



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GTL - 27
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO XVI
GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS – GTL**

**ANÁLISE DE DADOS DA MANUTENÇÃO DE UM SISTEMA REAL E EM EVOLUÇÃO – CONCLUSÕES
SOBRE DADOS COLETADOS NA CHESF/TELECOMUNICAÇÕES DURANTE OS ÚLTIMOS DOZE ANOS**

Elton Bernardo Bandeira de Melo *

CHESF

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo compartilhar como evoluíram, no decorrer destes doze anos, as características dos serviços de telecomunicações da CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – a partir da análise das informações contidas em mais de 100.000 (cem mil) ordens de serviços de manutenções, dentre corretivas aleatórias ou programadas.

Devido à enorme massa de dados é possível verificar, baseado em estatísticas bastante consistentes extraídas de dados reais, o impacto de certas modificações na planta ou nos processos utilizados na manutenção do sistema. Tendo em vista o grande porte da planta de telecomunicações instalada e de algumas características destes equipamentos, dentre as quais estão suas taxas de falhas, os resultados extraídos podem ser de grande valia, não somente para subsidiar as decisões pertinentes às equipes de manutenção, como também para guiar as decisões mais estratégicas do segmento de telecomunicações nas empresas de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Telecomunicações, Manutenção, Ordens de Serviços, MTTR, Modelos de Atendimento, Evolução de Sistemas.

1. 0 INTRODUÇÃO

A elaboração de uma estrutura eficiente de manutenção tem sido objeto de estudos de diversos grupos do país e do mundo, de onde surgem diretrizes que conduzem os principais centros mantenedores, sobretudo empresas de grande porte e grande diversidade tecnológica, como é o caso das empresas de energia elétrica. Destes estudos surgem modelos e indicadores consagrados para a aferição do desempenho dos equipamentos (confiabilidade) ou das equipes de manutenção (manutenabilidade). É com base nestes construtos que se pode quantificar e classificar as grandezas de interesse para a operação e manutenção, melhorando assim o conhecimento e favorecendo o controle sobre o sistema, o que permite, em muitos casos, algumas previsões sobre as possíveis conseqüências trazidas pela introdução ou retirada de equipamentos de uma determinada espécie, ou mesmo, sobre o impacto de algumas modificações nos processos das equipes envolvidas.

É de senso comum que determinadas ações, tais como modificações na tecnologia dos equipamentos, deveriam reduzir os MTBF's ou MTTF's, ou mesmo que algumas alterações no *modus operandi* das equipes de manutenção envolvidas provocariam variações nos MTTR's, no entanto há certa carência de comprovações empíricas destes efeitos no desempenho da manutenção. Ou seja, são raros os trabalhos nesta área que se espelham em dados reais de uma organização de manutenção, mostrando o impacto de tais evoluções conjunturais.

*Rua Delmiro Gouveia, 333 – Anexo 2 – Sala 117 - CEP 50761-901 - Recife - PE - BRASIL
Tel.: (081) 3229-4295 - Fax: (081) 3229-4217 - e-mail: eltonbm@CHESF.gov.br

Devido à coleta de mais de 100.000 (cem mil) ordens de serviço, divididas entre ordens de serviço de manutenção corretiva aleatória (OSCA), de manutenção programada (OSMP) ou de tarefas diversas (OSTD) pela DOMT, Divisão de Engenharia de Manutenção e Reparo de Telecomunicações da CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, tornou-se possível analisar a evolução dos serviços de manutenção durante os últimos doze anos, e a partir de tal análise, apoiando-se em estatísticas consistentes, prover conclusões que dêem suporte às futuras atuações, seja perante as equipes de manutenção e seus métodos, seja perante o parque instalado e suas diversas tecnologias.

Neste trabalho, devido às restrições de espaço, serão mostrados apenas alguns dados: parte da análise das OSCA e OSMP do período de 1992 a 2003, considerados de maior relevância devido à clareza das conclusões obtidas e à abrangência das mesmas. Apesar de tratar-se de dados específicos dos serviços de manutenção de telecomunicações da CHESF, as mesmas características podem ser encontradas nas mais diversas situações, e em diversas áreas ligadas à engenharia de manutenção.

