomalias, o item de controle acusará.

Se as anomalias ocorrerem por que o padrão não foi obedecido, o pessoal envolvido é retreinado.

Se as anomalias ocorrerem e o padrão foi obedecido, então precisa-se analisar o processo, identificar as causas e alterar os procedimentos de execução das tarefas do processo.

De acordo com Shewhart e Deming, um processo deve estar estável antes de que ele possa ser melhorado (Juran,1988).

**Processo crítico** é o processo que possui fatores de risco que podem comprometer o processo quanto ao seu resultado (Juran,1988). Um exemplo de processo crítico na atividade de transporte de suprimentos seria a viagem da embarcação porque as condições meteorológicas e de carregamento, dentre outras, poderão afetar o resultado em termos de segurança, tempo de carregamento/descarregamento ou em função do tempo de viagem da embarcação.

Além de fatores de risco ambientais, existem fatores humanos e fatores de desempenho de equipamentos da embarcação. Estes fatores

precisam ser conhecidos e controlados para que se possa evitar anomalias ou problemas no processo.

Qualquer desvio das condições normais de operação é uma anomalia ou problema e exige uma ação corretiva. Uma anomalia é uma não-conformidade que afeta o processo e por conseguinte o produto ou serviço. Exemplo : Barulho estranho em um equipamento ou um atraso na entrega de uma carga.

Análise do problema ou da anomalia é a busca sumária e rápida da causa imediata da anomalia e deve ser feita na área de trabalho, de preferência pelo pessoal envolvido no processo.

Os itens de controle são mecanismos estabelecidos no sistema de controle do processo para a medição de resultados das características de determinado processo. O conhecimento de determinado processo é feito através do item de verificação.

Os itens de verificação medem o desempenho dos componentes do processo : Equipamentos, condições ambientais, cumprimento de procedimentos operacionais, etc.

Os itens de verificação de determinado processo são mecanismos de medição dos principais fatores que afetam os itens de controle do processo (Campos,1994). Por exemplo, o item de controle "carga transportada no prazo" é afetado pelos itens de verificação "carga embarcada no porto no prazo", "viagem da embarcação no prazo", "desembarque da carga no prazo", etc.

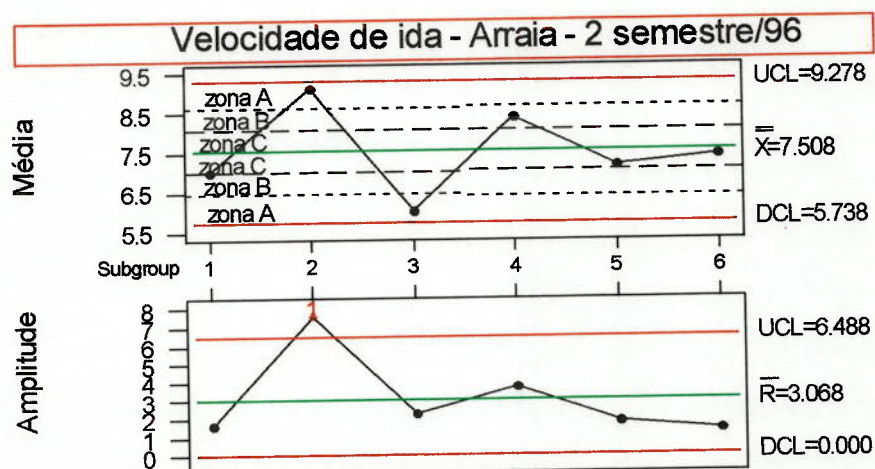
O item de verificação para determinado processo poderá se tornar em um item de controle para outros processos que afetem o anterior ou para componentes do processo. Por exemplo, o item de controle “rugosidade do casco” do processo de manutenção da embarcação é um item de verificação do processo “viagem da embarcação no prazo” porque a rugosidade é afeta a viagem da embarcação.

### **3.6. - A Carta de Controle**

Existem várias ferramentas gráficas utilizadas para apresentar dados de variáveis analisadas em processos que se pretende verificar e controlar.

A carta de controle é uma dessas ferramentas com a vantagem de ter embasamento estatístico na análise e apresentação de dados, permitindo visualizar as medidas das dispersões (desvio padrão ou a amplitude) e a tendência central (média dos valores);

- Traçam-se duas cartas, uma para a medida de tendência central (a média) e outra para a medida de dispersão (desvio padrão  $s$  ou amplitude  $R$ ). A Figura 3.6. mostra um exemplo de carta  $\bar{X}$ - $R$ .(carta de amplitudes) para a “velocidade de ida” para as UM’s de uma embarcação chamada Arraia. Cada ponto lançado na carta superior é a média de cinco (5) medidas de velocidade. Cada ponto lançado na carta inferior é a amplitude (  $R$  ) dessas 5 medidas.



**Figura 3.7. Carta de Controle Xbarra-R.**

- Os grupos de amostras são coletados segundo uma seqüência que obedece intervalos constantes de tempo. Na Figura 3.7 foram coletadas cinco medições por mês, durante seis meses, de julho/96 a dezembro/96;
- A carta deverá ter como eixo vertical a linha graduada com intervalos correspondentes à magnitude das amostras à lançar. Na Figura 3.7.o eixo vertical está dividido por traços equivalentes à hum (1) nó;
- Para cada grupo de amostras calcula-se a média e lança-se na carta das médias. Faz-se o mesmo para o desvio padrão ou para a amplitude e lança-se na carta de medidas de dispersão. Na figura 3.7 estão lançadas as médias e as amplitudes;
- Para maior precisão, divide-se a carta horizontalmente em três zonas de mesma largura igual a um desvio padrão ( $1\sigma$ ), de cada lado da linha horizontal predeterminada ou predefinida como sendo a média desejada.

Pode-se ainda utilizar a média histórica calculada em função das médias das amostras anteriores ( $\bar{\bar{X}}$ ), também chamada média das médias. Na Figura 3.7 utiliza-se a média das médias;

- De cada lado da média existem três zonas, denominadas zonas A, B e C. A zona C é aquela entre a linha da média e a linha tracejada. A zona B é a zona entre a linha tracejada e a linha pontilhada. A zona A é a zona entre a linha pontilhada e a linha do limite de controle da carta (UCL e DCL);
- As linhas do limite de especificação (USL e DSL) não aparecem na Figura 3.7.
- O processo precisa de ajustes se ocorrerem :
  - Dois pontos de três sucessivos do mesmo lado na zona A (a faixa mais afastada em relação a média, com pontilhados), ou além. A zona A corresponde à faixa entre  $2s$  e  $3s$ , ou seja, entre duas vezes e três vezes o desvio padrão;
  - Quatro pontos de cinco sucessivos, do mesmo lado, na zona B (faixa intermediária, entre pontilhados e traços longos), ou além. A zona B corresponde à faixa entre  $1s$  e  $2s$ ;
  - Nove pontos sucessivos do mesmo lado, em relação a linha da média desejada;
  - Seis pontos crescendo ou decrescendo;
  - Quatorze pontos em seguida alternando subidas e descidas;



- Quinze pontos dentro da zona C. A zona C corresponde à faixa entre a linha da média e  $1s$ .

A utilização da carta de controle serve aos seguintes propósitos :

- Prover informações de determinada característica ou item de controle do processo em análise;
- Prover informações visando determinar a capacidade do processo em análise;
- Prover informações visando decisões concernentes à especificação do processo em questão;
- Prover informações para decisões contínuas sobre o processo em questão, de modo a se decidir quando um patamar normal de variações ocorre e pode ser deixado fluir sem ações corretivas e também quando um patamar de variações não é normal e deve-se procurar as causas assinaláveis.

Sabe-se que determinado processo está fora de controle se, medido e comparado com determinado padrão, ele mostrar anomalias em relação ao padrão.

A utilização da carta de controle permite :

- eliminar as anomalias devido as **“causas assinaláveis ou especiais”**, nas quais a atuação imediata é através de **“ação corretiva “**;
- isolar os resultados indesejáveis devido as **“causas aleatórias, comuns ou sistêmicas”**;

- avaliar a **dispersão**, de tal forma a reduzi-la à níveis economicamente viáveis, aumentando a confiabilidade e reduzindo custos.

Quanto maior a dispersão dos resultados de um processo medido em uma carta de controle, menor a confiabilidade do processo.

A carta de controle Xbarra-R (carta de amplitudes) deve ser utilizada quando :

- as medições são dispendiosas;
- o resultado num dado momento apresenta-se homogêneo;

Cuidados com a carta Xbarra-R :

- não são muito sensíveis às alterações do processo;
- os dados devem obedecer a uma distribuição normal.

A carta de controle Xbarra-s (carta de desvio padrão) deve ser utilizada quando :

- os dados são calculados para poucos processos que precisam ser acompanhados;
- pode-se obter amostras maiores;

Cuidados com a carta Xbarra-s :

- poucas amostras poderão trazer dificuldades de calculo, exigindo um maior conhecimento de estatística, como por exemplo, regras de t de "Student" e o conhecimento de regras de coletas de amostras.

### **3.7. - A coleta de dados da amostra**



O termo amostra significa um conjunto de uma ou mais unidades retiradas aleatoriamente de uma coleção de unidades, chamado lote. Este conjunto de unidades pode apresentar ou não as mesmas características do lote.

O tamanho da amostra é o número de unidades na amostra. O número de unidades deve ser uma proporção do lote definida segundo um critério racional.

O número de amostras é o número de conjuntos de unidades a serem coletadas do lote ou coleção de unidades de produtos.

Quando uma amostra é retirada de determinado processo, com critério de ação definido :

- um resultado de boa qualidade do processo pode ser **rejeitado**. Chamado como **erro tipo I**, com probabilidade  $\alpha$ , cujo valor nos processos produtivos geralmente é 0.05;
- um resultado de má qualidade do processo pode ser **aprovado**. Chamado como **erro tipo II**, com probabilidade  $\beta$ .

A estatística básica fornece tabelas e fórmulas através do conceito de **Teste de Hipóteses** (também chamado teste de significância), visando identificar a validade do resultado obtido no processo mediante a avaliação de determinada amostra (Juran, 1988).

Quando a amostra avaliada não reflete a realidade, dizemos que existe um erro amostral . Este tipo de erro não pode ser evitado, mas pode

ser controlado. Entretanto, este erro vai interferir na decisão sobre o processo.

Existem normas para a coleta de amostras de um processo de fabricação, visando controlar os erros amostrais. Duas delas são as MIL-STD-414 e MIL-STD-105D (DOD,1997) que visam as inspeções por variáveis e atributos, respectivamente, de um produto qualquer, definindo o tamanho das amostras e o plano de aceitação do resultado obtido.

Para garantir que as amostras coletadas representem a coleção de unidades existem critérios de inspeção de processos. Estes critérios fazem parte das normas como as acima citadas que definem os critérios de coletas de amostras. Em linhas gerais, estes critérios conceituam o seguinte :

- Existem três níveis de inspeção : Normal, Atenuada ou Branda e Rígida.

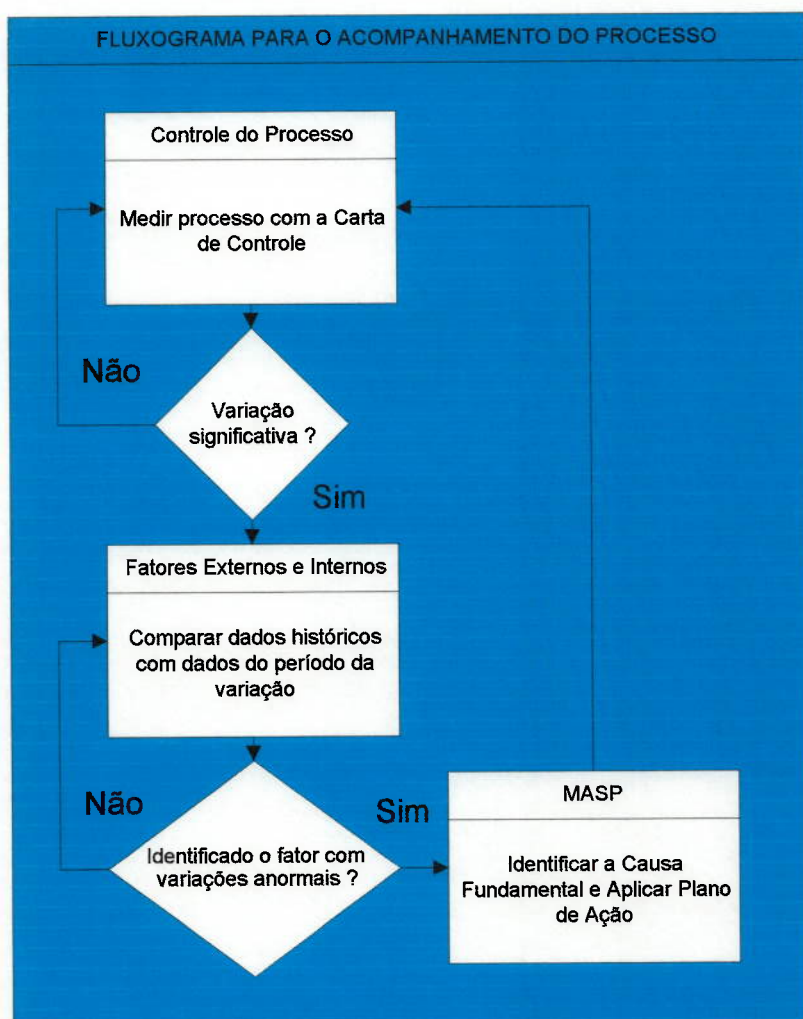
O nível de inspeção determina a relação entre o número de amostras e o tamanho das amostras. Quando o resultado encontrado nas inspeções anteriores mostraram um certo nível de defeitos nas amostras, a norma define se a próxima inspeção será com maior ou menor número de amostras e o tamanho das amostras. Por exemplo, se as últimas cinco (5) inspeções mostraram resultados dentro do aceitável, a próxima inspeção deixará de ser rígida para ser normal. Se as últimas dez (10) inspeções mostraram resultados dentro do aceitável, a próxima inspeção deixa de ser normal para ser atenuada ou branda. No início da inspeção deve-se utilizar a inspeção normal, ela corresponde a um número de amostras menor do que a inspeção rígida e maior do que a inspeção branda.

Um plano de inspeção é um procedimento que especifica o número de amostras a serem coletadas de um lote de produtos e o critério de aceitação do lote. Está baseado no conhecimento ou desconhecimento da variabilidade do processo. Quando desconhece-se a variabilidade do processo, o plano de inspeção utiliza o desvio padrão e a amplitude como método de acompanhamento das dispersões.

### **3.8. - Seqüência do acompanhamento do processo**

Após as explicações anteriores pode-se fazer um fluxograma da seqüência do acompanhamento do processo.

A Figura 3.8. mostra o fluxograma com as principais etapas do acompanhamento de um processo. A carta de controle mede os resultados do processo. Havendo resultado indesejável, analisa-se os fatores externos e internos para identificar qual deles apresenta variações significativas que perturbaram o processo. Busca-se as causas para as variações e identifica-se a causa fundamental. Elimina-se a causa fundamental e acompanha-se o processo para assegurar-se que o processo está sob controle. Cria-se procedimentos operacionais que assegurem a não repetição do resultado indesejável.



**Figura 3.8. Fluxograma para o acompanhamento do processo**

Quando ocorre uma variação significativa verifica-se qual dos fatores externos e internos apresentou variações que geraram a variação do processo, comparando-se os dados históricos com os dados coletados no período da variação significativa. Aplica-se o MASP para identificar e eliminar a causa da variação.

No próximo capítulo faremos a aplicação considerando o fluxograma da Figura 3.8.

## **Capítulo 4 - APLICAÇÃO DA CARTA DE CONTROLE NO PROCESSO “VELOCIDADE DE IDA” DO SISTEMA DE TRANSPORTE MARÍTIMO DE SUPRIMENTOS “OFFSHORE”**

Entre o acionamento do sistema de transporte terrestre e a chegada do produto à UM existem vários processos com inúmeras variações de tempos para executar a tarefa.

Para diversas operações de transporte são realizadas tarefas repetitivas com variações nos tempos gastos para a execução. Para que se possa identificar as causas das variações e garantir que estas não irão prejudicar o resultado obtido é necessário o conhecimento do processo.

O presente capítulo apresenta a aplicação do Controle Estatístico de Processos ao processo de navegação , utilizando a seguinte seqüência :

- Escolha do processo crítico “Velocidade de ida “
- Possibilidade de ganhos no processo “Velocidade de Ida”.
- Estudo das variações no processo “Velocidade de Ida”
- Estudo dos fatores e causas de variação da “Velocidade de Ida”
  - ⇒ Verificação das variações da “Velocidade de Ida”
  - ⇒ Identificação do problema que leva as variações anormais da “Velocidade de Ida”
- Verificação das Causas Prováveis das variações anormais na “Velocidade de Ida”
  - ⇒ Plano de ação para eliminação da Causa Fundamental das variações anormais na “Velocidade de Ida”
  - ⇒ Novas medições após a eliminação da Causa Fundamental
- Padronização do processo “Velocidade de Ida”

⇒ Resultado da avaliação do processo “Velocidade de Ida”

#### **4.1. - Escolha do processo : “Velocidade de ida “**

No Sistema de Transporte de Suprimentos “offshore” deve-se selecionar o processo a ser estudado. A escolha do processo é função de uma avaliação dos ganhos potenciais a serem obtidos com o controle dos resultados.

A Figura 4.1. mostra os principais processos do Sistema de Transporte de Suprimentos “offshore” .

A Figura 4.2 mostra o processo escolhido para a aplicação e mostra-se ainda os principais fatores externos e internos que estão atuando no processo “velocidade de ida”.

Com relação aos fatores externos, obtêm-se os dados para os itens de controle em tempo real e compara-se com os seus dados históricos, ao mesmo tempo que mede-se o item de controle “velocidade de ida”, com o mesmo nome do seu processo visando facilitar o entendimento da aplicação.

Com relação aos fatores internos, obtêm-se os dados para os seus itens de controle em inspeções periódicas e compara-se com os dados históricos.

A tabela 4.1. mostra o Padrão Técnico de Processos com alguns dos processos que são acompanhados visando o atendimento às solicitações de

embarques de suprimentos para UM's. Por exemplo, uma das características a ser controlada no processo de "velocidade de ida" é a pontualidade de todas as embarcações, de modo que sejam mantidos percentuais de atrasos menores que 15%. Para isto, a "velocidade de ida" da embarcação deverá ser mantida entre 8 e 7 nós (limites especificados pelo cliente). O cliente define a data mais cedo e a data mais tarde para receber a carga transportada (produto) e o sistema de transporte deve estar com os processos de modo a atender aqueles critérios. O processo "velocidade de ida" precisa ter como resultado 15% de atendimentos fora do prazo (no máximo), para isto precisa ser controlado. É óbvio que o resultado desejado para o processo seria que todos os atendimentos fossem no prazo. Entretanto, no patamar atual isto não é possível.

Para o processo "velocidade de ida", considerando uma meta a ser alcançada a velocidade de ida para as UM's entre 8 e 7 nós e com a medição da velocidade atual das embarcações determina-se o que será obtido em termos de ganho, caso o processo seja controlado. .