Inicialmente será descrita a estrutura de manutenção considerada (Serviços de Manutenção de Telecomunicações da CHESF), para situar em quais condições foram preenchidas as OS que proveram os dados ora sob análise. Posteriormente serão comentados os dados de maior relevância no que diz respeito à quantidade de OS e às características das mesmas. As análises do desempenho manutenibilidade do parque serão tratadas em seguida, sendo levantadas algumas relações causais (testes de hipótese) pertinentes e de grande valia para especialistas da área. Finalmente clarificar-se-á as principais conclusões, reafirmando alguns pontos chave deste trabalho.

2.0 ESTRUTURA CONSIDERADA

A CHESF é líder no setor eletro-energético do país, comercializando cerca de 50.960 GW/h (2003) e com uma malha de transmissão com mais de 15 mil km de linhas de 500, 230, 138 e 69kV, cobrindo toda a região nordeste, exceto o Maranhão. Para atender à sua área de concessão, há uma administração com estrutura centralizada composta por quatro diretorias (DA – Diretoria Administrativa; DE – Diretoria de Engenharia; DF – Diretoria Financeira e DO – Diretoria de Operação) com sede em Recife e seis gerências regionais (GR), com sedes em Recife (Leste – GRL), Salvador (Sul – GRS), Paulo Afonso (GRP), SoBradinho (GRB), Fortaleza (Norte – GRN) e Teresina (Oeste – GRO), distribuídas geograficamente conforme a Figura 1, a seguir:

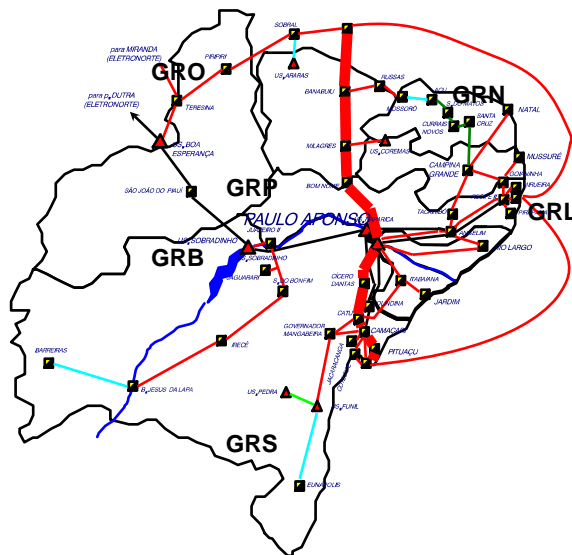


FIGURA 1 – Disposição geográfica das GR's no mapa de rotas ópticas da CHESF

Expondo resumidamente a estrutura de manutenção, pode-se afirmar que cada gerência regional possui uma equipe de telecomunicações. Estas equipes são chamadas de serviços regionais de telecomunicações, atendendo pelas siglas: SLTL – Leste; SSTL – Sul; SPTL – Paulo Afonso; SBTL – SoBradinho; SNTL – Norte e SOTL – Oeste. Cada STL está subordinado administrativamente à respectiva GR e técnico-normativamente ao Departamento de Telecomunicações (DTL), que por sua vez é composto pelas Divisões de Expansão (DOES), de Operação (DOOT) e de Manutenção (DOMT), todas lotadas em Recife.

A DOMT é responsável pela elaboração do conjunto de normas que serão empregadas nos serviços de manutenções executivas pelos STL, bem como pelo controle dos indicadores de manutenção, integração de novos sistemas (pré-operacional e aceitação) e por eventuais suportes técnicos ou mesmo auxílio na manutenção executiva em algumas contingências. Esta divisão é também responsável pelos sistemas de informações de telecomunicações, no tocante às atividades de manutenção e gestão de ativos. Neste trabalho, por discutirmos o tratamento de dados extraídos das OS armazenadas nos sistemas de informações, as alterações nestes últimos serão refletidas nos tipos de dados apresentados, como ficará claro no decorrer do texto.