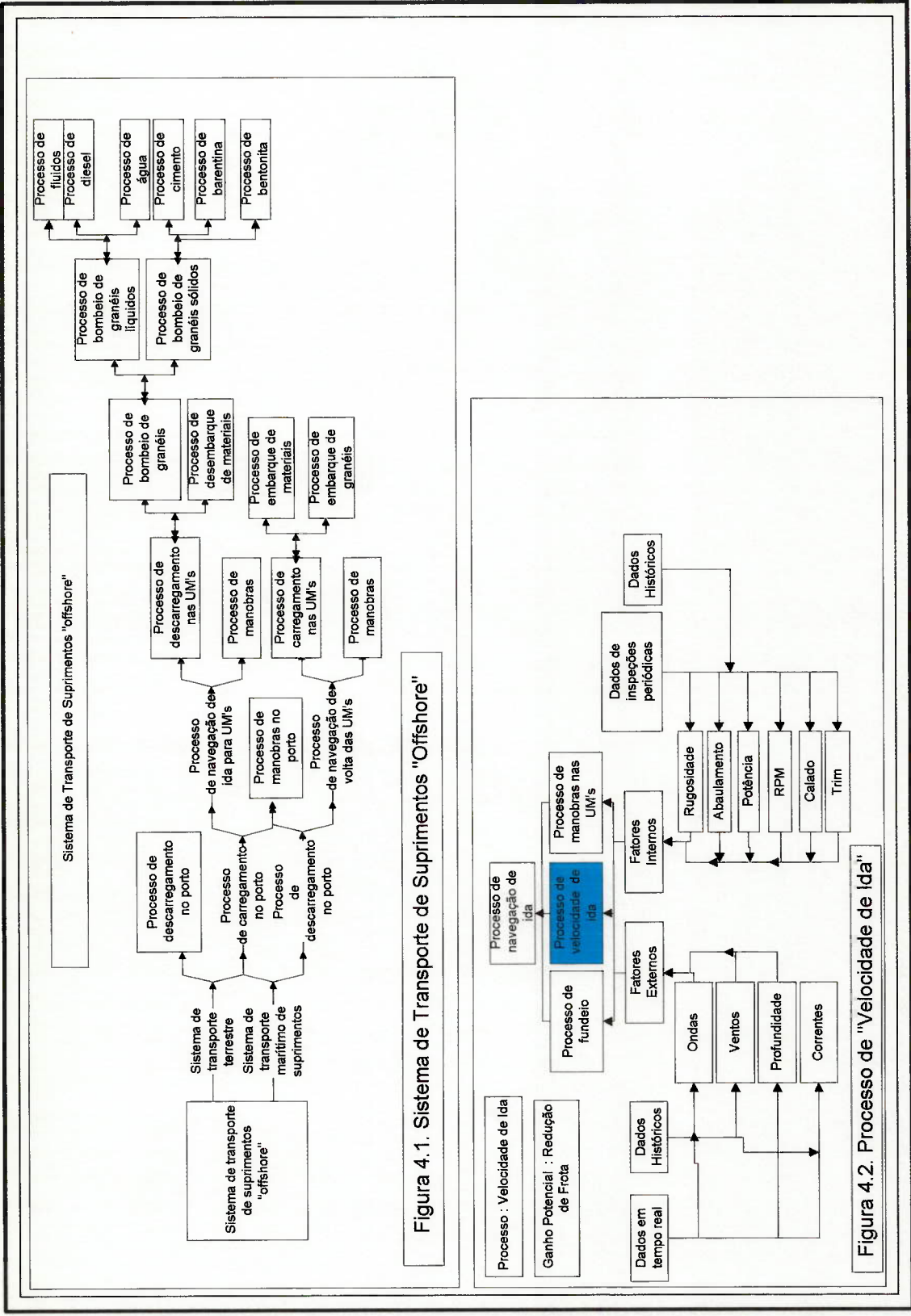



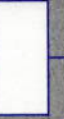




Figura 4.1. Sistema de Transporte de Suprimentos "Offshore"

Figura 4.2. Processo de "Velocidade de Ida"



**Tabela 4.1. Padrão Técnico dos Processos de Suprimentos de UM's<sup>11</sup>(Fonte : Kume,1988)**

PROCESSO FLUXOGRAMA	PROCESSO NOME	ANÁLISE DO PROCESSO		MÉTODO DE CONTROLE		Gráfico de registro	Correções		
		Característica do serviço	Valor assegurado	Item de controle	Limites especificados			Frequência da medição	Procedimento
	Saída porto	Pontualidade	20% no atendimento fora do prazo	Diferença entre saída e data limite de entrega carga na UM	Entre -1 e +4 dias	Todas as idas do porto para-UM	PROUSP-001	Carta de Controle	Padrão X1
	Manobras	Pontualidade	Ausências de fora do prazo	Tempo de manobras	Entre 10 e 20 minutos	10 amostras diárias	PROUSP-002	Carta de controle	Padrão X2
	Velocidade de ida	Pontualidade	15% no atendimento fora do prazo	Velocidade de ida	Entre 7 e 8 nós	Todas as idas	PROUSP-003	Carta de Controle	Padrão X3
	Fundecio	Pontualidade	25% no atendimento fora do prazo	Tempo de fundecio	Entre 10 e 30 minutos	5 amostras diárias	PROUSP-004	Carta de controle	Padrão X4
	Bombeio de água	Eficiência	fora do prazo Vazão>60 m3/h	Vazão de água	Entre 60 e 70 m3/h	Todos navios/sondas	PROUSP-005	Carta de controle	Padrão X5
	Bombeio de diesel	Eficiência	Vazão>60	Vazão de diesel	Entre 60 e 70 m3/h	Um bombeio em cada dois	PROUSP-006	Carta de controle	Padrão X6

<sup>11</sup> A presente tabela é uma adaptação da tabela do padrão técnico de processo apresentado por Kume (1988). A adaptação visa a aplicação ao sistema marítimo "offshore".

#### **4.2. - Possibilidade de ganhos na “Velocidade de Ida”**

Os dados do presente estudo foram obtidos dos sistemas de suprimentos “offshore” existentes no Brasil, na Bacia de Campos e na Bacia Potiguar.

Em uma frota de embarcações de suprimentos que gaste em um ano 15% do tempo total na operação “navegando”, com uma velocidade média de 6 nós, existe uma possibilidade de reduzir a frota se a velocidade média for melhorada para 8 nós. Isto é explicado da seguinte maneira :

O ganho na velocidade das embarcações da frota afeta positivamente com :

- Maior rapidez na realização das viagens por embarcação;
- maior número de viagens por embarcação em determinado período;
- menor tempo de atendimento às solicitações de suprimento por embarcação;
- menor número de embarcações necessárias para o mesmo volume de solicitações de transporte;

O aumento da velocidade reflete negativamente com :

- maior consumo de diesel por embarcação;
- necessidade de maior rapidez no planejamento das programações de suprimentos;

O ganho no tempo de navegação será obtido eliminando-se as causas especiais ou assinaláveis que afetam o processo de velocidade de cada embarcação.

Com a eliminação das causas assinaláveis ou especiais reduzem também as variações do processo de navegação e melhora as previsões de entrega do suprimento.

#### ***4.3. - Estudo das variações na “Velocidade de Ida”***

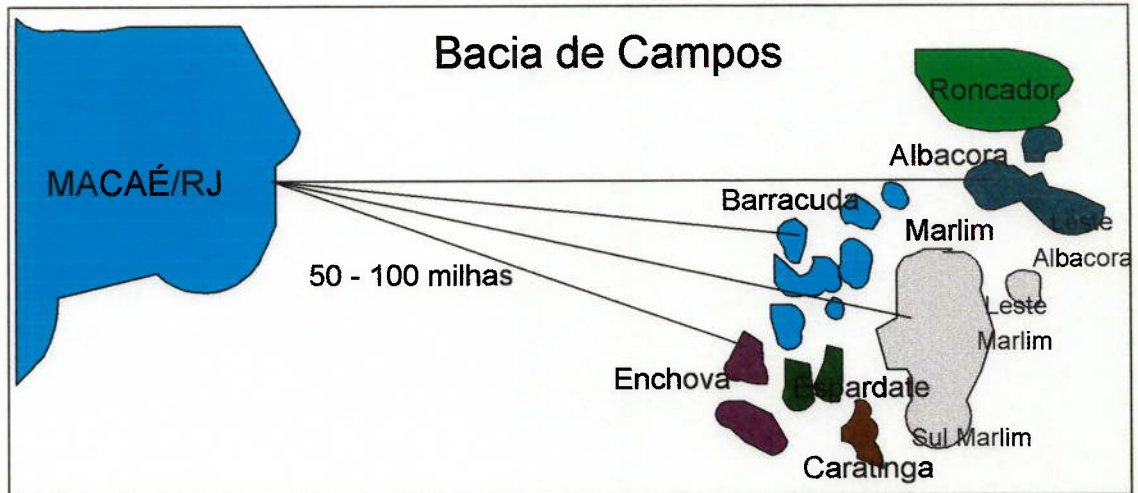
Quando a embarcação deixa o porto em direção às UM's, a navegação se faz com a influencia de vários fatores, entre eles, as condições ambientais ou estados de mar. A embarcação está carregada e o seu calado está maior, exigindo maior potência propulsiva.

Para a avaliação inicial do processo foram coletados os tempos gastos para a embarcação realizar determinado percurso, separando-se os percursos de ida para as UM's dos percursos de volta das UM's.

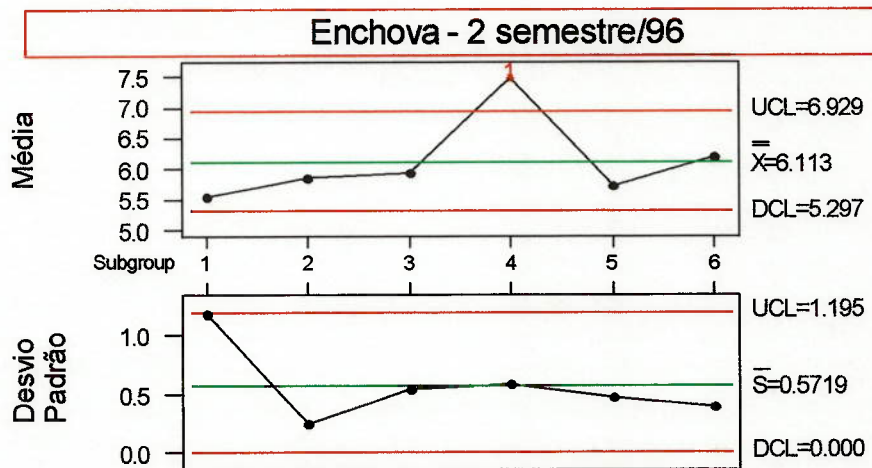
A Figura 4.3. mostra os percursos entre Macaé/RJ e as UM's na Bacia de Campos. As navegações realizadas no sentido porto-UM são os que exigem maiores esforços de potência e velocidade das embarcações de suprimentos por que elas navegam contra os ventos e ondas e com maior calado por estarem carregadas de suprimentos para as UM's.

Todas as embarcações deslocando-se desde o porto até a primeira UM navegam de 50 a 100 milhas. Isto significa que para uma variação de 8 para 6 nós da velocidade de ida da embarcação, existe uma variação de 2 a

4 horas de atraso. Considerando-se que não devem ocorrer filas nas UM's estas variações irão comprometer a pontualidade das programações.



**Figura 4.3. Percursos de navegação (Fonte : PETROBRÁS, 1996 )**



**Figura 4.4. Velocidade de ida da embarcação Enchova (Fonte : PETROBRÁS, 1996)**

A Figura 4.4 mostra o comportamento da “velocidade de ida” da embarcação Enchova durante o segundo semestre de 1996. Cada ponto da

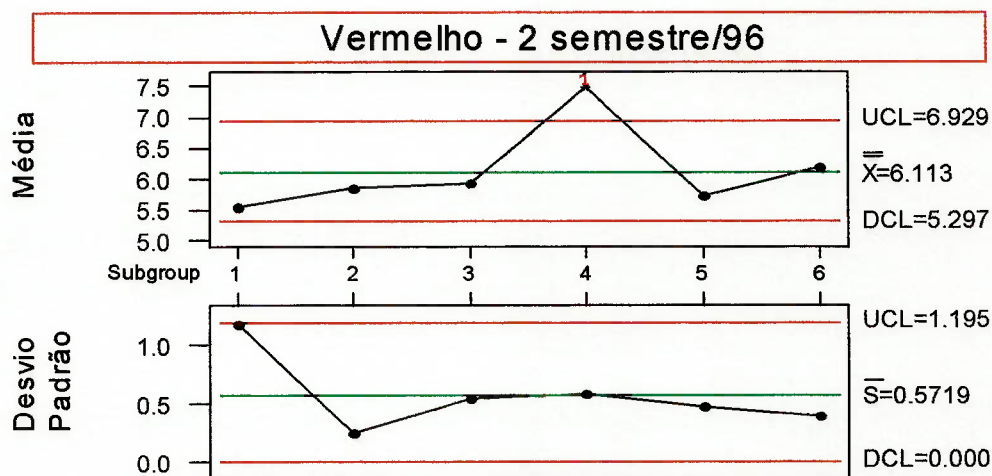


carta representa a média de cinco medições de “velocidade de ida” efetuadas durante os meses de julho a dezembro/96, conforme os dados obtidos na Bacia de Campos. Cada embarcação faz mensalmente cerca de cinco viagens para as UM’s. Observa-se na Figura 4.4 através dos dados mostrados na carta que o primeiro grupo de cinco medições de velocidade apresentou uma média de velocidade próxima à linha DCL das médias. O segundo grupo e o terceiro grupo mostram médias maiores. O quarto grupo de medições mostra a média acima da linha UCL..

Podemos afirmar com base na Figura 4.4 que a embarcação apresenta com probabilidade de 99,74%, a sua velocidade variando entre 6.9 e 5.3 nós. A carta de controle foi gerada no programa estatístico MINITAB. O anexo B mostra como fazer para obter a carta de controle utilizando o MINITAB.

A Figura 4.5 mostra o comportamento da embarcação Vermelho avaliada no mesmo período e da mesma maneira que a embarcação Enchova. As embarcações são “sister ships”, ou seja, são semelhantes.

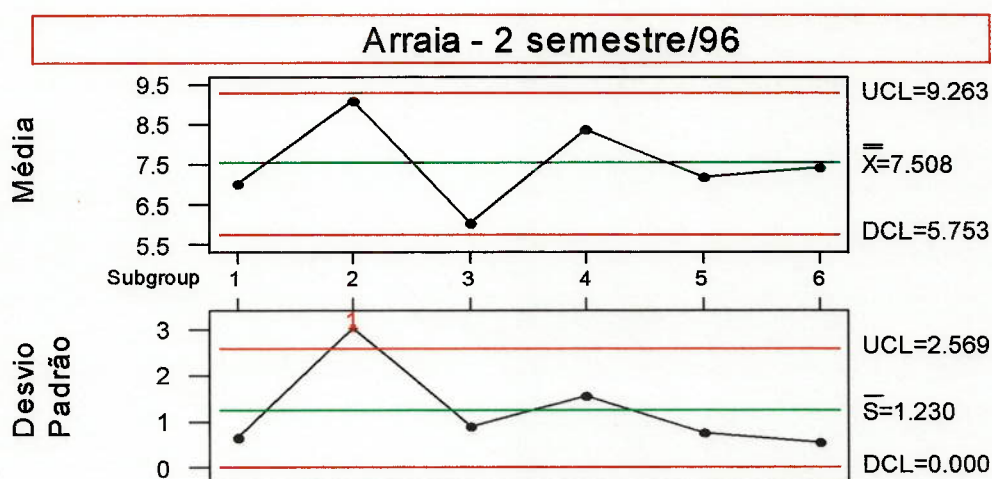
Observa-se que a embarcação Vermelho apresenta uma variação de velocidade entre 7.8 e 4.7 nós. A velocidade média foi praticamente a mesma da “Enchova”.



**Figura 4.5. Velocidade de ida da embarcação Vermelho**

(Fonte :PETROBRÁS)

A Figura 4.6 mostra o comportamento da embarcação Arraia avaliada da mesma maneira que a “Enchova” e “Vermelho”. Todas as três embarcações são semelhantes.



**Figura 4.6. Velocidade de ida da embarcação Arraia (Fonte: PETROBRÁS)**

A velocidade da "Arraia" apresentou uma variação de 9.3 a 5.7 nós e a média das médias de 7.5 nós.

Esta embarcação apresentou a média das médias das velocidades maior do que as anteriores, no entanto, também apresentou grande variação na velocidade, fato demonstrado pela carta de desvio padrão.

#### ***4.4. - Estudo dos fatores e causas da variação da "Velocidade de Ida".***

A avaliação da velocidade apenas não é conclusiva. Deve-se analisar os fatores externos e internos à embarcação que influenciam na variação da velocidade das embarcações. As causas da variação da velocidade estão nestes fatores.

Deve-se trabalhar com os fatores que são mais significativos e avaliar a sua correlação com a velocidade. Qualquer processo dentro do sistema de transporte de suprimentos poderá ser avaliado da mesma forma, avaliando-se os fatores que apresentam correlações significativas com a variação do item de controle do processo .

Durante o projeto da embarcação, existem equações que determinam a potência propulsiva necessária para que a embarcação desenvolva a velocidade de serviço. Desta forma, quando a embarcação está em serviço, considera-se que as variáveis comprimento, calado, rugosidade de casco, altura de ondas, velocidade de ventos dentre outras foram correlacionadas de modo tal que a embarcação terá a potência suficiente para desenvolver a

velocidade necessária aos serviços (Manning,1964). Portanto, para que a embarcação mantenha a velocidade de navegação variando dentro de limites aceitáveis, não havendo deficiências, bastará controlar a potência propulsiva, ou seja fornecer a potência necessária à velocidade desejada para a qual foi projetada.

#### **4.4.1. Fatores significativos que atuam na navegação**

Os fatores significativos são aqueles que poderão comprometer a característica medida no processo, no caso a velocidade de navegação, tornando-o um processo crítico. Mais especificamente, durante o transporte realizado pela embarcação, algumas características da embarcação ou do ambiente que estão presentes continuamente e que poderão afetar o processo.

##### **4.4.1.1. Fatores internos significativos**

São os fatores atribuíveis à embarcação, ou seja, são características da embarcação que estão presentes continuamente e que poderão afetar o processo. Os fatores internos significativos são;

- calado da embarcação;
- trim da embarcação;
- potência da embarcação;
- RPM do motor;
- rugosidade do casco;



- abaulamento do casco.

#### **4.4.1.2. Fatores externos significativos**

São os fatores atribuíveis ao ambiente ou estado de mar, ou seja, são características da região na qual se encontra a embarcação, estão presentes continuamente e poderão afetar o processo. Os fatores externos significativos são;

- velocidade dos ventos;
- direção dos ventos;
- altura de ondas;
- direção de ondas;
- velocidade de correntes;
- direção de correntes;
- profundidades do percurso;

Cada fator, externo ou interno, se comporta como um item de verificação que afeta o item de controle, no caso, a velocidade da embarcação, com uma correlação forte ou fraca, ou seja com maior ou menor influencia sobre o processo.

#### **4.4.2. Causas das variações que atuam na navegação**

As variações da velocidade de navegação da embarcação podem ter como causas, por exemplo, manutenção deficiente, falta de treinamento da tripulação, acidentes, fenômenos, obsolescência, etc. Nestes casos, precisa-

se analisar os fatores que influenciam o processo para identificar o problema e as causas que estão ocasionando as variações.

Pode-se relacionar, por exemplo, algumas causas que influenciam na navegação de determinada embarcação:

- **Tempestades** - Fenômeno natural que gera ventos e ondas de grandes magnitude, constituindo-se em uma causa aleatória. Apesar de serem fenômenos de difícil previsão de ocorrências, estes representam exceção à regra, ou seja, normalmente se conhece as amplitudes de variação de ondas e correntes de determinada região na ausência de tempestades e os projetos deverão prever se trabalhar com as variáveis conhecidas. Entretanto, tratando-se de fenômenos naturais como tempestades atualmente o homem ainda não dispõe de mecanismos capazes de prever a sua magnitude. No caso da navegação de embarcações os projetos são definidos em função de curvas de desempenho considerando as amplitudes conhecidas das variáveis que apresentam correlação significativa, no caso ventos, ondas e correntes;
- **Sobrecarregamento** - Falhas de carregamento que levam à colocação de carga em excesso na embarcação, fazendo com que a mesma fique com o calado acima do admissível, constituindo-se em uma causa assinalável. O disco de Plimson visa evitar tais falhas. A movimentação de lastros à bordo durante a viagem poderá vir a adicionar lastros sem a percepção dos operadores;

- Carregamento mal distribuído - Falhas de carregamento que levam a embarcação a ficar trimada ou derrabada, dificultando a sua propulsão, constituindo-se em uma causa assinalável;
- Traçado deficiente da rota - Falhas de traçado onde não são consideradas as influências de correntes, ventos e ondas e a curvatura terrestre, constituindo-se em uma causa assinalável;
- Obsolescência - Embarcações ou equipamentos obsoletos apresentam dificuldade de reposição de componentes, aumentando os problemas de manutenção e conseqüentemente da velocidade da embarcação. O obsolescência de embarcações é uma causa assinalável;
- Manutenção deficiente - Perda de potência devido à falta de descarbonização dos componentes dos motores propulsores, mancais do eixo propulsor com atrito elevado devido a desalinhamentos, aumento da resistência ao avanço devido ao aumento da rugosidade em função da pintura deficiente do casco. A manutenção deficiente é uma causa assinalável.

#### **4.4.3. - Coleta de dados dos fatores que afetam a “Velocidade de Ida”**

A coleta de dados dos fatores deverá ocorrer de modo a não gerar altos custos do controle e de modo a trazer confiabilidade no controle. Isto também é um motivo para se trabalhar apenas com os fatores significativos.

Existem Instituições, governamentais ou não, que coletam dados dos fatores externos ambientais, segundo procedimentos internacionais. Entretanto, as medições podem ter um nível de detalhes aquém do necessário, forçando a coleta dos dados dos fatores na região estudada.

#### **4.4.3.1. Coleta horária de dados de fatores ambientais**

Os dados dos fatores ambientais que afetam a embarcação durante a viagem são coletados tradicionalmente em intervalos de 1 hora. São eles estado de ventos, ondas, e correntes.