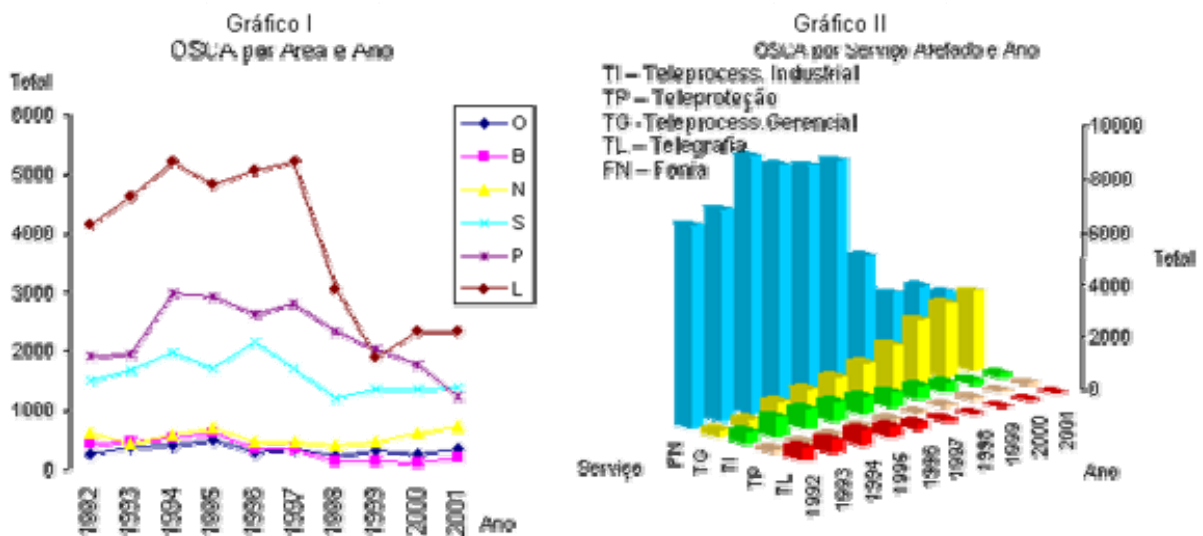
3.0 ANÁLISE QUANTITATIVA DAS OS

Observando a quantidade de OS registradas e suas principais características em cada período, pode-se analisar a disponibilidade do sistema e do volume de serviços de manutenção. Abaixo são apresentadas as observações de maior relevância desta análise.

3.1 Manutenções Corretivas – OSCA

O sistema de telecomunicações da CHESF ano após ano vem sendo expandido em largas proporções. O sistema de transmissão migrou de uma configuração onde só havia os sistemas OPLAT (Ondas Portadoras sobre Linhas de Alta Tensão) e duas rotas de rádio analógico com 960 canais cada (entre Recife e Sobradinho e entre Paulo Afonso e Funil, passando por Camaçari) para uma ampla malha de rotas digitais, seja de rádio (PDH 1,5GHz, 7,5GHz, e 15GHz ou SDH 7,5GHz e 18GHz) ou de fibras ópticas através de cabos OPGW (STM1 e STM4). O sistema de comutação corporativa foi todo digitalizado, contando hoje com mais de setenta centrais (em sua maioria HICOM ou HIPATH da Siemens). Houve também uma enorme expansão da rede de dados TCP/IP, e o abandono de algumas tecnologias, tais como telégrafos, telex etc.

Atentando para o grande aumento no parque instalado, é natural esperar que o volume de manutenções também cresça, no entanto as renovações dos equipamentos juntamente com a migração para novas tecnologias contrapõem-se a esta tendência.



Observando os Gráficos I e II, vemos que, mesmo com esta expansão estrondosa durante estes dez anos, a solicitação de serviços de manutenção só tem diminuído. No Gráfico I podemos verificar uma queda acentuada no número de OS entre 1996 e 1999, refletindo a digitalização da rede de comutação telefônica corporativa, esta tese pode ser confirmada se observarmos que, de acordo com o Gráfico II, ela se deve principalmente à drástica queda no número de OS associadas à fonia. Com a implantação de novas centrais comutadoras e conseqüente redução de falhas, deduz-se que não eram as redes as responsáveis por tantas falhas, e sim o sistema de comutação.