Após alguns anos se terá com determinado grau de certeza, para determinada região, as curvas representativas com os limites destes fatores. Como exemplo, a Figura 4.7 mostra as curvas características de velocidade de ventos e altura de ondas do campo de produção de petróleo de Ubarana/RN para o primeiro e segundo semestres de 1995, coletadas pelo mesmo órgão que gerencia as atividades do campo de petróleo. Os valores são as máximas (UCL, com 95% de certeza) alturas de ondas e velocidades de ventos observadas de duas em duas horas com a precisão de 10 centímetros e 1 nó respectivamente. Os valores apresentam duas casas decimais resultantes dos cálculos efetuados para obter o valor UCL, ou seja

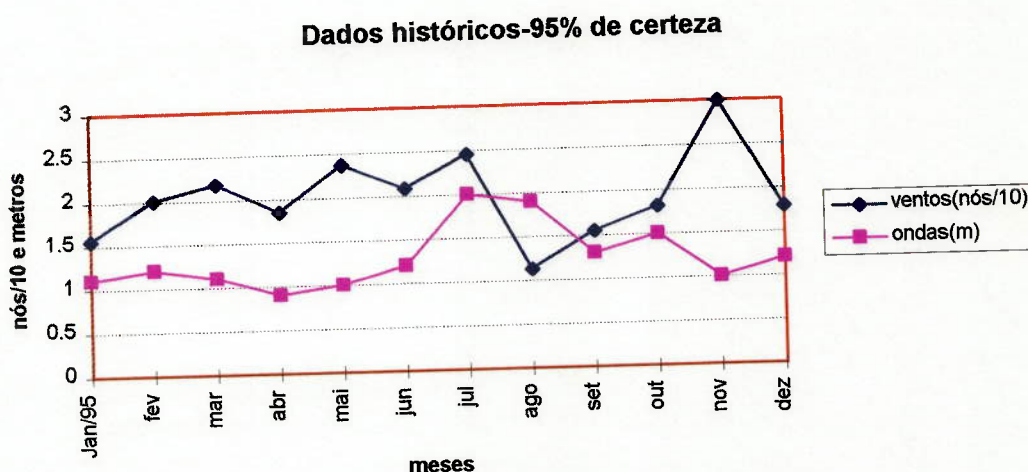
$$UCL = \frac{t.s}{\sqrt{n}} + \bar{X}, \text{ onde } t \text{ é o } t \text{ de Student, encontrado em tabelas}$$

estatísticas, com (n-1) graus de liberdade, sendo n o tamanho da amostra,

utilizado para  $n < 30$ , e o intervalo de confiança desejado (95%).  $\bar{X}$  é a média dos dados e  $s$  é o desvio padrão da amostra. O  $t$  é escolhido por que o  $n < 30$ , para os dados coletados ao longo do mês, ou seja diariamente. Caso fosse  $n > 30$ , o  $t$  seria substituído pelo  $z$ , (coeficiente da distribuição normal), no intervalo do teste de confiança, devido  $\sigma \cong s$  (desvio da população pode ser considerado igual ao desvio da amostra).

Na Figura 4.7 estão lançadas as velocidades de ventos e alturas de ondas máximas calculadas da seguinte forma :

- As leituras de ondas máximas foram agrupadas mês a mês. Para cada mês, foi calculada a média  $\bar{X}$  e o desvio padrão  $s$  dos dados agrupados, no total de 12 grupos.



**Figura 4.7. Velocidades de ventos e alturas de ondas do ano de 1995**

(Fonte : PETROBRÁS)

- Com a fórmula do intervalo de confiança, acima, foi calculado o valor UCL, que corresponde ao limite superior do intervalo. Calculou-se com 95% de certeza utilizando-se a tabela de t de Student (ver anexo A) com n-1 graus de liberdade;
- Repetiram-se os cálculos com os dados de velocidade de ventos;
- Com os doze valores UCL's calculados de ondas e doze de ventos, utilizou-se o "software" Excell para traçar as curvas. As maiores alturas de ondas foram nos meses de junho e julho/96, em torno de 2.0 metros. As maiores velocidades de ventos foram 30 nós em dezembro/96.

A Figura 4.8 mostra uma previsão de alturas de ondas significativas fornecida por uma Instituição dos E.U.A para o dia 04.01.97, para uma região significativa do oceano Atlântico. Os valores são lidos com a precisão de 1 metro.

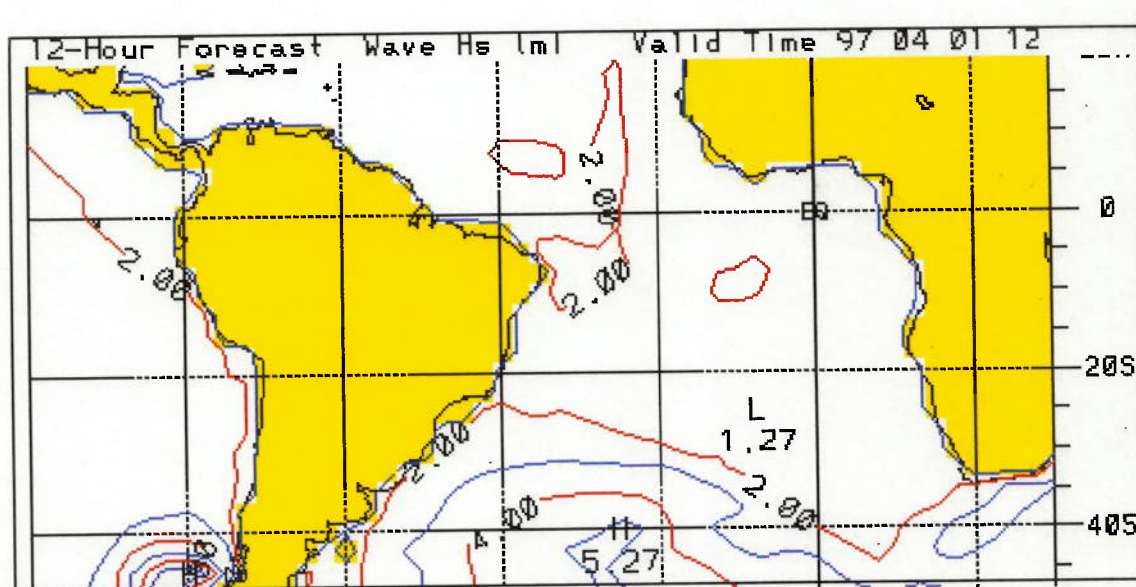


Figura 4.8. Previsão das alturas de ondas significativas (Fonte : Wave Global Statistics,1997) .



Para o presente estudo estes dados não servem por falta de maior precisão, permitindo variações de velocidades da embarcação muito grandes no intervalo de 1,0 metro de altura de ondas.

Os dados coletados pela Marinha do Brasil, por área (chamadas alfa, golf, etc) também não servem porque são para áreas muito extensas, com pouca confiabilidade, ou seja, os valores medidos possuem um intervalo de variação muito grande.

Os dados atualmente coletados na Baía de Campos para alturas de ondas satisfazem, porque mostram porcentagens de ocorrências de alturas de ondas de 0.5 metros, conforme mostrado na tabela 4.2 dentro de uma micro-região que abrange o norte do estado do Rio de Janeiro.

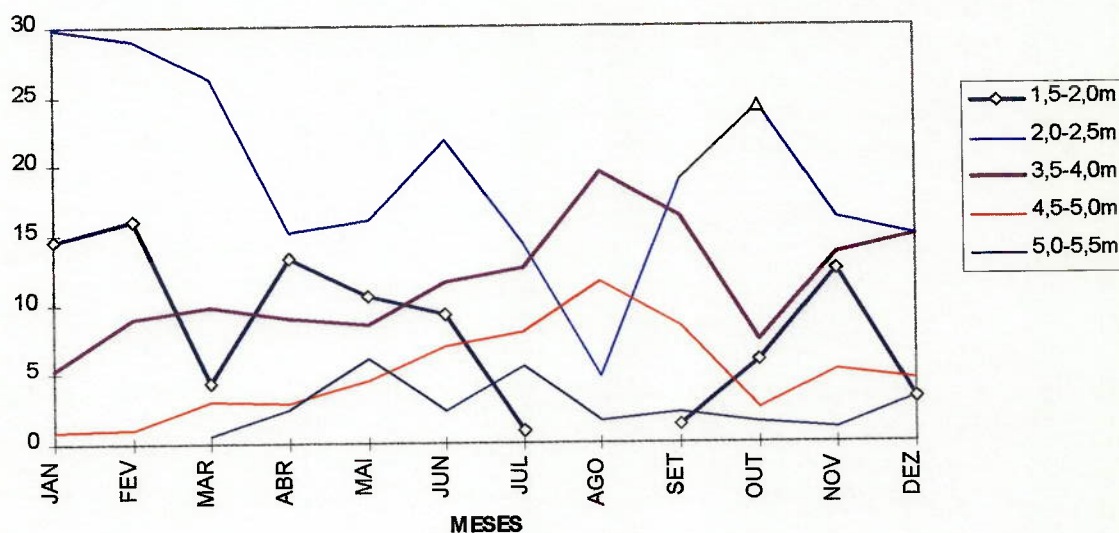
**Tabela 4.2. Dados históricos - Porcentagens de ocorrências de alturas máximas de ondas na Baía de Campos. (Fonte: PETROBRÁS,1995).**

MÊSES	1,5-2,0m	2,0-2,5m	3,0-3,5m	3,5-4,0m	4,0-4,5m	4,5-5,0m	5,0-5,5m
JAN	14.5	29.9	16.3	5.4	5.0	0.9	0.5
FEV	16	29	10.5	9	1	1	
MAR	4.3	26.2	23.2	9.8	6.7	3	0.6
ABR	13.2	15.2	26	8.9	7.4	2.9	2.5
MAI	10.5	16	14	8.5	9.5	4.5	6
JUN	9.2	21.8	13.8	11.5	10.3	6.9	2.3
JUL	0.8	14.3	23.9	12.6	9.2	8	5.5
AGO		4.7	23.6	19.4	12.6	11.5	1.6
SET	1.3	18.9	19.4	16.3	12.8	8.4	2.2
OUT	5.9	24.3	18.3	7.4	5.4	2.5	1.5
NOV	12.4	16.1	20.7	13.5	7.3	5.2	1
DEZ	3.2	14.8	19.4	14.8	11	4.5	3.2

A partir da tabela 4.2, montou-se a Figura 4.9 que permite a seguinte avaliação sobre a região da Bacia de Campos :

- o primeiro semestre apresenta menor percentual alturas de ondas acima de 5 metros;
- os meses de julho, agosto e setembro apresentam as maiores ondas;
- As alturas de ondas aumentam à partir de dezembro. O mês de agosto apresenta as ondas mais altas e o mês de janeiro as ondas mais baixas.

**PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DE ALTURA DE ONDAS  
ALTURAS MÁXIMAS  
BACIA DE CAMPOS**



**Figura 4.9. Dados históricos - Porcentagens de alturas máximas de ondas - Bacia de Campos (Fonte CEMPES /PETROBRÁS, 1995 ).**



É fácil, desta forma, visualizar o que acontecerá com a velocidade das embarcações, considerando que haja correlação com alturas de ondas. O mesmo servirá para ventos, correntes e outros fenômenos físicos obtidos mediante estudos ambientais.

#### **4.4.3.2. Coleta por evento de dados de fatores**

Os dados normalmente coletados são :

- trim da embarcação - Antes da saída do porto;
- calado da embarcação - Antes da saída do porto;

Estes fatores são coletados visando acompanhar as condições de operação da embarcação.

Considera-se que o trim e o calado não se alteram durante o percurso do porto às UM's.

#### **4.4.3.3. Coleta mensais de dados de fatores**

Os dados normalmente coletados são :

- potência dos motores propulsores (IHP<sup>12</sup> e BHP<sup>13</sup>);
- RPM do motores propulsores;

Estes dados visam acompanhar as condições de manutenção da embarcação.

A observação da RPM dos motores propulsores por parte da tripulação geralmente ocorre com maior freqüência, entretanto o enfoque

---

<sup>12</sup> IHP - Medida de potência indicada em KW, CV ou HP nos cilindros - Indicated Horse Power

dado é diferente, pois não são geradas informações à partir das observações.

#### **4.4.3.4. Coleta anual de dados de fatores**

Os dados normalmente coletados são :

- rugosidade do casco;
- abaulamento do casco;

O abaulamento do casco ocorre em função da perda de espessura das chapas do casco ao longo dos anos e a troca de algumas chapas fazendo com que existam chapas novas e chapas velhas juntas, criando grandes deformações no perfil do casco. Estas deformações geram resistência ao deslocamento que afetam negativamente a velocidade da embarcação, entretanto com magnitude desprezível para o estudo do transporte.

A embarcação apresentará maior resistência ao avanço nos dias que antecedem a docagem. Atualmente, as Sociedades Classificadoras e autoridades navais exigem a docagem em períodos de 30 meses para embarcações de suprimentos "offshore". Convém lembrar que antes da docagem para desenvolver a mesma velocidade que desenvolvia com o casco limpo, a embarcação precisará de maior potência dos motores propulsores (Manning, 1964).

---

<sup>13</sup> BHP - Medida de potência de freio em KW, CV ou HP no eixo de manivelas- Brake horse Power

A tabela 4.3. indica os parâmetros aceitáveis para a rugosidade de casco de embarcações . As embarcações devem atender as condições definidas por normas internacionais para rugosidade.

Em média a rugosidade é acrescida de 20  $\mu\text{m}$ /ano medida através do método BSRA. O incremento de rugosidade por docagem é de 14  $\mu\text{m}$ , ou seja, após o tratamento do casco não será possível trazer a sua rugosidade para o nível de rugosidade medido durante a última docagem anterior.

Portanto, existe um incremento de rugosidade em função dos anos e em função do número de docagens normais.

**Tabela 4.3.- Medições de rugosidade de embarcações de diferentes anos de idade (Fonte : BSRA<sup>14</sup>)**

CONDIÇÃO	AHR ( $\mu\text{m}$ ) <sup>15</sup>
Embarcação nova durante sua construção, colocação da quilha e tinta primer	40-60
Embarcação nova com recobrimentos anti-corrosivo e anti-incrustante	80-180
Embarcação depois de três anos de serviço	melhor 110
	pior 350
Embarcação depois de seis anos de serviço	melhor 130
	pior 650
Embarcação depois de quatorze anos de serviço	melhor 380
	pior 1100

<sup>14</sup> BSRA- British Ship Research Association

<sup>15</sup> AHR - Average Hull Roughness

#### **4.4.4. Considerações sobre a coleta de dados**

A relação da velocidade com os fatores, depende de uma análise estatística, sendo necessária além da coleta de dados das velocidades e dos fatores :

- verificar se existem correlações paralelas, ou seja, se existem correlações entre os fatores. Por exemplo, a velocidade dos ventos faz com que aumente a altura de ondas;
- verificar como se comporta a combinação destes fatores. Por exemplo, a ação da velocidade dos ventos combinada com a ação da direção e sentido dos ventos influencia reduzindo ou aumentando a velocidade da embarcação;
- verificar os fatores que possuem correlações fortes com a velocidade e aqueles que apresentam correlações fracas ou pouco significativas. Por exemplo : A profundidade é um fator que pouco influencia a velocidade da embarcação de calado máximo 5 metros, para profundidades acima de 20 metros.

As informações de velocidade das embarcações são reais e foram coletadas de um programa de gerenciamento computacional de operações de transporte marítimo "offshore" que descreve os dados operacionais na Bacia de Campos/RJ e na Bacia Potiguar/RN.

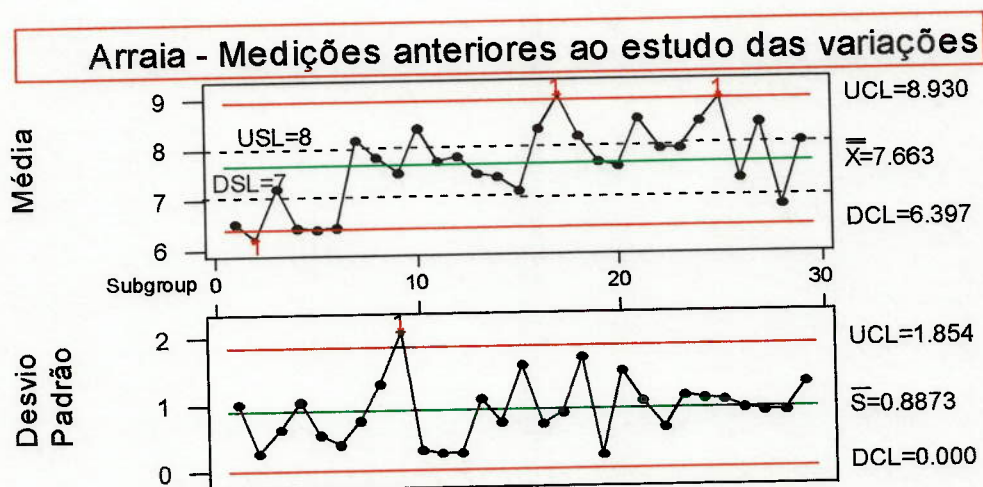
Para efeito de avaliação foram efetuadas as seguintes considerações:

- a velocidade é calculada em nós dividindo a distância pelo tempo gasto para a embarcação fazer o percurso para o processo de navegação entre o porto e as UM's. Foram levantados 30 subgrupos de amostras de "velocidade de ida", com 5 elementos em cada subgrupo, durante o período de julho de 1995 a janeiro de 1997, ou seja, durante 20 meses, representados pela carta de controle da Figura 4.10;
- o calado é medido na saída da embarcação. Para facilitar, considera-se que a embarcação permanece em trim durante o percurso, ou seja, considera-se que uma pequena variação no trim representa uma correlação fraca com a velocidade;
- a velocidade dos ventos é medida de hora em hora, em nós, através de anemômetros, na região em que navegam as embarcações;
- foram considerados com correlação forte os sentidos e direções dos ventos soprando do Sudeste, do Leste e do Nordeste;
- a altura de ondas será medida de hora em hora, em metros, segundo padrões internacionais;
- a velocidade das correntes é medida em nós. Considera-se também no exemplo que a medição serve para toda a área avaliada;
- os sentidos e direções de correntes serão avaliadas em função dos sentidos e direções predominantes na área. Consideram-se significativas no exemplo aquelas vindas de Leste, Nordeste e Norte ;

#### **4.5. - Verificação das variações da "Velocidade de Ida"**

Na carta de controle mostrada na Figura 4.10, o processo está fora de especificação por que :

- Os pontos 7, 10, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 27 e 29 estão com valores acima da linha do limite de especificação superior (USL), definido como 8 nós (linha tracejada horizontal superior);



**Figura 4.10. Medições da antes do estudo das variações do processo (Fonte : PETROBRÁS)**

- Os pontos 1, 2, 4, 5, 6 e 28 estão com valores abaixo da linha do limite de especificação inferior (DSL), definido como 7 nós (linha tracejada horizontal inferior);

#### **4.5.1. - Identificando o problema que leva as variações anormais da "Velocidade de Ida"**

Na Figura 4.10 verificamos também que o processo está fora de controle por que :

- Os pontos 2, 4, 5 e 6 estão abaixo ou sobre a linha do limite de controle inferior (DCL) (6.397);
- Os pontos 17 e 25 estão acima do limite UCL (8.93);
- Os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão do mesmo lado, ou seja mais de 2 pontos sucessivos do mesmo lado na zona A (mais longe da média);
- Os pontos 10, 11, 12, 13 e 14 estão do mesmo lado, ou seja, mais de 4 pontos sucessivos na zona B (mais próxima da média) ;

O problema está identificado. No caso, é a variação acima do tolerável para a velocidade da embarcação Arraia

#### ***4.5.2. - Verificação das Causas Prováveis das variações anormais na "Velocidade de Ida"***

O próximo passo consiste em identificar as causas da variação da velocidade. É necessário concentrar atenção nos pontos mais discrepantes, mostrados na Figura 4.10, ou seja :

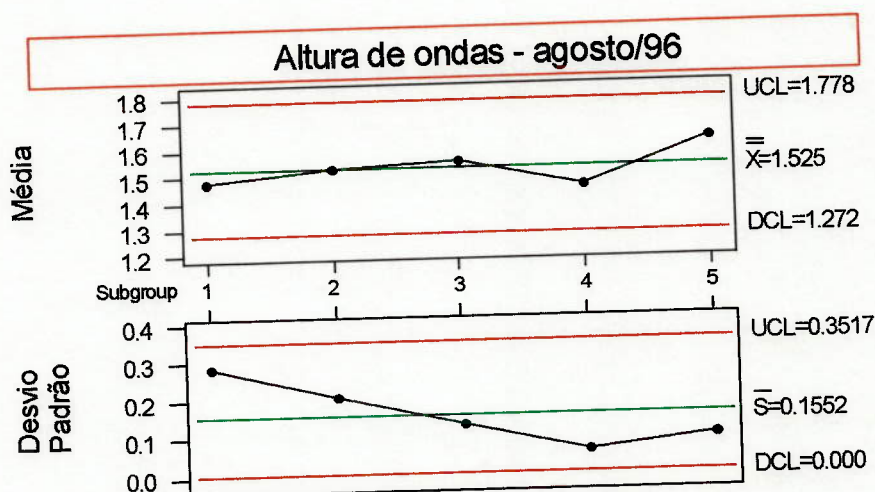
- Naqueles pontos fora dos limites de controle (UCL/DCL);
- Nos pontos 1, 2, 3, 5 e 6 por que representam os pontos de menor velocidade da embarcação. O ponto 2 está mais afastado do limite DCL e deverá ser o primeiro ponto a ser estudado. O ponto 2 corresponde ao mês de agosto de 1996;



- Comparar as medições atuais dos fatores com as medições históricas dos mesmos fatores;

Um grupo de trabalho deverá levantar junto com o pessoal envolvido nas operações todos as informações sobre fatores externos e internos dando ênfase a :

- Checagem das alturas de ondas do período :

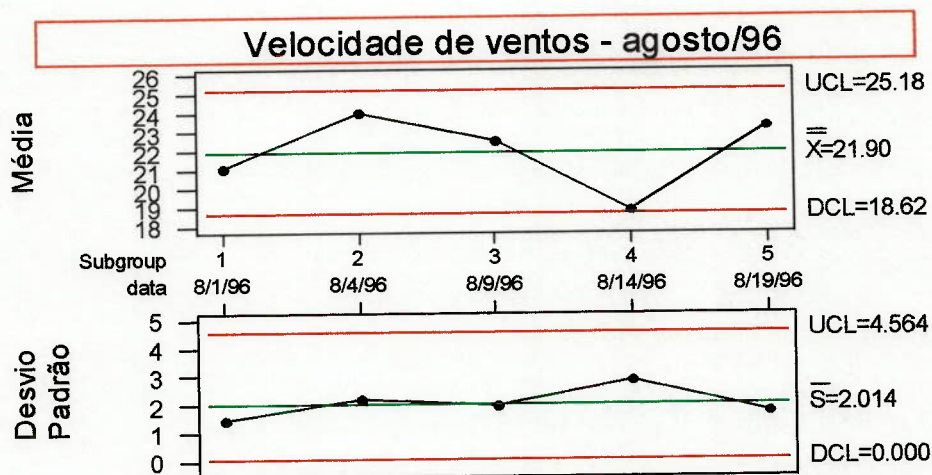


**Figura 4.11. Registros de alturas de ondas**

A carta de controle da Figura 4.11 mostra certa regularidade dos registros das alturas de ondas, com variação entre 1.27 e 1.78 metros, para o mesmo período dos pontos visados (1, 2, 3, 5 e 6) da carta de controle da Figura 4.10, ou seja, agosto de 1996. Os dados históricos da Figura 4.7 para altura de ondas são maiores que as medições atuais da Figura 4.11. Portanto, a causa não é altura de ondas.



- Checagem das velocidades de ventos no período :



**Figura 4.12. Registros de velocidades de ventos**

A carta de controle da Figura 4.12 (medições atuais) mostra certa regularidade dos registros das velocidades de ventos, com maior valor (UCL) de 26 nós enquanto que a curva 4.7 (dados históricos) mostra valor máximo de 30 nós em novembro/96, portanto, a causa não é velocidade de ventos.

- Checagem das condições de casco e calado de viagem :

A medição da rugosidade do casco vai mostrar se esta é a causa. A embarcação tem 6 anos de construída e os dados coletados foram lançados na tabela 4.4.

Os registros da tabela 4.4 mostram certa regularidade para a rugosidade (135) com valores abaixo do limite (350) da tabela 4.3. Portanto, a causa não é a rugosidade do casco.

**Tabela 4.4. Registros de controle da rugosidade, potência e calados**

Item	rugosidade	data	IHP	data	Calado
1	112	01/10/95	1450	01/03/96	3.1
2	135	01/10/96	1301	01/04/96	3.2
3			1440	01/05/96	3.1
4			1445	01/06/96	3.2
5			1445	01/07/96	3.3
6			1250	01/08/96	3.4
7			1450	01/09/96	3.3
8			1445	01/10/96	3.2
9			1210	01/11/96	3.3
10			1445	01/12/96	3.2

- Checagem da potência dos motores propulsores.

Os registros de potência da tabela 4.4 estão com três valores (1301,1250 e 1210) muito baixos em relação aos demais. A causa fundamental pode ser o motor da embarcação. Para se ter certeza, é necessária a coleta de dados dos motores propulsores, visando encontrar a causa da perda de potência e fazer novas avaliações da velocidade da embarcação após a eliminação da causa fundamental.

Reuniões com as pessoas envolvidas irão agilizar as ações a serem tomadas visando a eliminação da causa fundamental. Como se nota, os dados numéricos não darão a rapidez necessária para se atingir com profundidade a solução do problema. Daí a vantagem do MASP.

Para que a explanação não seja muito cansativa, abordamos um caso prático do MASP, em detalhes, no anexo do presente trabalho.

#### ***4.6. - Plano de ação para eliminação da Causa Fundamental das variações anormais na “Velocidade de Ida”***

A tabela 4.5. apresenta um exemplo de plano de ação e metas para ajustes do processo de velocidade de navegação que faz parte do MASP e visa reduzir as perdas do processo, através da distribuição de tarefas para operadores, supervisores e gerentes envolvidos na manutenção da embarcação e treinamento da tripulação. Para eliminar a causa fundamental poderão ser necessários um ou mais planos de ação, de modo a distribuir as equipes de trabalho em volta de determinado processo de treinamento ou de estudos.

Com o plano de ação elimina-se a causa fundamental e as novas medições irão mostrar se apenas aquela causa era a responsável pela falta de controle do processo.

As novas medições permitem que sejam comparadas também embarcações “sister ships”, operando na mesma região, nas mesmas condições de calado e rugosidade de casco.

**Tabela 4.5. Exemplo de Plano de Ação para ajustes do processo de navegação no sistema de suprimentos**

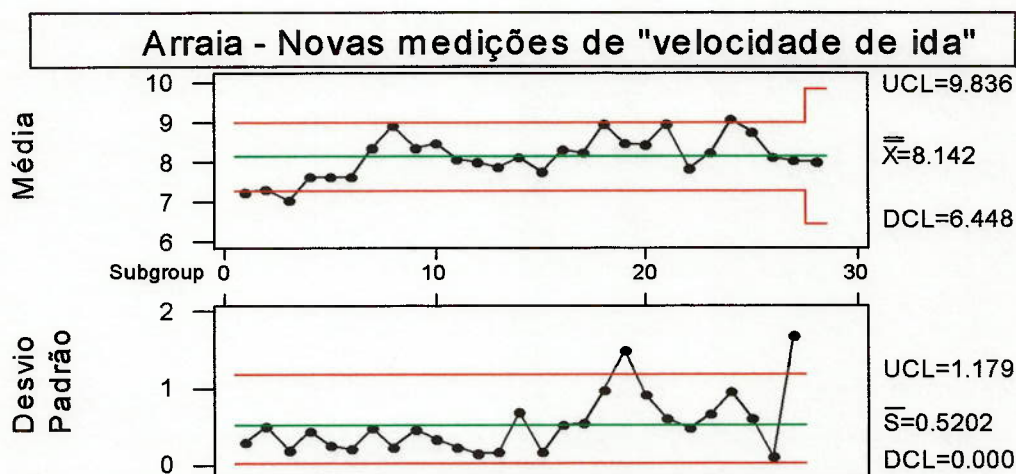
<b>PLANO DE AÇÃO</b> : Processo de navegação - Ajustes				
<b>META</b> : Corrigir a velocidade da embarcação Arraia				PAA/97
<b>PROCESSO</b> : Treinamento das Empresas prestadoras de serviço de transporte marítimo				Local : Macaé/RJ
<b>PROBLEMA</b> : Perda de tempo de navegação com causas relacionadas à manutenção dos motores propulsores da embarcação		<b>Item de controle</b> : Tripulantes treinados em manutenção de injetores, bombas injetoras e regulagem de cremalheiras <b>Prazo Geral</b> : Setembro/97 <b>Responsável</b> : Sr. B		
<b>PROJETO</b> : Elaboração de diretrizes e um plano de ação junto com a contratada de modo a orienta-la na criação de um programa de treinamento dos tripulantes.				
<b>Planejamento</b>			<b>Execução</b>	
nº	O que fazer	Quem	Prazo	O que foi feito
1	Definir o número de tripulantes a serem treinados mensalmente	Sr. X e Sr. Y	Jul/97	
2	Solicitar à contratada para elaborar um formulário de avaliação mensal dos motores, por tripulação	Sr.A e Sr. B	Jul/97	
3	Solicitar para a contratada elaborar um formulário de relação dos injetores substituídos, por código, com data de substituição e nome do tripulante responsável.	Sr. X e Sr. Y	Abr/97	
4	Fazer cronograma de reuniões mensais com o treinador	Sr. A e Sr. B	Mar/97	

Tabela 4.5 (continuação)

n°	O que fazer	Quem	Prazo	O que foi feito
5	Fazer cronograma de reuniões mensais com os comandantes	Sr. B	mar/97	
7	Fazer CCQ com a gerência da manutenção	Sr. W	Mar/97	
8	Encerrar o programa	Sr. B	Mar/98	

#### 4.6.1. - Novas medições após a eliminação da Causa Fundamental

As novas medições, correspondem à fase de verificação utilizando a carta de controle da embarcação para ver se realmente a causa fundamental foi eliminada :



**Figura 4.13. Novas medições de velocidade da embarcação.**

Com os novos valores medidos e mostrados na Figura 4.13, verificamos que :



- A sua média de velocidade passou de 7.66 para 8.14 nós, com um aumento de 6.27 %;
- O processo continua fora de controle, entretanto, observa-se menores variações no processo;
- Os pontos da carta de controle de desvio padrão mostram que ocorreram variações grandes, após um período inicial muito bom. Estas variações precisarão ser avaliadas, pois podem ter surgido em função de novas causas;
- A causa fundamental foi eliminada, entretanto, outras causas especiais de elevada magnitude devem estar agindo no processo;

#### **4.7. - Padronização do processo “Velocidade de Ida”**

A padronização visa criar procedimentos que evitarão a degeneração do processo, de modo a que não retorne para o patamar anterior.

As variações mostradas na Figura 4.13, não são mais na mesma magnitude das variações medidas na Figura 4.9. e os procedimentos para evitar a repetição do problema que causava aquelas variações precisam ser estabelecidos.

Para criar o procedimento, o MASP lança mão de um diagrama chamado 5W1H. A tabela 4.6 é um exemplo de um diagrama 5W1H, visando o acompanhamento do processo “Velocidade de ida”. Por exemplo, o diagrama na primeira linha define :

Tabela 4.6. Diagrama 5W1H para acompanhamento da velocidade.

<b>DIAGRAMA 5W1H PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA VELOCIDADE DAS EMBARCAÇÕES DE SUPRIMENTOS</b>					
<b>WHAT (O QUE)</b>	<b>WHEN (QUANDO)</b>	<b>WHO (QUEM)</b>	<b>WHERE (ONDE)</b>	<b>WHY (POR QUE)</b>	<b>HOW (COMO)</b>
Coletar leitura de calado	Saídas da embarcação	Inspetor A	Na embarcação no porto	Disponibilizar dados atualizados de acompanhamento de fatores internos	Tirando a média do calado à vante e à ré
Coletar leitura de rugosidade de casco	Mensal	Idem	Idem	Idem	Pontos da embarcação definidos em procedimento próprio
Coletar leituras dos motores	Mensal	Idem	Na embarcação no trajeto porto-UM's	Idem	Leitura completa de RPM, potência, temperaturas e pressões, conforme manual do fabricante
Coletar dados ambientais	Horas pares do dia, todo dia	Setor X	Campo	Idem	Conforme procedimentos internacionais
Coletar Velocidade das embarcações	Viagens Porto-UM's	Setor Y	Sistema de informações do transporte marítimo	Idem	Conforme procedimento
Traçar carta de controle de velocidade por embarcação	Semanal	Inspetor A	Na embarcação	Para controlar o processo	Utilizando procedimento e MINITAB
Avaliar velocidade	Idem	Idem	Idem	Idem	Comparando valores obtidos carta de controle com especificação
Avaliar fatores externos	Idem	Idem	Idem	Para avaliar variações no processo	Comparações com valores históricos
Avaliar fatores internos	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem
Identificar variações discrepantes	Idem	Idem	Setor A	Identificar causas especiais	Girando o PDCA e aplicando o MASP



- O que (what) precisa ser feito : Coletar leitura de calado;
- Quando (when) precisa ser feito : Nas saídas da embarcação;
- Quem (who) fará a leitura de calado : Inspetor A;
- Onde (where) fará a leitura de calado : Na embarcação, no porto;
- Por que (why) fará a leitura de calado : Dispor de dados atualizados;
- Como (how) fará a leitura do calado : Tirando a média da leitura de calado à vante e à ré;

Deste modo, todos os passos necessários ao procedimento estão suficientemente definidos.

A etapa seguinte seria treinar o pessoal envolvido no controle do processo. Este treinamento necessitaria também de um plano de ação, de modo a concentrar esforços nas áreas mais necessitadas de treinamento.

Após as novas medições mostradas na Figura 4.13, pode-se verificar que :

#### ***4.8. - Resultado da avaliação do processo “Velocidade de Ida”***

O estudo do processo da embarcação “Arraia” permitiu uma melhora na “velocidade de ida” de 6.27%.

Com um ganho de 6.27 % obtido na velocidade, pode-se projetar uma melhora para toda a frota de “sister ship”, com igual valor.

## **CAPITULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. - Contribuições**

O presente trabalho foi desenvolvido para apresentar a aplicação de cartas de controle como um método de controle adequado para o sistema de transportes de suprimentos “offshore”, mostrando com um enfoque prático o aspecto funcional da carta no sistema de controle dos processos de transportes.

As principais contribuições do presente trabalho serão apresentadas a seguir.

- Descreve o controle estatístico de processos;
- Conceitua os processos críticos e os descreve para o sistema de transporte de suprimentos “offshore”;
- Descreve como monitorar determinada característica de um processo, utilizando a carta de controle;
- Diferencia os dois tipos de causas de variação de um processo;

Partindo do pressuposto que em termos de eficiência, o transporte pode ser tratado de forma semelhante aos processos produtivos, o presente trabalho identifica características específicas dos processos de transporte de suprimentos “offshore”, expõe os seus processos críticos e propõe um roteiro para aplicar a carta de controle, identificar anomalias e buscar suas

causas aplicando o MASP como um método rápido de análise e solução de problemas do processo.

## **5.2. - Conclusões**

Pode-se enumerar as seguintes conclusões :

- Os conceitos apresentados no presente trabalho visando a melhoria dos processos do sistema de transporte de suprimentos “offshore” constituem um registro de progresso e uma indicação de direção importante no qual pode-se esperar futuros desenvolvimentos;
- A solução de problemas indicados pela carta de controle utilizando o MASP será de grande utilidade porque os processos do transporte de suprimentos “offshore” costumam ter poucas causas que se repetem por falhas no bloqueio destas, fazendo com que os problemas voltem a se manifestar. Esta peculiaridade do sistema, com poucos problemas vitais, permitem que os processos sejam controlados e rapidamente corrigidos utilizando o MASP;
- O MASP não é o método mais eficiente, mas se adequa com muita desenvoltura às necessidades do sistema de transporte “offshore”, que precisa de soluções rápidas;
- A utilização de cartas de controle geradas em programas estatísticos como o MINITAB dará ensejo a pesquisas e o conhecimento aprofundado dos processos de transportes;

- Com a finalidade de demonstrar a aplicabilidade dos conceitos e métodos propostos foi realizado um estudo de caso para o processo de navegação, com o item de controle “velocidade de ida” para embarcações operando na Bacia de Campos/RJ;
- O procedimento proposto deverá ser aplicado em outras situações reais e outros os processo críticos, de modo que possa haver uma melhoria global no sistema;
- Os conceitos apresentados no presente trabalho, foram discutidos de forma genérica, demandando a sua aplicação à adaptação dos mesmos à realidade dos sistemas de transporte nas diversas regiões.

### **5.3. - Limitações**

No transporte de suprimentos “offshore” começa-se uma nova fase, que busca valorizar a visão do cliente, mas não existe ainda a preocupação de coletar dados visando melhorar os processos. No caso das bacias petrolíferas, a pequena quantidade de registros de condições operacionais obtidos está longe de ser suficiente para analisar estatisticamente os processos de transporte.

Os processos críticos do sistema de transporte de suprimentos “offshore” ainda são conhecidos superficialmente. No caso específico do processo “velocidade” das embarcações de suprimentos “offshore” mede-se

atualmente a velocidade da embarcação, mas não os fatores que atuam sobre a velocidade e as suas causas de variação.

#### **5.4. - Continuidade**

Tendo em vista as conclusões e limitações apresentadas, recomenda-se para a continuação e aprimoramento da pesquisa que nos estudos futuros sejam examinados e desenvolvidos alguns dos itens mencionados a seguir :

- O método de “engenharia de experimentos” é muito citado por Juran e outros autores como eficiente para a análise e solução de problemas. Por esta razão é necessário que se investigue a utilização do método de “engenharia de experimentos” para a análise e solução de problemas dos processos do sistema de transporte de suprimentos “offshore”;
- As análises das anomalias dos processos darão ensejo à necessidade de classificação destas em cada processo pesquisado. Por esta razão, recomenda-se que se investigue as anomalias dos processos de transporte classificando-as por categorias.

## **A. CARTAS DE CONTROLE**

### ***A.1. - Introdução***

Dr. Walter Shewhart, da Bell Telephone Laboratories, desenvolveu a teoria do controle estatístico do processo. Shewhart analisou muitos processos diferentes e identificou dois componentes da variação do processo. O primeiro componente de variação era inerente e contínuo e o segundo era intermitente. O primeiro componente, Shewhart atribuiu à variações aleatórias, devido causas ocasionais. O segundo componente, Shewhart atribuiu à variações devido causas especiais ou assinaláveis. Shewhart concluiu que as causas assinaláveis poderiam ser economicamente descobertas e eliminadas, sem mudar basicamente o processo.

A variação de uma característica particular do processo pode ser quantificada por amostragem do resultado do processo e pelo cálculo estimado dos parâmetros da sua distribuição estatística. Mudanças na distribuição são identificadas pelo lançamento dos parâmetros ao longo do tempo.

Existe uma grande quantidade de cartas de controle para o controle estatístico de processos. A carta deve ser escolhida segundo a aplicação, ou seja o tipo de controle da variável ou atributo a ser medido.

A carta de controle indica quando se deve tomar uma providência em relação a um processo, evitando que o mesmo se degenere. São baseadas na análise e no ajuste das variações ao longo do tempo.

### **A.2. - Tipos de Carta de Controle**

**Carta de variáveis** - São aquelas utilizadas no controle de variáveis contínuas ou discretas. Exemplo : Velocidade, Temperatura, Comprimento, etc.

**Carta de atributos** - São aquelas utilizadas no controle de atributos, ou seja, a características cujos resultados de análise foram expressos de forma não-mensurável.. Exemplo: Lâmpada acende/não acende, diâmetro de furo menor/maior, tarefa completa/incompleta.

### **A.3. - Cartas de Controle de variáveis**

**A.3.1. Medidas individuais** - Na carta são colocadas seqüencialmente cada medida realizada. Exemplo : Medidas de temperaturas diárias. Para cada dia é lançada uma temperatura e a carta em 30 dias mostra as temperaturas com 30 pontos. A carta fornece a média dos 30 pontos. A carta utiliza uma linha como a média  $\bar{X}$ , com 30 elementos de amostras.

**A.3.2. Média** - Na carta são colocadas seqüencialmente a média de um subgrupo de medidas realizadas em cada ponto. Exemplo. Medidas de temperaturas com 3 medições diárias durante 30 dias. Para cada dia é



lançada na carta um ponto representando a média ( $\bar{X}$ ) das 3 medições do dia. A carta fornece uma linha como a média dos 30 pontos, ou seja, a média das médias ( $\bar{\bar{X}}$ ).

**A.3.3. Mediana** - Similar a carta do item A.3.2, porém não trabalhando com a média, e sim com a mediana.

**A.3.4. Média Móvel** - Similar a carta do item A.3.2, porém a média das médias é substituída pela média das últimas médias que pode ser escolhida. Geralmente escolhe-se a média das 3 últimas médias.

**A.3.5. Média e amplitude** - Além de fornecer a carta do item A.3.1, fornece a carta das amplitudes R, com a sua média ( $\bar{R}$ ). Exemplo : Amplitude das temperaturas é uma carta que mostra seqüencialmente a maior diferença entre as temperaturas medidas e a média calculada.

**A.3.6. Média e desvio padrão** - Além de fornecer a carta do item A.3.2, fornece a carta do quadrado das diferenças entre as medidas e a média calculada (desvio padrão s). A carta utiliza uma linha como a média do desvios ( $\bar{s}$ ).

Existem outras cartas derivadas das acima citadas. Em resumo as cartas das variáveis são apresentadas aos pares da seguinte forma:

- Medidas individuais (X);
- Média e amplitude ( $\bar{X}$  - R);
- Média e desvio padrão ( $\bar{X}$  - s);
- Média móvel;

- Amplitude móvel;
- Mediana e amplitude;

Destas cartas apresentadas, a mais eficiente e mais difícil de calcular é a carta de média e desvio padrão, também conhecida como Xbarra-s (item A.3.6). O desvio padrão da amostra não é tendencioso como no caso da carta Xbarra-R (item A.3.5) , permitindo que a amostra coletada seja menor.

#### **A.4. - Cartas de Controle de atributos**

**A.4.1. Percentual defeituoso (p)** - Na carta são colocadas seqüencialmente medições de porcentagem de produtos não-conforme.

Exemplo : p = número de lâmpadas queimadas no lote dividido pelo número de lâmpadas testadas do lote, multiplicado por 100. Recebemos um lote de 1000 lâmpadas por dia, retiramos 10 lâmpadas/dia e as testamos. Destas 10, 3 estavam queimadas, ou seja 30% da amostra. Na carta colocamos um ponto para cada dia e o ponto representa p = 30%. Para cada dia lançamos a porcentagem de lâmpadas queimadas ou não-conforme, ou seja o p. O valor  $\bar{P}$  representa a média dos pontos p's medidos diariamente.

- Os limites da carta serão dados por :

$$\bullet \quad UCL = \bar{P} + 3\sqrt{(1 - \bar{P})\frac{\bar{P}}{n}}$$

- $DCL = \bar{P} - 3\sqrt{(1-\bar{P})\frac{\bar{P}}{n}}$

- O desvio padrão é  $\sqrt{(1-\bar{P})\frac{\bar{P}}{n}}$ , onde  $n$  é o número de remessas, ou número de  $p$ 's.