Ainda no Gráfico II, pode-se observar uma crescente demanda por serviços de manutenção de teleprocessamento gerencial, isto se deve à crescente utilização de microcomputadores, servidores e demais equipamentos relacionados aos sistemas de informações gerenciais.

3.3 Evolução do Custo da Manutenção

O Gráfico III mostra a evolução dos gastos com o custeio normalizado da manutenção de telecomunicações, donde pode-se ver que não houve grandes variações, houve apenas um ligeiro aumento nos custos da maioria dos serviços regionais, mesmo com a redução do número de OS. Analisando mais a fundo esta visão, podemos verificar que, sobretudo nas regionais de Paulo Afonso, Leste e Sul, como mostra o Gráfico IV, o aumento dos gastos com serviços de terceiros tem sido o responsável por este comportamento. Isto pode ser explicado considerando-se que a CHESF não realizou concurso para a contratação de mão de obra especializada durante todo este intervalo, o que, acompanhado da substituição de muitas tecnologias, fez necessário à contratação de mão de obra terceirizada para a prestação de serviços de manutenção. Cabe observar também que estes dados não pertencem ao sistema de informação de manutenção, e sim do sistema de controle orçamentário corporativo, que não disponibiliza os registros anteriores a 1997.

Gráfico III
CUSTEIO DA MANUTENÇÃO

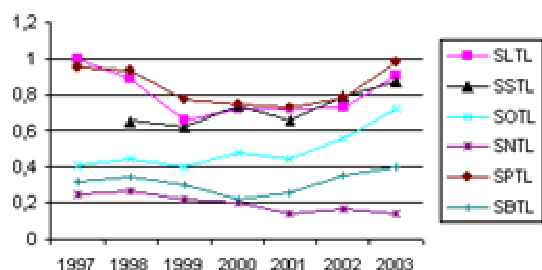
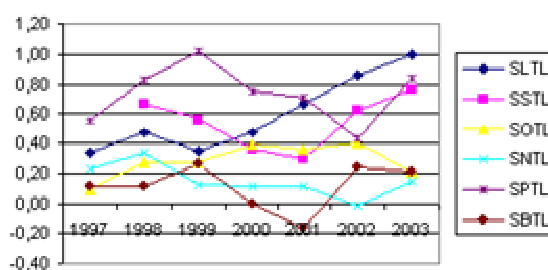


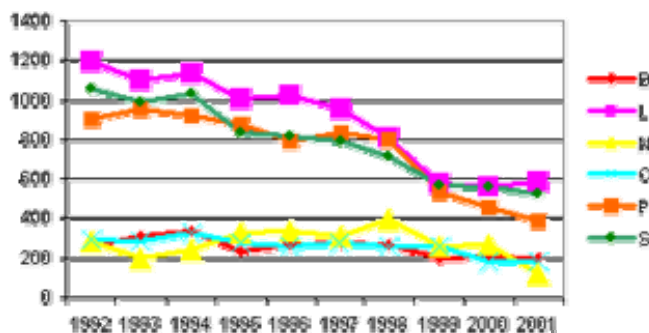
Gráfico IV
GASTO COM TERCEIROS



3.2. Manutenções Programadas – OSMP

As manutenções programadas aqui referidas são todas de caráter preventivo, e devem ser feitas a partir de procedimentos específicos para cada equipamento, elaborados pela DOMT.