**A.4.2. Unidades defeituosas (np)** - Na carta são colocadas seqüencialmente medições de unidades de produtos não-conforme. Exemplo : Recebe-se 300 pára-brisas/mês. Inspiciona-se 10 pára-brisas/dia quanto a riscos e conta-se 5 riscos  $p = 5/10 \times 100 = 50\%$ , seria a fração de defeitos . O resultado diário do teste iria direto para a carta. Cada ponto da carta seria a fração de unidades defeituosas  $p$  de pára-brisas com riscos. O  $\bar{p}$  é a média dos  $p$ 's, ou seja,  $(p_1 + p_2 + \dots + p_{30})/30$  . O valor médio da fração de pára-brisas com riscos/dia em um período com  $n$  observações ou remessas seria representado por  $n\bar{p}$  onde  $n$  é fixo, ou seja, o número de remessas (300) no período não varia.

- Os limites da carta serão dados por :

- $UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{(1-\bar{p})n\bar{p}}$

- $DCL = n\bar{p} - 3\sqrt{(1-\bar{p})n\bar{p}}$

- O desvio padrão é  $\sqrt{(1-\bar{p})n\bar{p}}$

**A.4.3. Número de defeitos na amostra ( c )** - Nas cartas são colocadas seqüencialmente o número de defeitos existentes no produto. Utiliza-se para amostras constantes, ou seja de mesmo tamanho. Exemplo : Examinando um grupo diário de 5 subgrupos ou amostras iguais de chapas do convés coletadas, cada grupo de chapas tinha os seguintes valores de pontos de corrosão :  $c_1 = 3$  ,  $c_2 = 4$  ,  $c_3 = 1.3$  ,  $c_4 = 3$  ,  $c_5 = 1.3$  . Para cada dia teremos um ponto na carta. O ponto acima será representado pela média do grupo ou seja  $\bar{c} = 2.52$  furos.

- Os limites da carta serão dados por :

- $UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$

- $DCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

- O desvio padrão é  $\sqrt{\bar{c}}$

**A.4.4. Número de defeitos na amostra ( u )** - Na carta são colocadas seqüencialmente os números de defeitos das amostras. Neste caso as amostras não são de tamanho fixo ou variável. No exemplo dos furos nas chapas os grupos são :

- dia 1 : 3 furos na chapa1, 4 furos na chapa 2, 1 furo na chapa 3, 2 furos na chapa 4, 2 furos na chapa 5. Portanto 5 amostras (  $n = 5$  ),  $u_1 = 2.4$  furos;
- dia 2 : 4, 3, 3 furos. Portanto somente 4 amostras (  $n = 4$  ),  $u_2 = 3.5$  furos;
- Os limites da carta será dada por :

- $UCL = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$  onde  $\bar{U}$  é a média dos u's (média das médias) e  $\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$  é o desvio padrão das médias. O n é o número de dias, ou seja, o número de grupos de amostras.

- $DCL = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

Em resumo as cartas de atributos são apresentadas da seguinte forma:

- Cartas ( $\bar{p}$ ) - Para porcentagem de unidades defeituosas, distribuição binomial e tamanho de amostras **fixo ou variável**;
- Cartas (np) - Número de unidades não conforme, distribuição binomial e amostras de tamanho **fixo**;
- Cartas (u) - Para número de não-conformidade na amostra, distribuição de poisson e amostras de tamanho **fixo ou variável**.
- Cartas ( c ) - Para número de não-conformidade na amostra, distribuição de poisson e amostras de tamanho **fixo**.

#### **A.5. - Fases de construção da Carta de Controle**

**A.5.1. Coleta de dados** - A coleta de dados deverá ser segundo um padrão. A MIL-105-D é uma norma para amostragem que orienta a coleta de dados por atributos. A MIL-414 e a NBR 5429 são as normas para

características variáveis. Os cálculos estatísticos podem trazer resultados ruins se os dados não forem coletados corretamente.

**A.5.1.1. Amostragem** - Visa aceitar um lote de produtos ou de serviços através de uma amostra representativa. O risco é :

- rejeitar um lote bom (risco do fornecedor). $(1-\alpha)$ .
- aceitar um lote ruim (risco do consumidor). $(\beta)$

O  $p\text{-value} < 0.05$  garante a normalidade da distribuição e a certeza de que não será rejeitado o lote bom (teste de hipóteses). Quando o  $p\text{-value}$  for maior que 0.05, não se terá certeza que não será rejeitado um lote bom. O  $p > 0,05$ , mostra que deveremos rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), ou melhor, o resultado da distribuição pode ter sido obtido por acaso, e pode não se repetir.

#### **A.5.2. Tipos de amostragem**

- amostragem simples- Utiliza apenas 1 amostra para cada lote.
- amostragem dupla - Utiliza duas amostras por lote
- amostragem múltipla - Utiliza até 7 amostras por lote.

#### **A.5.4. Quantidade por amostras a ser inspecionada**

O número de elementos por amostras e o número de amostras a ser inspecionada depende da qualidade do produto que está sendo inspecionado.

### **A.5.5. Nível de inspeção**

O nível de inspeção depende do resultado encontrado nas inspeções anteriores. Na MIL-414, os níveis para atributos são I, II e III. E os níveis para variáveis são I, II, III, IV e V. O nível de inspeção determina a relação entre o tamanho da amostra  $n$  e o tamanho do lote  $N$ .

### **A.5.6. Tipos de inspeção**

Na MIL-414 existem as inspeções simples, dupla e a múltipla. Dentro de cada tipo de inspeção temos : Normal, brando ou atenuado e severo ou rígido. Estes tipos de inspeção visam aumentar a rigidez para o critério de aceitação do lote.

### **A.5.7. Plano MIL- 414 - Esquema dos planos de amostragem por variáveis.**

A norma MIL-414 possui uma explanação completa com exemplos de como coletar amostras e efetuar a avaliação do lote. Portanto, consideramos inoportuno detalhar este assunto no presente trabalho.

Os métodos de aceitação dos lotes, podem ser escolhidos segundo os critérios de qualidade exigidos e a situação inicial do processo. Na MIL-414 os métodos são :

#### **A.5.7.1. Variância desconhecida - Método do desvio padrão :**

- Especificação simples : form 1 e form 2;
- Especificação dupla

#### **A.5.7.2. Variância desconhecida - Método da amplitude R:**

- Especificação simples : form 1 e form 2;



- Especificação dupla

#### A.5.7.2. Variância conhecida:

- Especificação simples : form 1 e form 2;
- Especificação dupla

#### A.5.8. Variância desconhecida - Método do desvio padrão :

##### Especificação simples : form 1

- N + nível de inspeção  $\longrightarrow$  Tabela A-2  $\longrightarrow$  código de letra;
- NQA + código de letra  $\longrightarrow$  Tabela B1 ou B2  $\longrightarrow$  k e n

$$\bullet \quad Q_u = \frac{U - \bar{X}}{S} \quad \text{ou} \quad Q_L = \frac{\bar{X} - L}{S}$$

- $Q_u$  ou  $Q_L > k$   $\longrightarrow$  Aceita o lote
- $Q_u$  ou  $Q_L < k$   $\longrightarrow$  Rejeita o lote
- $Q_u$  ou  $Q_L < 0$   $\longrightarrow$  Rejeita o lote

#### A.5.7.1. Exemplo de inspeção com a MIL-STD-414

A velocidade de operação de certa embarcação é especificada em 10 nós. Um lote com 40 viagens deverá ser submetida para inspeção.

Supondo que deverá ser utilizada uma inspeção normal, nível IV e AQL = 1%, verificar a aceitação do lote, utilizando form 1. Suponha que durante a inspeção foram lidos os seguintes valores : 10.5, 10.1 9.2, 8.8, 10.3 12.1

A tabela A1 mostra os cálculos em seqüência, utilizando a MIL-414.

Tabela A1. Seqüência de cálculos da MIL - STD - 414

Item	Informações necessárias	Valores obtidos	Explicação
1	Tamanho da amostra (n)	5	número de elementos
2	Soma dos valores( $\Sigma X$ )	10.5+10.1+9.2+8.8+10.3+12.1=61.	Soma dos elementos
3	Soma dos quadrados (SSM= $\Sigma X^2$ )	626.84	Soma dos quadrados dos elementos
4	Fator de correção (CF= $(\Sigma X)^2/n$ )	744.2	61 <sup>2</sup> /5
5	Soma dos quadrados corrigida SS= $(\Sigma X)^2 - CF$		626.84 - 744.2
6	Variância (V=SS/(n-1))	-29.34	117.36/4
7	Estimativa do desvio padrão (s)	-5.4166	s= $-\sqrt{29.34}$
8	Média da amostra	12.2	61/5
9	Limite UCL	10	dado
10	$\frac{U - \bar{X}}{s}$	0.406	(10-12.2)/-5.4166
11	Constante aceitabilidade(k)	1.53	Tabela B-1 com AQL=1% e n=5
12	Critério de aceitabilidade ( UCL>k)	0.406<1.53	$\frac{U - \bar{X}}{s} < k$ Rejeitar

Como o resultado foi:

$$\frac{U - \bar{X}}{s} < k$$

Rejeita-se o lote, afirmando que a velocidade da lancha é menor do que 10 nós.

## B. MINITAB

### B.1. - Introdução

O MINITAB oferece uma grande quantidade de ferramentas estatísticas básicas para a análise de dados. Pode-se fazer testes de confiabilidade, análise de variância, correlação e etc..

Este anexo mostra parte dos aplicativos do programa MINITAB, através de exemplos relacionados ao tema desta dissertação.

### B.2. - Exemplo de aplicação nº 1 - Estatística Descritiva

Objetivo: Levantar medidas de posição, dispersão e gráficos com teste de normalidade sobre um grupo de medições de velocidade de uma embarcação lidas junto com um grupo de fatores mostrados na Tabela B.1.

**Tabela B.1. Dados dos fatores do processo “velocidade - Vespertina”**

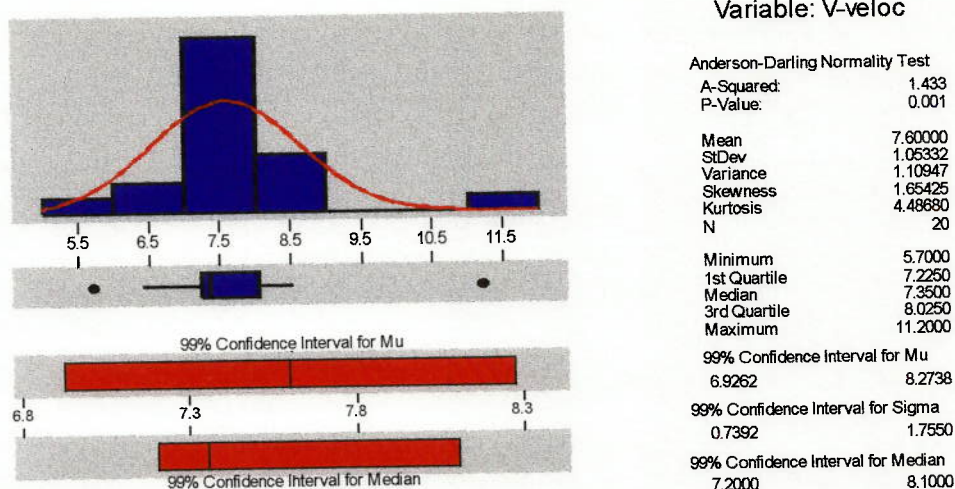
V-Ventos	IHP	RPM	Calado m	Ondas m	V-veloc nós
20	1510	720	3.1	1.5	8.5
23	1520	713	3.2	1.1	7.3
21	1510	712	3.1	1.8	8.1
20	1520	722	3.2	1.5	7.2
25	1520	723	3.3	1.3	7.3
21	1520	718	3.4	1.4	7.3
24	1505	712	3.3	1.7	7.8
26	1505	715	3.2	1.7	7.2
21	1510	718	3.3	1.5	7.3
21	1520	719	3.2	1.4	7.5
23	1515	721	3.2	1.6	11.2
43	1515	723	3.3	1.7	7.5
21	1530	721	3.4	1.5	8.2
15	1520	724	3.2	1.5	7.4
18	1510	724	3.4	1.4	5.7
21	1505	720	3.4	1.4	8.1
23	1505	719	3.4	1.6	7.3
24	1515	719	3.4	1.5	7.8
25	1520	720	3.3	1.7	6.9
21	1510	720	3.2	1.7	6.4

Os dados são lançados no programa MINITAB, em colunas, sendo a coluna c1 (V-ventos), c2 (IHP) e c3 (RPM), c4 ( Calado), c5 (Ondas) e c6 ( Velocidade).

### **B.2.1. Descrição dos comandos utilizados.**

- Clica-se na barra de menu : "Stat">"Basic Statistics">"Descriptive Statistics";
- Clica-se dentro da "janela" das colunas ( c1 a c6) para o botão "Select" ficar ativo. Clica-se em c1 e no botão "Select". O título da coluna c1 aparecerá dentro da "janela" "Variables";
- Clica-se dentro da "janela" das colunas (c1 a c6), para o botão "Select" ficar ativo. Clica-se em c2 e no botão "Select". O título da coluna c2 aparecerá dentro da "janela" "Variables".
- Repete-se os passos anteriores até que todos os títulos das colunas ( c1 a c6) estejam dentro da "janela" "Variables";
- Clica-se "Graphs". Abrirá uma caixa de diálogo chamada "descriptive statistics - graphs". Clica-se em "Graphical summary" e coloca-se o nível de confiança no "Confidence level" ( 99%, por exemplo). Tem-se a opção de ver os dados como um histograma, um histograma com a curva normal, um "dotplot" ou um "boxplot";
- Clica-se "OK" duas vezes e o programa MINITAB começará a mostrar as curvas de distribuição de todas as colunas (c1 a c6). A Figura B.1 mostra o comportamento da velocidade da embarcação no período vespertino ( V-veloc) obtida em função dos outros fatores.

## Descriptive Statistics



**Figura B.1. Teste de normalidade - velocidade - Vespertina.**

### B.2.2. Resultado

A Figura B.1 mostra que :

- O programa MINITAB faz o teste de normalidade dos dados da coluna c1. O valor p-value = 0.001 indica que a curva é uma normal e que existe uma probabilidade de apenas 0.1% dos dados terem sido obtidos por acaso ou por chance ( teste da hipótese nula).
- O programa MINITAB mostra a média, o desvio padrão, a curtose, a assimetria, o intervalo de confiança dentre outros resultados estatísticos básicos.

### **B.3. - Exemplo de aplicação nº 2 - Montagem da Carta de Controle**

Utilizar a carta de controle para os dados de velocidade de ida da embarcação Enchova coletados no período de julho/96 a dezembro/96, conforme descritos na Tabela B.2:

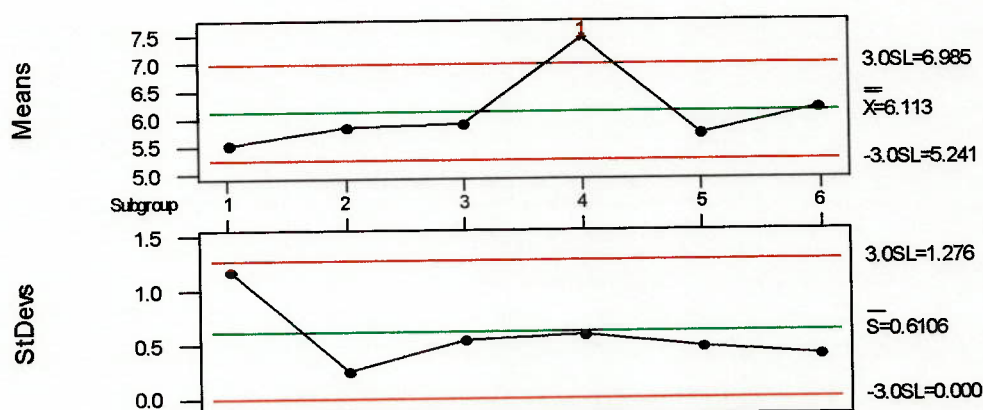
**Tabela B.2. Dados de velocidade de ida da embarcação Enchova**

DADOS	JULHO	AGOSTO	SETEMB	OUTUB	NOVEMB	DEZEMB
Velocidade	3.55	6.08	5.81	7.75	6.15	5.90
	6.16	5.58	5.67	7.29	5.16	5.92
	6.63	5.58	5.52	8.07	6.19	6.58
	5.77	5.92	5.72	7.68	5.31	6.66
	5.57	6.06	6.88	6.55	5.81	5.87
Comandos	1-STAT>	2-CONTR	OLCHART >	3-Xbar-S>	4-ENTER	
Comandos	6-C1	7-SELECT>	8-5	9-OK		

### B.3.1.1. Descrição dos comandos utilizados.

- Clica-se na barra de menu em stat>control chart>Xbar-S>Enter
- Clica-se em c1, coluna onde deverão estar os dados de velocidade copiados da Tabela B.2.

ENCHOVA-SEGUNDO SEMESTRE/96



**Figura B.2. Carta de Controle da velocidade de ida do "Enchova"**

- Clica-se em "Select". Digita-se 5 na caixa de diálogo "subgroup size"
- Clica-se em "Options" e coloca-se o nome para o título da carta em "title"
- Clica-se OK. O MINITAB calculará e mostrará a carta de controle conforme mostra a Figura B.2.

#### ***B.4. - Exemplo de aplicação nº3 : "Stem-and leaf"***

O "Stem-and-leaf" é uma maneira de mostrar um histograma de frequência. "Stem" significa o talo da folha e "leaf" significa a palma da folha.

Monta-se uma coluna c1 no MINITAB com todos os dados :  
 90,90,75,109,109,91,126,79,102,131,40,73,59,57,69,100,115,88,84,43,108,  
 84,34,63,75,135,69,115,101,54,68,66,88,62,102,68,106,85,49,189.

- Dá-se o comando : "stem-and-leaf display c1".

```

....1      3 4
   4      4 039
   7      5 479
  14      6 2368899
  18      7 3559
 (5)      8 44588
  17      9 001
  14     10 01226899
   6     11 55
   4     12 6
   3     13 15
   1     14
   1     15
   1     16
   1     17
   1     18 9
  
```

O MINITAB mostrará os dados arrumados na disposição que estão acima. Pode-se ver os "talos" na segunda coluna à direita. Então, o primeiro



talo é o número 3, o segundo o número 4 e assim sucessivamente até o último de número 1.

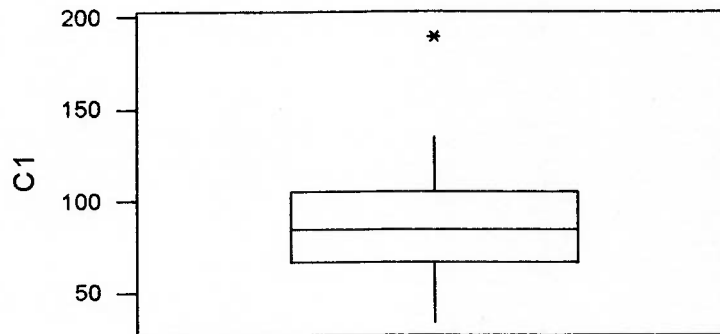
O primeiro talo indica que existe um evento começando com 3 que é o número 34. O segundo talo indica que existem 4 eventos começando com 4, são os números 40, 43 e 49. Então, o talo 4 tem as palmas 0,3 e 9. O talo 7 tem as palmas 4,7 e 9.

O histograma "stem-and-leaf" dá a frequência cumulativa. Olhando a primeira coluna, verificamos 1 e olhando a segunda coluna verificamos o talo 4 e a palma 0. Significa que existe 1 evento menor que 40. Desta forma pode-se também dizer que :

- Existem 4 eventos menores que 50, 7 eventos menores que 60, 14 eventos menores que 70, 18 eventos menores que 80;
- O valor entre aspas é a **mediana**. Existem 5 valores entre 80 e 89;
- Abaixo da mediana, acumula-se as frequências em posição inversa, isto é, existem 17 valores maiores que 89, 14 valores maiores que 99 e assim por diante.
- A frequência disposta no histograma "stem-and-leaf" é útil para localizar pontos muito discrepantes (outliers), como por exemplo, o valor 189.

#### ***B.5. - Exemplo de aplicação nº4 : "Boxplot"***

O gráfico “boxplot” facilita a identificação dos pontos “outliers”, ou seja pontos muito discrepantes em relação aos demais do grupo. No exemplo nº 3, o comando “boxplot c1” fará o MINITAB mostrar o gráfico da Figura B.3 :



**Figura B.3. Gráfico “Boxplot”**

Os pontos “outliers” aparecem como “asteriscos” no gráfico “boxplot” da Figura B.3. Os valores no “box”, representam 50% dos dados, ou seja, todos os valores entre o primeiro e o terceiro quartil. O traço dentro do “box” representa a mediana. Os traços acima e abaixo do “box” são chamados “whiskers” e o seu comprimento representa 1,5 vezes a largura do “box”, medida no eixo vertical. Todos os eventos além do “whiskers” são “outliers”.

No gráfico da figura B.3, o “outlier” é o evento 189, dos dados do exemplo nº 3.

Para identifica-lo, clica-se na barra do menu no “Editor”>”brush” e aparecerá um desenho de uma “mão” com um dedo indicador. Com ajuda do “mouse” do computador, aponta-se o dedo indicador da “mão” sobre o

“arterisco” que aparece no gráfico “boxplot”. Aparecerá uma “janela” com o número no interior correspondente ao “asterisco” apontado (189).

### **B.6. - Exemplo de aplicação nº5 : Correlação e regressão linear**

Uma embarcação apresentou as medições de velocidade de navegação, constantes da Tabela B.3, em função da rugosidade de casco.

**Tabela B.3. Dados do exemplo de correlação e regressão linear**

Rugosidade	Velocidade	Rugosidade	Velocidade
112	11.6	123	11.3
135	11	131	10.8
112	11.5	132	10.8
113	11.2	138	10.2
125	11.4	170	10.5
150	11.5	185	10.3
154	11	169	10.1
151	11.1	160	9.8
154	9.6	150	9.7
150	9.5		

- Calcular a correlação entre a rugosidade e a velocidade.
- Calcular a validade da correlação da rugosidade com a velocidade.
- Descrever a função linear da rugosidade com a velocidade.

O comando “regress” do MINITAB, permite comparar X e Y e o comando “corr” permite saber a correlação, conforme o método de Pearson.

- O comando “corr c1 c2” permite achar a correlação da coluna 1 (rugosidade) com a velocidade (c2);
- O resultado é - 0.622. O sinal negativo significa que a função linear é decrescente, ou seja, aumentando a rugosidade, diminui a velocidade;

Tabela B.4. Coeficiente de Correlação r

Tabela do r		Coeficiente de Correlação			
Número de amostras	(df)Graus de Liberdade	Certeza			
		95%	99%	99.90%	
3	1	0.997	1	1	
4	2	0.95	0.99	0.999	
5	3	0.878	0.959	0.991	
6	4	0.811	0.917	0.974	
7	5	0.755	0.875	0.951	
8	6	0.707	0.834	0.925	
9	7	0.666	0.798	0.898	
10	8	0.632	0.765	0.872	
11	9	0.602	0.735	0.847	
12	10	0.576	0.708	0.823	
13	11	0.553	0.684	0.801	
14	12	0.532	0.661	0.78	
15	13	0.514	0.641	0.76	
16	14	0.497	0.623	0.742	
17	15	0.482	0.606	0.725	
18	16	0.468	0.59	0.708	
19	17	0.456	0.575	0.693	
20	18	0.444	0.561	0.679	
21	19	0.433	0.549	0.665	
22	20	0.423	0.537	0.652	

Tabela do r		Coeficiente de Correlação			
Número de amostras	(df)Graus de Liberdade	Certeza			
		95%	99%	99.90%	
23	21	0.413	0.526	0.64	
24	22	0.404	0.515	0.629	
25	23	0.396	0.505	0.618	
26	24	0.388	0.496	0.607	
27	25	0.381	0.487	0.597	
28	26	0.374	0.479	0.588	
29	27	0.367	0.471	0.579	
30	28	0.361	0.463	0.57	
31	29	0.355	0.456	0.562	
32	30	0.349	0.449	0.554	
42	40	0.304	0.393	0.49	
62	60	0.25	0.325	0.408	
122	120	0.178	0.232	0.294	

Exemplo: Para 15 amostras, o coeficiente de correlação calculado de 0.525 é válido para um intervalo de certeza entre 95% e 99%.

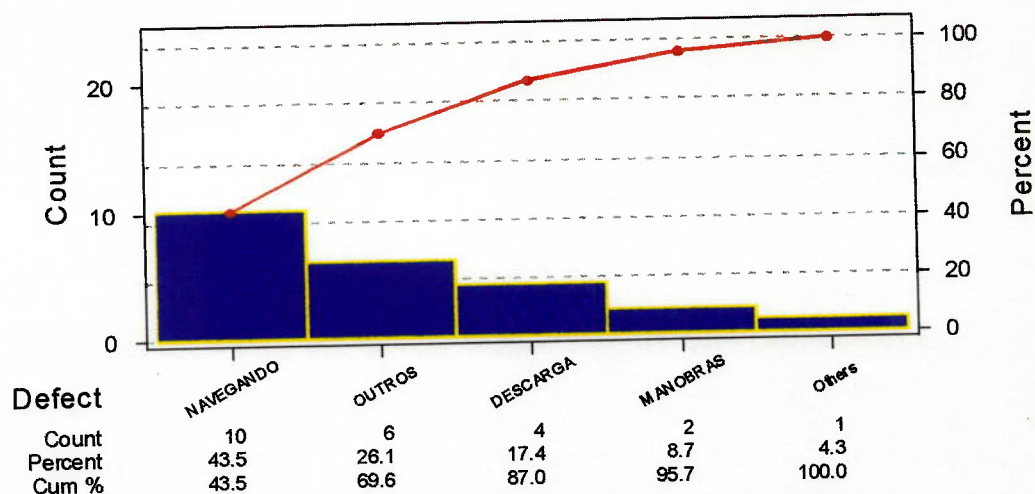
- Com o número de amostras (18) procura-se na Tabela B.4, de coeficiente de correlação  $r$ , qual é a validade do teste. Como 0.622 está entre 0.59 e 0.708, pode-se dizer que a validade está entre 99% e 99.9%;
- A equação da regressão é obtida no MINITAB com “stat>regression>regression” para as colunas (Rugosidade e Velocidade) da Tabela B.3;
- A equação é :  $\text{Velocidade} = 13.7 - 0.0196 \cdot \text{Rugosidade}$ .

Existe, com cerca de 99% de certeza, uma correlação entre a velocidade e a rugosidade, de modo que aumentando a rugosidade diminui a velocidade da embarcação.

#### ***B.7. - Exemplo de aplicação nº7 : Diagrama de Pareto***

Através do diagrama de Pareto pode-se identificar quais os processos que apresentam maior perda. Por exemplo, na Figura B.4 observa-se que :

- O processo “navegando” é o que demanda maior tempo, cerca de 43.5% do tempo total operado pela embarcação. Pode-se estratificar este processo para identificar se existem perdas de tempo durante a navegação;
- Os demais processos, como por exemplo, carga, descarga, manobras, podem também ser estratificados visando identificar perdas de tempo.



**Figura B.4. Diagrama de Pareto dos processos da “Vermelho”**

- Pode-se comparar vários “Paretos” de várias embarcações que fazem o mesmo tipo de serviço, visando avaliar as suas operações.

No exemplo a seguir identifica-se as causas de indisponibilidades com maior frequência, ou seja, as paradas de operação das embarcações de uma determinada empresa que opera na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro.

O Diagrama de Pareto é obtido com os comandos :

- Stat>Quality Tools> Pareto Chart;
- Chart defect table, Select, C1,C2.

Nas colunas c1 e c2 estão os dados que se quer analisar, conforme mostra a Tabela B.5.

- 95% ( Grau de certeza)

- “Title” (Título) : Causas de Indisponibilidades - Embarcações “offshore”.

**Tabela B.5. Problemas e número de falhas.**

(C1) Causas de Indisponibilidades	(C2) N. Falhas
propulsão	2217
hélice	1473
comunicações	211
vistorias	31
acidentes	99
leme	50
diversos	268

As causas de indisponibilidades devido a “propulsão” podem ser estratificadas, como mostra a Tabela B.6, gerando novo Diagrama de Pareto, conforme mostra a Figura B.5.

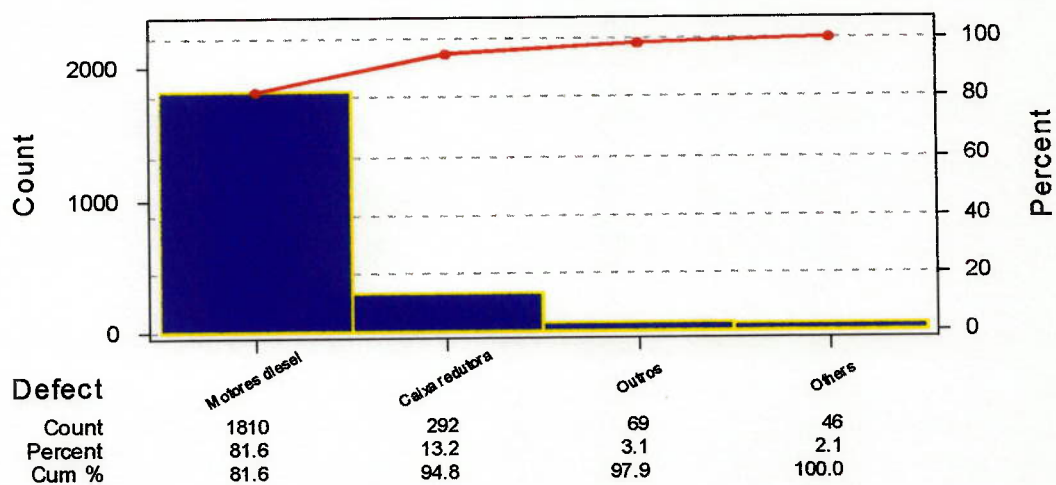
**Tabela B.6. Propulsão e número de falhas.**

(C1) Propulsão	(C2) N.Falhas
Motores diesel	1810
Caixa redutora	292
Eixo propulsor	16
Mancal do eixo propulsor	21
Sistema de controle	9
Outros	69

A causa de indisponibilidade “motores diesel” poderia ser ainda estratificada de modo a identificar as suas componentes.



### Indisponibilidades da propulsão - Embarcações "offshore"



**Figura B.5. Causas de indisponibilidades devido a propulsão**

## **C - MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

### ***C.1. - Introdução***

No presente anexo aborda-se o MASP, de modo a demonstrar como a causa fundamental de determinado problema de um processo crítico pode ser identificada e eliminada de modo que o processo volte a apresentar um comportamento previsível.

Para facilitar e resumir a apresentação deste método foram feitas as Tabelas C.1.a até C.1.i, que tem como base o trabalho de Campos (1994). Essas tabelas mostram a seqüência que desencadeia-se o MASP.

A Tabela C.1.a, chamada "QC Story", é um resumo seqüencial das demais tabelas citadas, que orientam a aplicação do MASP.

Apresenta-se, também, um exemplo de aplicação utilizando um problema comum no sistema de transporte de suprimentos da Bacia de Campos.

Tabela C1.a. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

# MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS "QC STORY"

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
<b>P</b>	1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER SUA IMPORTÂNCIA
	2	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA
	3	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS ESPECIAIS E A CAUSA FUNDAMENTAL
<b>D</b>	4	PLANO DE AÇÃO	CONCEBER UM PLANO DE AÇÃO PARA BLOQUEAR A CAUSA FUNDAMENTAL
	5	EXECUÇÃO	APLICAR O PLANO DE AÇÃO
<b>C</b>	6	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO
	?	BLOQUEIO FOI EFETIVO?	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA
<b>A</b>	7	PADRONIZAÇÃO	CRIAR PADRÕES
	8	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO VISANDO TRABALHOS FUTUROS

Tabela C1.b. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA



FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	ESCOLHA DO PROBLEMA	CARTA DE CONTROLE E ITEM DE CONTROLE	ESCOLHER O PROBLEMA BASEADO EM FATOS E DADOS
2	HISTÓRICO DO PROBLEMA	GRÁFICOS DADOS HISTÓRICOS DADOS "ON LINE"	FREQUENCIA ? COMO OCORRE?
3	MOSTRAR PERDAS ATUAIS E GANHOS VIÁVEIS	 <p style="text-align: center;">CURVAS DE CUSTOS</p>	O QUE ESTÁ SE PERDENDO? O QUE É POSSÍVEL GANHAR?
4	FAZER ANÁLISE DE PARETO		PRIORIZAR RESULTADOS INDESEJÁVEIS
5	NOMEAR RESPONSÁVEIS PELO ESTUDO	NOMEAR	NOMEAR GRUPO RESPONSÁVEL E O LÍDER DEFINIR DATA LÍMITE PARA TER O PROBLEMA SOLUCIONADO



Tabela C1.c. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 2- OBSERVAÇÃO


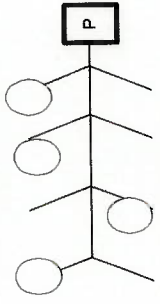
FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES																																			
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">1</div>	<p>DESCOBERTA DAS CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA ATRAVÉS DE COLETA DE DADOS</p>	<p>ANÁLISE DE PARETO ESTRATIFICAÇÃO LISTA DE VERIFICAÇÃO GRÁFICO DE PARETO PRIORIZAÇÃO</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<p>OBSERVE O PROBLEMA SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA(ESTRATIFICAÇÃO)</p> <p>a)TEMPO - OS RESULTADOS SÃO DIFERENTES AO LONGO DO DIA , MÊS, ANO?</p> <p>b)LOCAL - OS RESULTADOS SÃO DIFERENTES PARA LOCAIS DIFERENTES?</p> <p>c) OS RESULTADOS SÃO DIFERENTES PARA EQUIPAMENTOS IGUAIS?E DIFERENTES?</p> <p>d)SINTOMA - OS RESULTADOS SÃO DIFERENTES SE AS FALHAS SÃO DIFERENTES</p>																																			
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div>	<p>DESCOBERTA DAS CARACTERÍSTICAS DO PROBLEMA ATRAVÉS DE OBSERVAÇÕES NO LOCAL</p>	<p>ANÁLISE NO LOCAL DA OCORRÊNCIA DO PROBLEMA PELO PESSOAL DO GRUPO DE TRABALHO</p>	<p>DEVEM SER EFETUADAS COLETAS DE INFORMAÇÕES NO LOCAL DAS ANOMALIAS, PRINCIPALMENTE DADOS NÃO NUMERICOS.</p>																																			
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3</div>	<p>MOSTRAR PERDAS ATUAIS E GANHOS VIÁVEIS</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FASE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ANÁLISE</td> <td>---</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLANO DE AÇÃO</td> <td></td> <td>---</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIFICAÇÃO</td> <td></td> <td></td> <td>---</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PADRONIZAÇÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>CONCLUSÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	FASE					ANÁLISE	---				PLANO DE AÇÃO		---			VERIFICAÇÃO			---		PADRONIZAÇÃO				---	CONCLUSÃO				---	<p>ESTIMAR UM CRONOGRAMA PARA REFERÊNCIA eSTE CRONOGRAMA PODE SER ATUALIZADO EM CADA FASE DO MASP</p> <p>ESTIMAR UM ORÇAMENTO</p> <p>DEFINIR UMA META A SER ATINGIDA</p>
	A	B	C	D																																		
FASE																																						
ANÁLISE	---																																					
PLANO DE AÇÃO		---																																				
VERIFICAÇÃO			---																																			
PADRONIZAÇÃO				---																																		
CONCLUSÃO				---																																		

Tabela C1.d. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 3 - ANÁLISE

FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	DEFINIÇÃO DAS CAUSAS	REUNIÕES BRAINSTORMS DIAGRAMA DE CAUSAS E EFEITO	ENVOLVER AS PESSOAS QUE POSSAM IDENTIFICAR CAUSAS, O MAIOR NÚMERO DELAS
2	ESCOLHA DAS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS (HIPÓTESES)		ELIMINE AS CAUSAS MENOS PROVÁVEIS MEDIANTE INFORMAÇÕES E DADOS
3	ANÁLISE DAS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS (VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES)	COLETAR NOVOS DADOS DAS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS ANALISAR DADOS COLETADOS FAÇA GRÁFICOS	FAÇA NOVA COLETA DE DADOS FAÇA CORRELAÇÃO ENTRE AS CAUSAS E O EFEITO FAÇA EXPERIÊNCIAS
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">não</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">?</div> </div>	HOUE CONFIRMAÇÃO DE ALGUMA CAUSA MAIS PROVÁVEL?		COM BASE NOS RESULTADOS DAS EXPERIÊNCIAS CONFIRME A RELAÇÃO ENTRE A CAUSA E O EFEITO
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">não</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">?</div> </div>	TESTE DE CONSISTENCIA DA CAUSA FUNDAMENTAL	EXISTE EVIDÊNCIA TÉCNICA DE QUE É POSSIVEL BLOQUEAR? O BLOQUEIO GERÁ EFEITOS INDESEJÁVEIS?	SE O BLOQUEIO É TECNICAMENTE IMPOSSIVEL, COM ALTO CUSTO PODE SER QUE ESTA NÃO SEJA A CAUSA FUNDAMENTAL

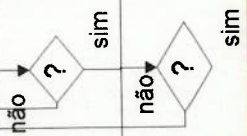


Tabela C1.e. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

### FASE 4 - PLANO DE AÇÃO

FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES																																				
1	ELABORAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE AÇÃO	DISCUSSÃO COM O GRUPO ENVOLVIDO	<p>CERTIFIQUE-SE DE QUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AS AÇÕES FORAM TOMADAS SOBRE AS CAUSAS FUNDAMENTAIS</li> <li>AS AÇÕES PROPOSTAS NÃO PRODUZAM EFEITOS COLATERAIS</li> </ul> <p>PROPONHA DIFERENTES SOLUÇÕES</p> <p>ANALISE CUSTO DAS SOLUÇÕES</p>																																				
2	ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA O BLOQUEIO E REVISÃO DO CRONOGRAMA E ORÇAMENTO FINAL	<table border="1"> <tr> <td>FASE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ANÁLISE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLANO DE AÇÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIFICAÇÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PADRONIZAÇÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONCLUSÃO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	FASE						ANÁLISE						PLANO DE AÇÃO						VERIFICAÇÃO						PADRONIZAÇÃO						CONCLUSÃO						<p>DEFINA O QUE SERÁ FEITO (WHAT)</p> <p>DEFINA QUANDO SERÁ FEITO (WHEN)</p> <p>DEFINA ONDE SERÁ FEITO (WHERE)</p> <p>ESCLAREÇA POR QUÊ SERÁ FEITO (WHY)</p> <p>DETALHE COMO SERÁ FEITO (HOW)</p> <p>DETERMINE A META A SER ATINGIDA</p> <p>DETERMINE OS ITENS DE CONTROLE E DEVERIFICAÇÃO DOS DIVERSOS NÍVEIS ENVOLVIDOS</p>
FASE																																							
ANÁLISE																																							
PLANO DE AÇÃO																																							
VERIFICAÇÃO																																							
PADRONIZAÇÃO																																							
CONCLUSÃO																																							

### FASE 5 - EXECUÇÃO

1	TREINAMENTO	<p>DIVULGAÇÃO DO PLANO À TODOS</p> <p>REUNIÕES PARTICIPATIVAS</p> <p>TÉCNICAS DE TREINAMENTO</p>	<p>DEVEM SER EFETUADAS COLETAS DE INFORMAÇÕES NO LOCAL DAS ANOMALIAS, PRINCIPALMENTE DADOS NÃO NUMÉRICOS.</p>
2	EXECUÇÃO DA AÇÃO	PLANO E CRONOGRAMA	<p>VERIFIQUE NO LOCAL AS AÇÕES QUE ESTÃO SENDO TOMADAS</p> <p>REGISTRE TODOS OS RESULTADOS BONS E RUINS</p>



Tabela C1.f. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 6 - VERIFICAÇÃO

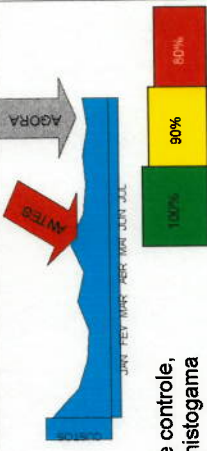
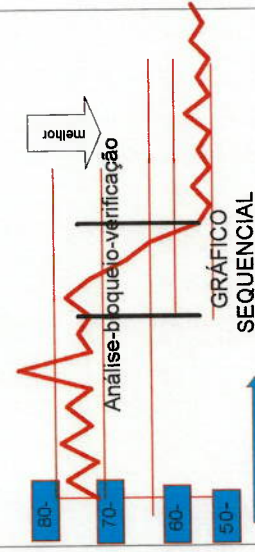
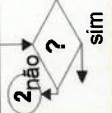
FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	 <p>carta de controle, pareto, histograma</p>	<p>DADOS DE ANTES E APÓS A AÇÃO DO BLOQUEIO PARA VERIFICAR A EFETIVIDADE DA AÇÃO COMPARAR EFEITOS MONETÁRIOS</p>
2	LISTAGEM DOS EFEITOS SECUNDÁRIOS		<p>TODA ALTERAÇÃO DO PROCESSO PODERÁ PROVOCAR EFEITOS SECUNDÁRIOS POSITIVOS E NEGATIVOS</p>
3	VERIFICAÇÃO DA CONTINUIDADE OU NÃO DO PROBLEMA	 <p>GRÁFICO SEQUENCIAL</p>	<p>QUANDO O RESULTADO DA AÇÃO NÃO É TÃO SATISFATÓRIO QUANTO O ESPERADO, CERTIFIQUE-SE DE QUE TODAS AS AÇÕES PLANEJADAS FORAM IMPLANTADAS CONFORME O PLANO QUANDO OS EFEITOS INDESEJÁVEIS CONTINUAM A OCORRER, SIGNIFICA QUE A SOLUÇÃO FOI FALHA</p>
	O BLOQUEIO FOI EFETIVO?	A CAUSA FUNDAMENTAL FOI ENCONTRADA E BLOQUEADA?	SE A SLUÇÃO FOR FALHA RETORNE A FASE 2-OBSERVAÇÃO

Tabela C1.g. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 7 - PADRONIZAÇÃO