Gráfico V
OSMP - GERAL

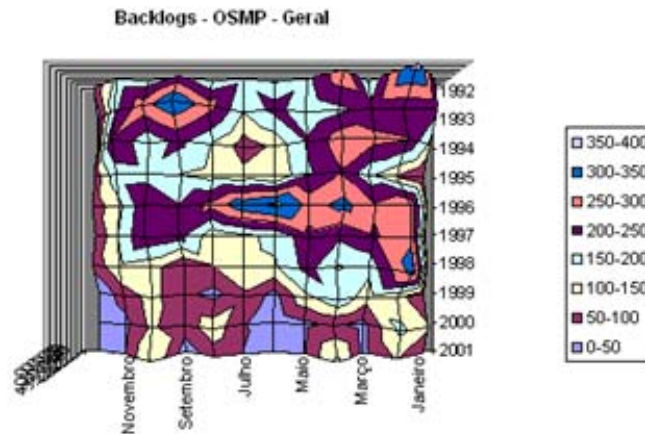


Com o crescimento do número dos equipamentos digitais e gerenciáveis, o plano de manutenção programada (PMP) vem sendo reduzido gradualmente, como mostra o Gráfico V. Acredita-se, pois, que observando o desempenho dos mesmos à distância pode ser possível prever algumas falhas decorrentes de desvios dos sistemas. O fato de os equipamentos mais modernos serem caracterizados pela alta escala de integração dos componentes, que possuem taxa de falhas constantes, ou seja, componentes sem desgaste, também é motivo para a redução do PMP. Atualmente o plano é preponderantemente composto de equipamentos de teleproteção, pois estes continuam, mesmo os mais modernos, possuindo componentes eletromecânicos (sujeitos a desgaste), além do que, não são supervisionados e permitem, em sua maioria, deriva devido à perda de sintonia por conta de sua tecnologia OPLAT, largamente utilizada nas empresas de transmissão de energia. A função da teleproteção é comunicar com antecedência a necessidade de realizar o desligamento dos terminais das linhas de transmissão de energia, em caso de ocorrências e acidentes no sistema elétrico, preservando equipamentos, operadores e usuários. Por conseguinte, está diretamente ligada à atividade fim da empresa, transmissão de energia elétrica, e qualquer falha pode causar desligamentos indevidos. Além disso, a função teleproteção, pela

sua natureza, está sujeita 'a *falha oculta*, tal como descrita na abordagem RCM – *Reliability Centered Maintenance* [1], merecendo verificações periódicas.

O PMP é elaborado pela DOMT em conjunto com os serviços regionais STL, e monitorado trimestralmente, sendo que o não cumprimento do plano afeta diretamente os indicadores de desempenho das regionais e da empresa. Apesar da programação estabelecida no PMP ser mensal, onde se procura distribuir uniformemente o número de manutenções a cada mês, os indicadores de cada regional são avaliados trimestralmente, daí a razão para termos baixas de adiamentos (*backlogs*, vide Gráfico VI) nos meses de março, junho, setembro e dezembro, meses de fechamento trimestrais. Deixar as manutenções para o mês seguinte aí implicaria perdas dos indicadores. Este comportamento das regionais não é recomendável, e vem sendo combatido pela DOMT ano após ano.

Gráfico VI



4.0 ASPECTOS DA MANUTENABILIDADE DO SISTEMA

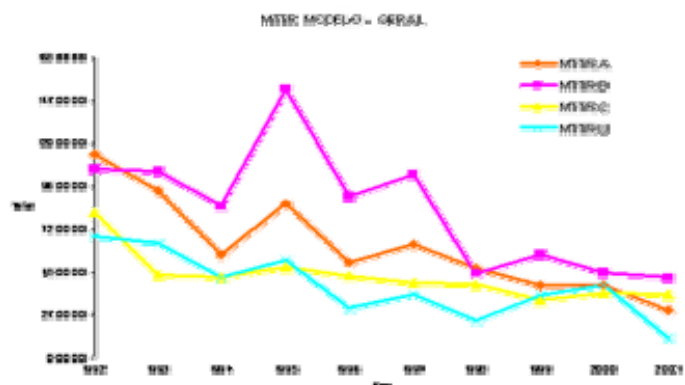
Temos como principal indicador para a análise da manutenibilidade de um sistema, os seus tempos de reparos (TTR's) associados. Estes tempos devem estar associados às prioridades dadas a cada atendimento, e cada equipe deve possuir um modelo a perseguir. Com este enfoque, serão mostrados os aspectos que mais chamaram atenção na análise dos dados históricos, antecedidos de uma breve explanação sobre os modelos utilizados.