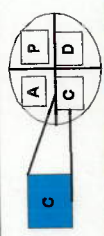
FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
1	ELABORAÇÃO OU ALTERAÇÃO DO PADRÃO	ESTABELEÇA O NOVO PROCEDIMENTO OPERACIONAL OU REVEJA O ANTIGO PELO 5WH	<p>ESCLARECER NO PROCEDIMENTO "O QUE, QUEM, QUANDO, ONDE, COMO E PORQUÊ. PARA ATIVIDADES QUE EFETIVAMENTE DEVEM SER INCLuíDAS, ALTERADAS NOS PADRÕES, JÁ EXISTENTES VERIFIQUE SE AS INSTRUÇÕES, DETERMINAÇÕES E PROCEDIMENTOS IMPLANTADOS NO PROCESSO DEVEM SOFRER ALTERAÇÕES ANTES DE SEREM PADRONIZADOS, BASEADO NOS RESULTADOS OBTIDOS NO PROCESSO E USE A CRIATIVIDADE PARA GARANTIR O NÃO REAPARECIMENTO DE PROBLEMAS</p>
2	COMUNICAÇÃO	COMUNICADOS, REUNIÕES, ETC	<p>DEFINA A DATA DE INÍCIO DA NOVA SISTEMÁTICA, QUAIS AS ÁREAS AFETADAS PARA QUE A APLICAÇÃO DO PADRÃO OCORRA EM TODOS OS LOCAIS NECESSÁRIOS AO MESMO TEMPO E POR TODOS OS ENVOLVIDOS</p>
3	EDUCAÇÃO E TREINAMENTO	REUNIÕES E PALETRAS MANUAIS DE TREINAMENTO TRAINAMENTO NO TRABALHO	<p>GARANTA QUE OS NOVOS PADRÕES SEJA DE CONHECIMENTO DE TODOS OS ENVOLVIDOS EXPOR A RAZÃO DA MUDANÇA CERTIFIQUE-SE DE QUE OS FUNCIONÁRIOS ESTÃO APTOS A EXECUTAR O PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO TREINE O PESSOAL NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO PROVIDENCIE DOCUMENTOS NO LOCAL E NA FORMA QUE FOREM NECESSÁRIOS</p>
4	ACOMPANHAMENTO DA UTILIZAÇÃO DO PADRÃO		<p>EVITE QUE UM PROBLEMA RESOLVIDO REAPAREÇA DEVIDO A DEGENERAÇÃO DOS PADRÕES. ESTABELEÇA UM SISTEMA DE VERIFICAÇÕES PERIÓDICAS DELEGANDO O GERENCIAMENTO POR ETAPAS VERIFIQUE PERIÓDICAMENTE O CUMPRIMENTO DOS PROCEDIMENTOS</p>

Tabela C1.h. Fluxograma do Método de Análise e Solução de Problemas

## FASE 8- CONCLUSÃO

FLUXO	TAREFAS	FERRAMENTAS EMPREGADAS	OBSERVAÇÕES
<pre> graph LR     1((1)) --&gt; 2((2))     2 --&gt; 3((3))           </pre>	RELAÇÃO DOS PROBLEMAS REMANESCENTES	ANÁLISE DOS RESULTADOS DEMONSTRAÇÕES GRÁFICAS	BUSCAR A PERFEIÇÃO POR UM TEMPO MUITO LONGO PODE SER IMPRODUTIVO  A SITUAÇÃO IDEAL QUASE NUNCA EXISTE, PORTANTO, DELIMITE AS ATIVIDADES QUANDO O LIMITE DE TEMPO ORIGINAL FOR ATINGIDO RELACIONE O QUE E QUANDO SERÁ REALIZADO MOSTRE TAMBÉM OS RESULTADOS ACIMA DO ESPERADO, POIS SÃO IMPORTANTES PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA NOS FUTUROS TRABALHOS
	PLANEJAMENTO DO ATAQUE AOS PROBLEMAS REMANESCENTES	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NOS QUE FOREM IMPORTANTES	REAVALIE OS ITENS PENDENTES, ORGANIZANDO PARA UMA FUTURA APLICAÇÃO DO MASP
	REFLEXÃO	REFLEXÃO CUIDADOSA SOBRE AS PRÓPRIAS ATIVIDADES DA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS --Aperfeiçoar o diagrama de causa e efeito --Melhorar o cronograma --Folhas de verificação mais completas	ANALISE AS ETAPAS EXECUTADAS DO MASP NOS ASPECTOS : -- CRONOGRAMA - HOUVE ATRASOS? QUAIS OS MOTIVOS? --ELABORAÇÃO DO DIAGRAMA DE CAUSAS E EFEITO - FOI SUPERFICIAL? -- HOUVE PARTICIPAÇÃO DOS MEMBROS? O GRUPO ERA O MELHOR? AS REUNIÕES FORAM PRODUTIVAS? A DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS FOI BEM REALIZADA?



### C.2. - Aplicação ao problema de suprimentos da Bacia de Campos

Através do presente exemplo, mostra-se a aplicação do MASP, voltado para a operação de transporte “offshore” da Bacia de Campos.

Quando o responsável pela Gerência de Transporte Marítimo da Bacia de Campos (GETRAN) entrou na sala, na manhã de uma segunda-feira, encontrou o inspetor de equipamentos com ar de preocupado . O gerente já imaginou que estava prestes a tomar conhecimento de mais um problema.

% ATENDIMENTO NO PRAZO

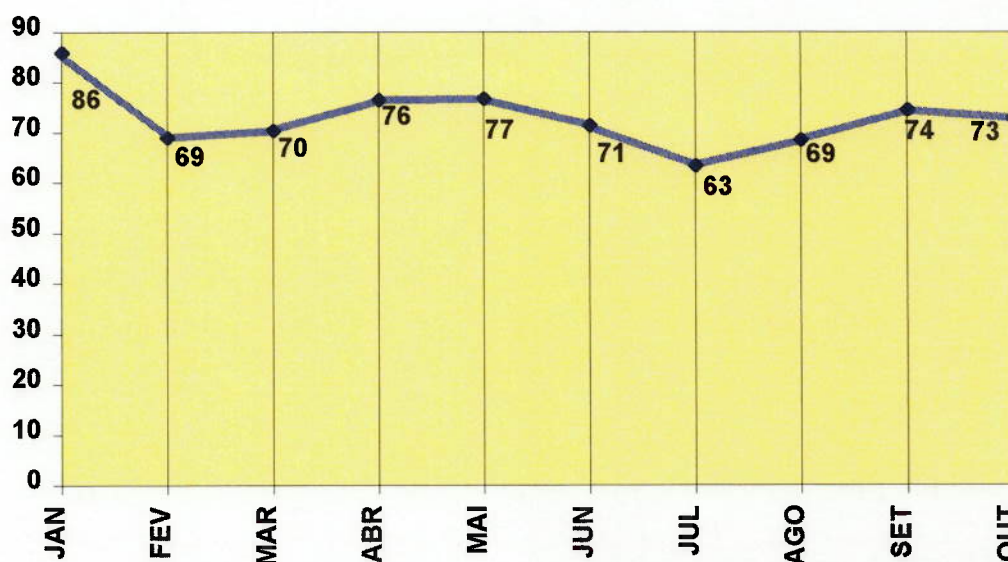


Figura C.1. Item de controle : Solicitações atendidas no prazo

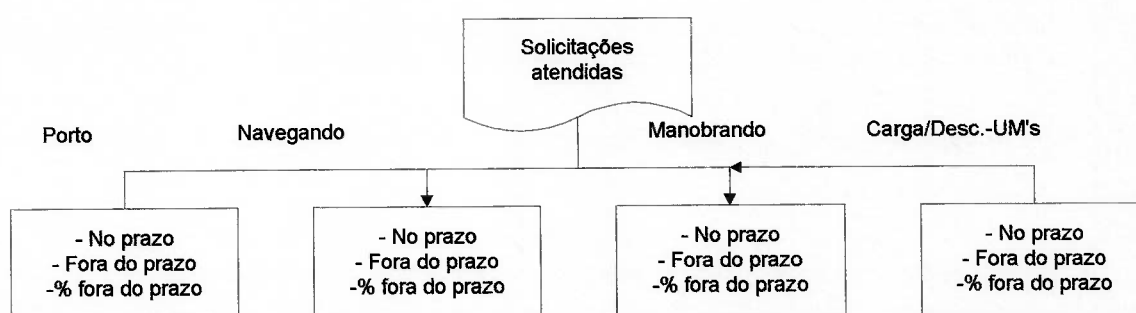
- Chefe, tem alguma coisa errada acontecendo. O percentual de solicitações atendidas no prazo (Figura C.1) para o GENPO (gerência de produção), caiu muito no semestre passado. Será que você poderia fazer

alguma coisa ? Até o início do ano, 86% dos atendimentos de suprimentos para as UM's eram realizados dentro do prazo, agora são apenas 73%.

O chefe procurou acalmar o inspetor e definiu o problema: **Percentual anormal dos atendimentos às solicitações no prazo.** O que o chefe estava fazendo era iniciar a aplicação do Método de Solução de Problemas.

O chefe solicitou uma lista de todas as solicitações atendidas do GENPO no período de um semestre , dentro do prazo ou não. O que ele estava fazendo era levantar um **histórico dos dados**, para o estudo e observação do problema.

O chefe separou as solicitações por processo, conforme Figura C.2, desmembrando-as, de modo a identificar em que processo estavam ocorrendo os atrasos em maior número.



**Figura C.2. Fluxograma de dados para localização do processo com problema.**

Desta forma, o chefe poderia ver onde havia maior número de **solicitações** fora do prazo. O chefe sabia que **historicamente** tinha quase

800 solicitações/mês e que o percentual de atrasos era de 10%, sendo 6% devido aos processos relacionados as embarcações e 4% no porto.

Após a separação, o chefe da GETRAN elaborou a Figura C.3, com os atrasos por local :

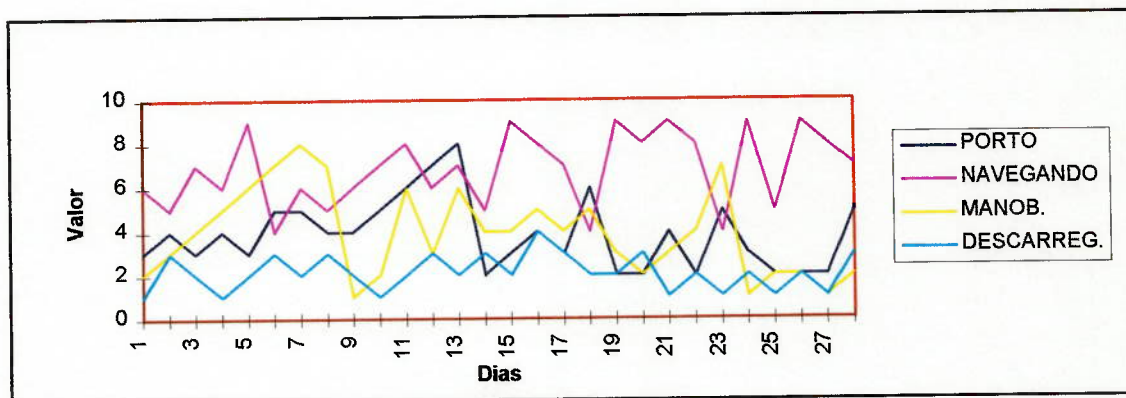


Figura C.3. Número de atrasos por local.

Para saber onde estavam as maiores perdas de tempo o chefe solicitou para quantificar as horas perdidas por local, que estão na Figura C.4 :



Figura C.4. Número de horas perdidas por local.

Analisando a Figura C.4, o chefe verificou que os atrasos maiores (os quais representam os maiores custos) estavam ocorrendo na navegação das embarcações de suprimento. Chegou a conclusão que o seu problema inicial seria identificar quais as embarcações que navegavam com atrasos e onde se davam estes atrasos.

Fazendo a análise histórica, o chefe utilizou gráficos que identificavam o problema . A próxima etapa, seria tarefa de um Grupo de Trabalho.

O chefe designou um Grupo de Trabalho (GT) com o objetivo de identificar a causa fundamental dos atrasos das embarcações de suprimento. No grupo constavam :

- Um inspetor da empresa contratante (Líder do GT);
- Um representante de cada empresa contratada.

O chefe propôs 50 dias para a solução do problema e, como meta, o índice de 40 solicitações no prazo/mês, ou seja um valor melhor do que o padrão anterior, equivalente a 75% dos atendimentos no prazo. Deste modo, o GT corrigiria o problema de modo o processo iria voltar a um patamar igual ou melhor do que o medido no início do ano.

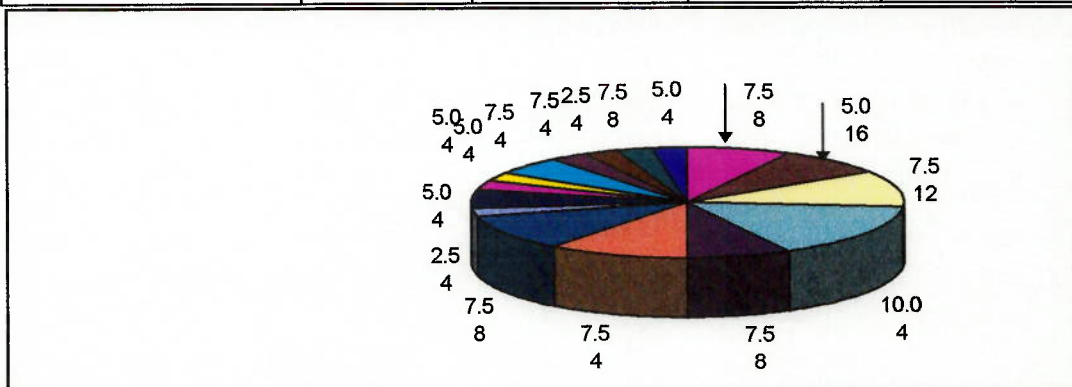
- O GT começou fazendo a coleta de novos dados sobre as solicitações, visando estudar o problema :
- Relacionou todas as solicitações atendidas;
- Separou as rotas nas quais eram atendidas as solicitações do GENPO (Rota A e Rota B);



- Separou por embarcação os números de viagens com atrasos no período em questão, ou seja, seis meses : vespertino e matutino.

**Tabela C.2 Embarcações com viagens com atrasos para o GENPO no semestre.**

EMBARCAÇÃO	ROTA	ATRASOS		
		MANHÃ	TARDE	NOITE
MANOELA	A	2	3	3
	B	4	2	3
CIDA	A	3	3	4
	B	1	4	6
NARA	A	2	3	3
	B	1	3	4
VERA	A	2	3	4
	B	1	1	1
HELENA	A	1	2	2
	B	1	2	1
MARILDA	A	1	2	1
	B	1	3	2
GIORGIANA	A	1	3	1
	B	1	1	1
DIANA	A	2	3	1
	B	1	2	1



**Figura C.5. Percentuais de atrasos por embarcação, período**

- Separou por período da viagem (M- matutino, V- vespertino e N- noturno). A Tabela C.2 é o resultado da coleta de dados. O GT analisou a Tabela C.2 e verificou que ocorreram 38 viagens com atrasos no período noturno, 40 no período vespertino e 25 no período matutino; Portanto, os maiores atrasos eram nos períodos vespertinos;

Dividindo o número de viagens de cada embarcação, na rota no período, pelo total de viagens no período, o GT encontrou os resultados, conforme mostra a Figura C.5. São os percentuais de atrasos por embarcação, por período, nos períodos vespertino (valores de cima) e matutino (valores de baixo). A Figura C.5 mostra duas rotas por embarcação. Por exemplo :

- Manoela - Rota A (7,5 - Vespertino) (8 - Matutino) - Cor Magenta;
- Manoela - Rota B ( 5,0 - Vespertino) (16 - Matutino) - Cor Marrom;
- O GT verificou que os números superiores, os quais representam o período Vespertino, apresentaram maiores valores, portanto, com os maiores atrasos;
- O GT observou os dados e verificou que em qualquer período e em qualquer rota, as embarcações Manoela e Cida apresentavam os piores resultados, com maior número de atrasos. A Manoela apresentava maior número de atrasos na Rota B e a Cida na Rota A;

**Tabela C.3. Percentuais de atrasos por rotas das embarcações.**

Item	Emb/M	Emb/V	Emb/N	Emb/Mx100	Emb/Vx100	Emb/Nx100
Manoela- Rota A	0.08	0.075	0.078947	8	7.5	7.8947
Manoela- Rota B	0.16	0.050	0.078947	16	5.0	7.8947
Cida - Rota A	0.12	0.075	0.105263	12	7.5	10.5263
Cida - Rota B	0.04	0.100	0.157895	4	10.0	15.7895
Nara - Rota A	0.08	0.075	0.078947	8	7.5	7.8947
Nara - Rota B	0.04	0.075	0.105263	4	7.5	10.5263
Vera - Rota A	0.08	0.075	0.105263	8	7.5	10.5263
Vera - Rota B	0.04	0.025	0.026316	4	2.5	2.6316
Helena - Rota A	0.04	0.050	0.052632	4	5.0	5.2632
Helena - Rota B	0.04	0.050	0.026316	4	5.0	2.6316
Marilda - Rota A	0.04	0.050	0.026316	4	5.0	2.6316
Marilda - Rota B	0.04	0.075	0.052632	4	7.5	5.2632
Georgiana - Rota A	0.04	0.075	0.026316	4	7.5	2.6316
Georgiana - Rota B	0.04	0.025	0.026316	4	2.5	2.6316
Diana - Rota A	0.08	0.075	0.026316	8	7.5	2.6316
Diana - Rota B	0.04	0.050	0.026316	4	5.0	2.6316

**Concluindo** : Das duas embarcações (Manoela e Cida) o pior resultado era da Cida.

As três últimas colunas da Tabela C.3 estão relacionando os percentuais de atrasos das embarcações por rota e por período. Os atrasos noturnos são bem maiores comparados com os atrasos matutinos e vespertinos. No entanto, os atrasos noturnos podem ocorrer em função de condições de mar, nos outros dois períodos não seria aceitável tal justificativa.

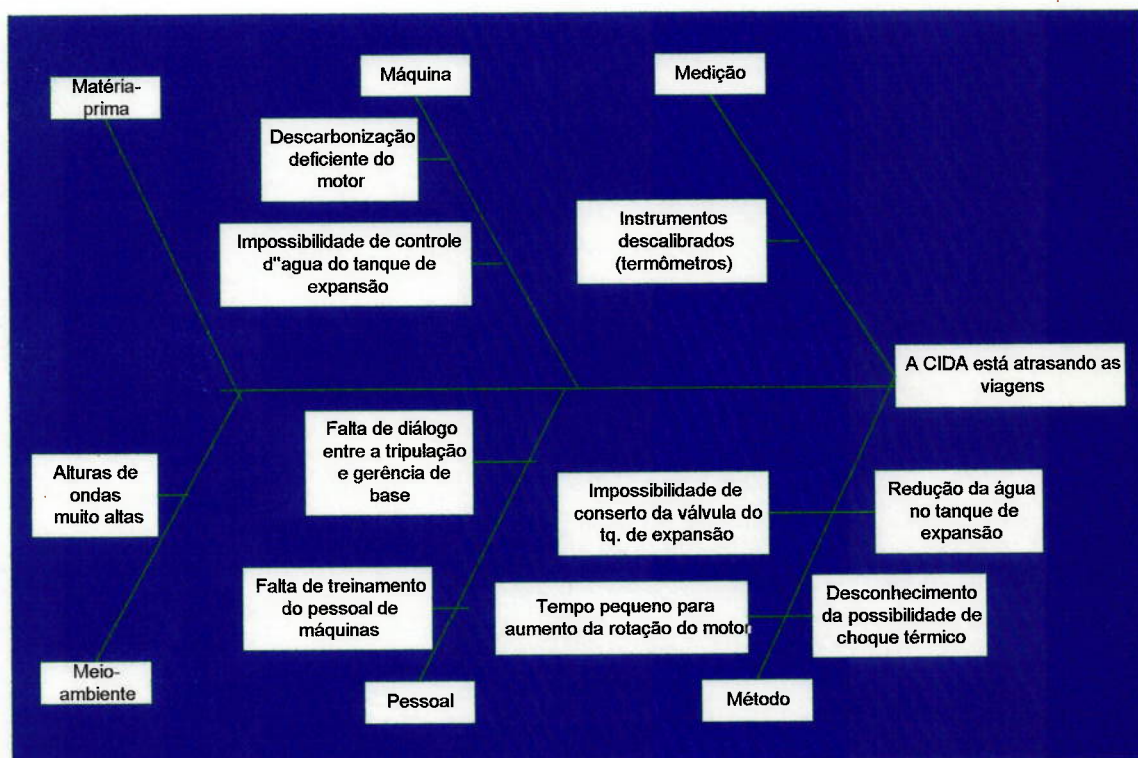
**A nova definição para o problema seria : A Cida está atrasando as viagens.** A próxima etapa consiste em priorizar o enfoque sobre determinada característica do problema originalmente definido. Dentro do problema Solicitações Atendidas no Prazo, tem-se o problema Embarcação Cida atrasando as viagens.

O GT chamou o representante da empresa proprietária da Cida e disse que faria uma reunião, com a presença do gerente de manutenção, com o Comandante da Cida, com o Chefe de máquinas e com o Imediato, para discutirem o problema, visando o levantamento das causas especiais.

Na reunião o líder do GT explicou o que estava ocorrendo e apresentou a demonstração gráfica de tudo o que o GT tinha levantado. Solicitou que os presentes opinassem sobre as possíveis causas do aumento dos atrasos nas viagens da Cida. Com as observações dos participantes, foi sendo construído pelo GT, um **diagrama de causa e efeito**, visando **levantar todas as causas para os atrasos.**

As causas foram relacionadas mediante a reunião com as pessoas envolvidas, entretanto, elas poderiam ser identificadas através da implantação de itens de verificação, dentro da embarcação Cida. Neste caso, a solução independeria do GT conversar com as pessoas, resultando **maior tempo de observação**.