4.1. Modelos de Atendimento

De acordo com o tipo de usuário do sistema, com o tipo de serviço e com a existência ou não de alternativas para a prestação do serviço associado ao equipamento, foi definido que este se enquadraria em um dos quatro modelos de atendimento existentes, sendo eles, em ordem de prioridade:

- U – Urgente;
- A – Necessário com prioridade alta;
- B – Necessário com prioridade média;
- C – Necessário com prioridade baixa.

Gráfico VII



O Gráfico VII nos mostra uma redução dos Tempos Médios de Reparos (MTTR) com o tempo, indicando avanços na disponibilidade dos sistemas de telecomunicações, além disso há uma coerência por parte das equipes em resolverem os problemas mais urgentes em um tempo mais curto. No entanto vemos que ocasionalmente os

tempos para os modelos mais urgentes são superados pelos menos urgentes, este comportamento pode ser explicado se observarmos que em geral os equipamentos que compõem os modelos A e U têm como cliente a operação do sistema elétrico, e, portanto, na maioria dos casos, estão localizados em subestações ou estações repetidoras distantes das sedes regionais, fazendo necessário então, deslocamentos da equipe de manutenção, o que demanda tempo. Já os equipamentos classificados nos modelos B e C, em sua maioria são de uso administrativo, e estão localizados próximos às sedes dos grupos de manutenção das regionais.

Analisando subjetivamente os processos de atendimento às manutenções corretivas, vê-se que o mais lógico e adequado, é que as equipes se esforcem para repor uma grande quantidade de serviços em um curto intervalo de tempo, e uma pequena quantidade de serviços em um tempo longo. Esta característica faz com que a distribuição de probabilidade descritiva da manutenibilidade tenha uma assimetria positiva, direcionada para a direita com cauda para a esquerda. Associando tal característica com o fato de os equipamentos em questão, em sua maioria serem de estado sólido (sem desgaste) ou eletromecânicos (distribuição de falhas normal ou weibull com $\beta > 1$), a DOMT optou pela distribuição lognormal, como modelo a ser buscado pelas equipes de manutenção para a distribuição descritiva da manutenibilidade (TTR's).

Assim, ficaram estabelecidos os parâmetros dispostos na Tabela I, como metas a serem perseguidas pelas equipes.

TABELA 1 – Parâmetros da distribuição lognormal desejada para cada modelo de atendimento

MODELO	MÉDIA(h)	DESVIO PADRÃO (h)
URGENTE – U	30	40
NECESSÁRIO – A	48	60
NECESSÁRIO – B	72	80
NECESSÁRIO – C	108	120

Com base nos dados reais da manutenção, vê-se que estes modelos estatísticos estão deveras longe de serem alcançados, já que em nenhum período analisado as curvas aderiram (testes de hipótese Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnoff) ao modelo lognormal com estes parâmetros, vide Gráfico VIII. No entanto algumas distribuições verificadas aproximam e até superam as médias e desvios padrões requeridos, o que sugere um aperfeiçoamento destas distribuições meta. O modelo de distribuição lognormal adere ao histograma dos dados reais, quando melhor parametrizado (média e desvios menores), conforme Gráfico IX.

Gráfico VIII – Teste de aderência à forma lognormal.

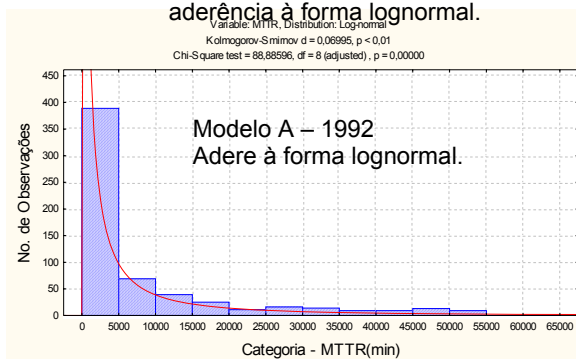
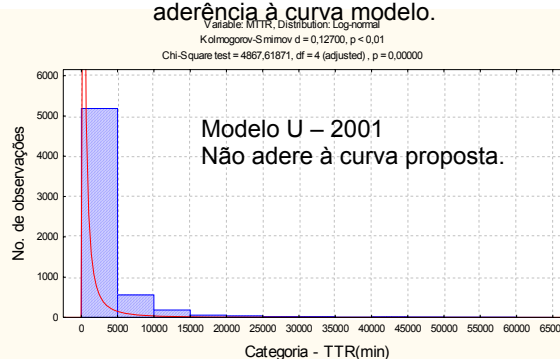