A partir do Diagrama de Causa e Efeito, inicia-se a fase de análise das causas propriamente dita. A reunião do GT norteará o estudo das causas prováveis utilizando novos dados e ferramentas estatística, de modo a fazer testes com hipóteses para as questões levantadas com as interpretações realizadas.



**Figura C.6. Diagrama de Causa e Efeito da Embarcação Cida.**

Foi construída pelo GT, a Figura C.6 que mostra as causas mais prováveis para os atrasos, filtradas após análise dos motivos.

A Figura C.6 relaciona as causas mais prováveis e os motivos para as suas ocorrências.

**Tabela C.4. Escolha das causas mais prováveis para os atrasos.**

CAUSAS	CONCLUSÕES	MOTIVO
1. Condições de mar muito adversas	Pouco provável	Afetaria também as outras embarcações.
2. Descarbonização do motor inadequada	Provável	Afetaria apenas ao motor citado.
3. Desconhecimento da ação do choque térmico com abertura da água com o nível muito baixo	Provável	Pode ser que o motor esteja recebendo água fria, rachando camisas
3. Mola da válvula de enchimento não agüenta a pressão.	Provável	Afetaria também ao motor, pois causaria a ação acima.
4. O tanque de pressão hidrofórico muito alta	Provável	Afetaria a mola acima
5 Falta de treinamento do pessoal de máquinas.	Pouco provável	Afetaria também os outros equipamentos
6 Tempo de aumento da rotação do motor	Pouco provável	Afetaria também o outro motor.
7. Desconhecimento da possibilidade de choque térmico	Pouco provável	O chefe já imaginava que poderia haver correlação do problema do motor com o tanque de expansão.



Com as causas relacionadas, pode-se analisar como estas afetariam a velocidade da embarcação. Por exemplo, não adiantaria a tripulação alegar que as condições de mar foi a causa dos atrasos da Cida, pois esta causa afetaria toda a frota e não apenas aquela embarcação. Por outro lado, a descarbonização mal feita do motor afetaria apenas aquela embarcação, sendo portanto provável aquela causa, devendo ser levada em consideração, e porconsequinte pesquisada para saber se é a causa fundamental.

Em seguida foram levantados **novos dados**, visando **testar as hipóteses** sobre as causas mais prováveis. À partir da Tabela C.4, prepara-se a Tabela de Hipóteses e Testes, mostrada na Tabela C.5, onde constam as **causas mais prováveis** (hipóteses) e os testes correspondentes :

Os dados em **negrito** na Tabela C.5 visam dar ênfase àquilo que pode ser a **causa fundamental das causas especiais**.

Em seguida foram testadas as hipóteses, medindo e avaliando os dados estatisticamente para ver se **confirmava** a possibilidade da hipótese ser correspondente à causa fundamental. No exemplo, a medição da tensão da mola definida no projeto e a medição da tensão da mola que consegue fechar a água para o tanque de expansão seria um modo de confirmar a hipótese.

Após a descoberta da causa fundamental, foi efetuado o teste de consistência da causa fundamental.



Tabela C.5. Hipóteses e Testes.

HIPÓTESE	OBJETIVO DO TESTE	TESTE
<b>1.Água vazando na camisa para o cárter</b>	Verificar se a camisa do motor foi trocada durante a docagem.	Medir desgaste da camisa, para saber se desgaste é compatível com 1 ano de funcionamento após docagem.
<b>2.Descarbonização do motor inadequada</b>	Verificar se o motor está com seus componentes do sistema de força trocados.	Medir a pressão de compressão dos cilindros.
<b>3.Desconhecimento da ação do choque térmico com abertura da água com o nível muito baixo</b>	Verificar se existe correlação entre o vazamento e a abertura da válvula do tanque	Medir a temperatura da água no motor antes e após a abertura da água no tanque.
<b>3.Mola da válvula de enchimento não agüenta a pressão.</b>	Verificar se a mola da válvula é original .	<b>Medir a pressão da mola, comparando com outra original e a especificação de projeto</b>
<b>4.O tanque de pressão hidrofórico muito alta</b>	Verificar se a pressão do tanque está dentro do especificado.	Medir a pressão e comparar com a especificação de projeto.

O teste de consistência visa saber se a causa apontada é a responsável pela queda de desempenho da Cida. Consiste em coletar novos dados de modo a ter certeza que toda vez que a causa se manifestou, ocorreram problemas com a Cida.

O próximo passo é o bloqueio da causa fundamental. Consiste em elaborar procedimentos operacionais que possibilitem a correção do projeto, estabelecendo uma mola que tenha a tensão adequada a complementação com água para o tanque de expansão dos motores, de forma a evitar que novos acidentes ocorram.

Após o bloqueio da causa fundamental, verifica-se se ainda ocorrem atrasos com a Cida. Caso ocorram novos atrasos, qual a relação destes atrasos com a causa fundamental anteriormente bloqueada. Se os atrasos ocorrem em função da mesma causa, então, aquela causa não foi efetivamente bloqueada, ou seja, as modificações dos procedimentos ou do projeto não são eficientes e precisam ser revistas. Se os atrasos ocorrem em função de outra causa, deve-se “girar o PDCA”, ou seja, deve-se aplicar o MASP visando identificar e eliminar a nova causa fundamental.

## D - TERMINOLOGIA

Águas profundas - Profundidades superiores a 400 metros.

Barril - Uma medida utilizada na indústria petrolífera para unidade de volume de óleo ou de seus derivados equivalente a 158,978 litros.  $1 \text{ m}^3$  equivale a 7,33 barris. Abreviado : bbl.

Plataforma Fixa (PF) - Consiste de uma jaqueta(feita de tubulações de aço e apoiada por estacas no fundo do mar) com um convés no topo, provendo acomodações para pessoas, sondas de perfuração e facilidades de produção.

FPS - Floating production storage - sistema de produção flutuante - Consiste de uma plataforma semi-submersível com equipamentos de perfuração e produção, ancorada com cabos de aço e correntes permitindo o movimento vertical, com conexão aos poços de petróleo por meio de tubos chamados de "risers". O FPS é utilizado em águas de profundidade superior a 120 m.

FPSO - Floating production storage and offloading - Sistema que utiliza uma planta no convés de um navio-tanque para fazer a separação primária da produção e depois bombea-la para outro navio encarregado de transportar a produção. O FPSO fica fundeado através de um sistema chamado "turret" que permite ao navio girar conforme as forças ambientais e também receber a produção através de linhas flexíveis.

**TLP - Tension Leg Platform** - Consiste de uma estrutura flutuante, mantida no local do poço de petróleo mediante tendões verticais, de aço, conectados ao "template", preso ao fundo do mar por estacas.

**Template** - Estrutura de aço, configurada de tal forma que permite a sua fixação no fundo do mar com auxílio de estacas de aço e acomoda pequenos cilindros que encamisam os poços de petróleo.

**Barris por dia** - Uma medida utilizada na indústria petrolífera para a razão de produção de campos de petróleo, oleodutos, refinarias e transporte. 1 b/d equivale a 49,8 ton/ano. Abreviado : b/d, bbl/d ou bpd.

**Conjunto de BOP - BOP Stack - Blow out preventer stack** - Conjunto estrutural submarino depositado no leito marinho durante a fase de perfuração, composto de um grupo de válvulas de gaveta hidráulicas, conectores e estrutura-guia. Faz a conexão do sistema de riser com o sistema de poço. Sua complexidade depende da pressão de petróleo que suporta e da profundidade que opera.

**Condensado** - Termo utilizado para descrever hidrocarbonos líquidos leves, separado do óleo cru após a produção e vendido separadamente.

**CALM - Catenary Anchoring Mooring** - Sistema de fundeio de âncoras em catenária.

**Boe/d - Barril de óleo equivalente** - Termo utilizado para condensados do petróleo, considerando a sua concentração em relação ao barril de óleo.

Óleo cru - Termo utilizado para o petróleo.

Downstream - Termo inglês utilizado para as atividades petrolíferas entre a refinaria e a distribuição de derivados do petróleo. O termo oposto é o Upstream.

LNG - Gás natural liqüefeito por compressão ou por refrigeração.

Gás Natural - Petróleo na forma gasosa, consistindo de hidrocarbonos encontrados em associação com o óleo. O Metano é o componente dominante.

Reservas - Uma quantidade de petróleo economicamente recuperável.

Upstream - O processo de exploração do petróleo, desenvolvimento dos campos e produção. O oposto é Downstream.

Inferência Estatística - Significa obter as medições de determinada característica de uma amostra e estudar a sua representatividade para a população.

Stock Exchange - Grupo de empresas, denominadas "brokings", em determinado local, reunidas com objetivo de vender ou comprar estoques de petróleo das empresas de petróleo da região ou até do continente.

Processos críticos ou especiais - São aqueles que incluem fatores que afetam as características dos serviços realizados e que não podem ser facilmente medidos. A qualificação dos procedimentos dos processos críticos é a simulação da operação segundo tal procedimento, seguida

de verificações quanto à fidelidade dos resultados que são comparados com procedimentos tidos como aceitáveis (padrões).

**Certificação/Certification** - O procedimento e a ação desenvolvida por um corpo autorizado que determina, verifica, atesta e escreve que as qualificações do pessoal, processos, procedimentos ou itens estão em conformidade com os requisitos aplicáveis.

**Conformidade/Conformity** - O preenchimento por um item ou serviço das especificações requeridas.

**Especificação/ Specification** - O documento que descreve em detalhes os requisitos que o produto, processo ou serviço precisa estar conforme.

**Verificação/ Verification** - O ato de rever, inspecionar, testar, checar ou auditar itens, processos, serviços ou documentos conforme requisitos especificados.

**Riscos** - Todos os fatos indeterminados que possam gerar distorções nocivas das condutas consideradas normais, em função dos parâmetros que adotam. Os riscos podem ser previsíveis ou imprevisíveis.

**Auditoria de processo** - É a verificação de uma tarefa ou operação de um processo, em relação a procedimentos escritos ou normas, para se avaliar a conformidade a esses procedimentos e normas.

**Exatidão/ Accuracy** - É a diferença entre o valor de referência (objetivo) e o valor observado. Se o desvio é igual à zero, significa que a medida é

exata. Quanto maior o desvio, menor a exatidão da medida obtida e, conseqüentemente, do método/instrumento utilizado.

**Precisão/ Precision** - Está relacionada com a dispersão de um conjunto de valores em torno da média, ou seja, quanto maior a dispersão(maior desvio padrão), menor a precisão. Não existe precisão absoluta, visto que nunca se tem o desvio padrão igual à zero. Uma medida de precisão utilizada em estatística é o erro padrão da média (#), obtido pela razão entre o desvio padrão (s) e a raiz quadrada do número de observações ou de eventos (n). Exemplo : Se o s for 0,18 e o n for 200, então # será igual à  $0,18/\sqrt{200} = 0,013$ .

**Imprecisão/ Imprecision** - Termo utilizado para descrever erros de arredondamento e erros sistemáticos (bias) do método de medição ou da operação.

**Característica/Characteristic** - Uma propriedade que ajuda a diferenciar entre itens de uma amostra ou de uma população.

**Capacidade do processo/Process Capability** - Os limites nos quais o processo opera baseado em uma variação governada pelas circunstâncias. Define-se matematicamente pela diferença entre os limites do intervalo dividido por seis vezes o desvio padrão.

**Incerteza/Uncertainty** - Uma indicação de variabilidade associada a um valor medido que considera os componentes de erro de (enviesamento e arredondamento) atribuído à imprecisão do processo de medição.



Nível de processo aceitável/ Acceptable Process Level (APL) - O nível do processo que forma a zona externa, fora da zona aceitável do processo. Um processo localizado na zona APL terá uma probabilidade de rejeição designada por  $\alpha$  , quando a medida plotada é comparada com os limites de aceitação.

Carta de controle de aceitação/ Acceptance Control Chart - Um método gráfico para dois propósitos de medição de desempenho, de um processo : Se podemos ou não esperar que o processo atenda as tolerâncias definidas para a variação das suas características que estão sendo medidas. Se podemos ou não considerar o processo sob controle. A carta visa indicar quando se deve tomar providencias em relação a um processo. Um grupo de medidas são realizadas em seqüência , calculada a sua média e desvio padrão e/ou amplitude. Em seguida esta média é plotada na carta. Várias médias são plotadas ao longo do tempo, geralmente em torno de 30 pontos. Surgiu na década de 80, nos EUA. Seu uso visa distinguir variações estatísticas significantes, de modo a que o controlador do processo possa tomar atitudes visando prevenir a queda de desempenho do processo. A carta é utilizada na fase de verificação do processo, onde ações são tomadas visando corrigir variações de natureza crônica ou esporádicas. As determinações são realizadas pela comparação de valores de medidas estatísticas extraídas de amostras ordenadas.

Causas comuns de variação : projeto malfeito, treinamento inadequado, especificações muito/pouco rígidas, produção apressada.

Correspondem a 85% dos problemas.

Causas especiais ; Atribuíveis à um equipamento, operador, não são aleatórias, correspondem a 15% dos problemas.

Medidas de tendência central - Fornece a medida que melhor representa um grupo de dados ou amostra. As medidas de tendência central são : Média, Mediana e moda.

Medidas de dispersão : São medidas que fornecem a variação de determinado valor em relação à média. As medidas de dispersão são : Amplitude, Variância, Desvio Padrão e Coeficiente de variação.

Produto - É o resultado de qualquer processo produtivo. Consiste principalmente de serviços, bens materiais, "softwares," etc.

Serviço - É o trabalho realizado por uma ou mais pessoas. Consiste principalmente de transporte, comunicações, energia, entretenimento, etc.

Cliente - É alguém impactado pelo produto ou pelo serviço. O cliente pode ser interno ou externo à organização. O cliente interno representa uma pessoa que recebe produtos ou serviços de outro departamento dentro da mesma organização.

Processo - Termo utilizado para uma combinação de máquinas, ferramentas, métodos, materiais e pessoas engajadas na produção.

População é um conjunto de informações a qual temos interesse em conhecer determinada característica. População infinita é aquela com infinitos elementos. Alguns autores usam o termo universo e população como sinônimos, outros consideram população um conjunto de dados de variação discreta e universo para variação contínua.

Controle do processo - A prevenção de uma mudança no processo que poderá resultar em uma queda na conformidade do serviço ou do produto. Exemplo: O processo "velocidade de navegação" deve ser controlado visando um bom resultado no serviço "carga transportada".

Análise de capacidade do processo - Termo aplicado ao estudo baseado em medições coletadas de um processo produtivo, visando verificar a uniformidade intrínseca do processo e identificar se o processo é capaz ou não de atender determinada especificação. Uma amostra de produtos é retirada do processo, calculada a sua média e amplitude. Estes dados são colocados em uma carta de controle. Se a carta de controle mostra que não existem pontos fora de controle ou não existem evidências de que esteja ocorrendo uma tendência, podemos dizer que o processo está sob controle. Os limites da carta são especificados geralmente como  $\pm 3s$  onde  $s$  é o desvio padrão da amostra e  $3s$  representa um dos lados da carta, cujo intervalo total ( $6s$ ) corresponde a 99,73%, ou seja, o processo está com 99,73% dos seus resultados dentro dos limites especificados. Se o processo não está sob controle deve-se fazer inspeções em 100% dos seus produtos e

deve-se aplicar um programa de ajustagem do processo. Se o processo está sob controle, pode-se calcular a sua capacidade.

Capacidade do processo - Termo utilizado para a medida da inerente reprodutibilidade do produto pelo processo.  $C_p = 6 \text{ sigma}$ , onde sigma é o desvio padrão da característica medida no processo. O índice de capacidade  $C_p = 6 \text{ sigma}$  significa que 99,73% das medidas do processo estão dentro das especificações. A capacidade de um processo é uma medida de variação do processo em relação a um valor tido como o objetivo.

Processo sob controle - É o processo cujas variações tem origem em causas especiais, ou seja, não assinaláveis. Quando isto acontece,  $C_p$  representa a capacidade do processo. É importante distinguir o estado de um processo que está sob controle daquele estado onde o processo atende os limites especificados. Um processo que atende as especificações, não significa que está sob controle.

Razão de capacidade - É a razão entre o intervalo da especificação pela capacidade do processo. Algumas empresas definem que o processo está adequado para a Razão =  $(USL-DSL)/6s = 1.63$ , significando que o processo está produzindo à uma taxa de falha ou defeito de 1 PPM (1 defeito em cada 1 milhão de peças).

Índice de Capacidade ( $C_{pk}$ ) - Indica a proximidade da média atual do processo dos limites (USL ou DSL).

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \right], \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3s} \right]$$

Exemplo : USL=20, LSL=8 , s=2, Xbarra = 16

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{16 - 8}{3.2} \right], \left[ \frac{20 - 16}{3.2} \right]$$

Razão de capacidade =  $(20-8)/6.2=1$ , indica que se o processo está centrado, apenas 0,27% dos produtos apresentam deficiências.

Entretanto, como o  $C_{pk}=0,67$ , indica que o a média do processo está continuamente próximo do limite USL.

Requisitos de saída do processo - Termo aplicado a padrões, especificações e objetivos que se pretende obter na saída do processo.

Controle da qualidade - Termo utilizado como sinônimo de prevenção de defeito.

Controle Estatístico de Processo - Método de controle de processos baseado em cálculos estatísticos.

“Self-Control” - Termo aplicado a situações nas quais uma pessoa está provida com todos os recursos necessários de modo a atender todas as especificações definidas por um plano de objetivos.

Significancia estatística : Carta de Controle - Visa identificar diferenças entre um desempenho e um objetivo de um processo. Esta diferença pode ser real ou aparente, medidas através das variações que o processo apresenta.

**Análise de correlação** - Relaciona duas variáveis, de modo a permitir

analisar a influência de uma sobre a outra. Exemplo : Velocidade de ventos versus velocidade de embarcações.

**Ação corretiva** - Termo aplicado para a ação tomada visando : 1) Eliminar

deficiências crônicas que não são percebidas na rotina do processo. 2)

Eliminar deficiências esporádicas detectadas no processo.

**Controle do processo e os ciclos de melhoria** - Ciclo de quatro estágios

(PDCA) introduzido no Japão em 1951 por Deming. Este ciclo é

derivado do ciclo de Shewhart de três estágios de 1939, necessário

para gerenciar um processo produtivo : especificar, produzir,

inspecionar. Gerentes e engenheiros planejam o trabalho e projetam os

processos e dizem aos operadores o modo correto de realiza-lo. Os

operadores fazem o trabalho, seguindo os métodos descritos e

inspetores checam o trabalho. Quando alguma coisa não está indo

bem, os operadores recebem “feedback” (negativo) dos inspetores. O

“feedback” é utilizado para tentar restaurar o processo, podendo

resultar em supercontrole, levando a grande variabilidade do processo.

**Diagrama de Pareto** - Gráfico utilizado na fase “plan” do ciclo PDCA visando

identificar os potenciais de ganho e concentrar os esforços nas áreas

prioritárias.

**Diagrama de Causas e Efeito** - Utilizado na fase “plan” do ciclo PDCA

visando identificar as causas de problemas no processo.

**Histograma - Gráfico utilizado para descrever a situação de determinado processo. Uma amostra é coletada de um lote de produtos ou serviços a serem avaliados quanto ao seu desempenho quanto determinada característica. O histograma fornece como está se comportando esta característica, dando a média, o desvio padrão e os limites de especificação. O centro do histograma define o objetivo do processo e o intervalo ou largura do histograma define a variabilidade do objetivo. A forma mais característica do histograma é de um sino (curva normal), com um índice chamado "p-value" < 0.05.**



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ballou**, Ronald H.- Logística Empresarial. Ed.Atlas,1995.
2. **Beck**, Robert - Oil Industry Outlook. 1996-2000.Projection to 2004.1996.
3. **Besterfield**, Dale H. - Quality Control. Ed.Prentice-Hall do Brasil Ltda. Rio de Janeiro.
4. **Campos**, Vicente Falconi - TQC - Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia-UFMG,1994.
- 5.**EIA** - Energy Information Administration of United State of America. Anual Energy Review 1993. Informações também contidas no endereço internet <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo95/tables/tb13.txt>.
- 6.**DOD** - U.S. Department of Defense, 1997. Informações também contidas na página 8 do texto existente no endereço internet <http://technet0.jcte.jcs.mil:9000/htdocs/teinfo/directives/soft/spec3.html>.
7. **Juran**, J.M. - Juran's Quality Control Handbook. Ed.MacGraw-Hill,1988.
8. **Juran**, J.M. - Juran na Liderança pela Qualidade. Ed. MacGraw-Hill,1988.
9. **Kume**, Hitoshi, Métodos Estatísticos Para Melhoria da Qualidade. Trad. de "Statistical Methods for Quality Improvement" publicado pela AOTS - The Association for Overseas Technical Scholarship. Japão, 1988.
10. **Lascelles**, D.M.; **Dale**, B.G. Examining the barriers to Supplier development. International Journal of Quality and Reliability Management, v.&n.2.p.46,1990.

11. **Monk, Andrew** - Exploring Statistics with Minitab. Ed. John Wiley & Sons, New York, 1991.
12. **Manning, George C.** - Teoria e Técnica do projeto do navio. Centro de Publicações Técnicas da Aliança. Rio de Janeiro, 1964.
13. **Revista Petrobrás.** Publicação de maio/1996.
14. **PETROBRÁS.** Dados internos pertencentes ao CEMPES/DIPREX não divulgados. 1988.
15. **Global Waves Statistics.** US Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. Environmental Information Services, 1997. Informações também contidas endereço internet <http://www.noaa.gov>