Gráfico VIII – Teste de aderência à curva modelo.



Foi também possível verificar que os percentuais de equipamentos devidos a cada modelo de atendimento pouco tem variado a cada ano, ficando aproximadamente o modelo U com 4%, o modelo A com 6,5%, o modelo B com 25,5% e o modelo C com 64% do total.

4.2. Análise dos Tempos de Manutenções Corretivas

Os tempos médios de reparo (MTTR) aqui considerados foram calculados considerando-se o tempo de reparo como sendo desde a abertura da ordem de serviço até o restabelecimento do sistema, as amostras que excederam o dobro do desvio padrão para este tempo, foram desconsideradas.

Na análise do MTTR, pode-se fazer distinção, além do tempo de deslocamento, do tempo levado até o início do deslocamento, ou seja, o tempo entre a abertura da OSCA e o início do deslocamento, que compreende a fase de preparação da equipe para a viagem, ou simplesmente o tempo até o início da manutenção propriamente dita, no caso de não haver deslocamento. Chamaremos este tempo de 'tempo de atraso', e calcularemos sua média,

também desprezando as amostras que excedem o dobro do desvio padrão, de tempo médio de atraso. O modelo de OSCA utilizado de 1992 até 1998 possuía um campo indicativo de atraso, no entanto somente cerca de 7% das OSCA estavam assinaladas como tendo atrasos, aqui é subjetivo ao técnico responsável pela manutenção o julgamento de considerar o tempo entre a abertura da OSCA e o início da manutenção ou do deslocamento como atraso. Por motivos óbvios, poucos casos eram considerados atrasados, pode ser verificado também a partir dos dados que o percentual de OSCA deste período que demandaram deslocamentos fica em média aproximadamente em 80%. Foi possível observar também que os maiores tempos médios de deslocamento (MTTD's) ocorrem para os modelos A e U, enquanto o modelo C quase não requer este tempo, devido à localização de tais equipamentos como foi comentado no item anterior.

Para avaliar a influência dos tempos de atraso e deslocamento no tempo total de reparo, foram calculados os coeficientes de correlação entre os tempos de reparos e os tempos de atrasos, e também entre os tempos de reparos e os tempos de deslocamentos, procurando-se uma comprovação destas relações causais. Pode-se inferir, a partir do Gráfico VIII, que os tamanhos dos tempos de deslocamentos, diretamente, não estão relacionados com os tamanhos dos tempos de reparo. Já os tempos de atraso, estão correlacionados com os tempos totais de reparo, e, portanto, podem ser vistos como causadores dos altos MTTR's.

Gráfico X



4.3. Tempos de Manutenções Programadas

Foi percebido, analisando-se os tempos de cada OSMP que nem os tempos de liberação (TPLB) dos equipamentos para as manutenções periódicas, feitas pela operação do sistema, nem os tempos de deslocamentos (MTTD) são os grandes ofensores dos tempos associados a este tipo de manutenção. Sabendo-se que os procedimentos elaborados para as manutenções programadas visam estabelecer para cada equipamento (OS) o mínimo tempo possível (a partir de 2001 a diretriz é que as intervenções durem cerca de uma hora), podemos inferir que há bastante tempo ocioso entre a liberação da OS, e o fechamento da mesma, retratando que as equipes de manutenção têm feito a abertura das OSMP e têm postergado as respectivas intervenções com bastante frequência.

5.0 ANÁLISE DA CONFIABILIDADE

Cada equipamento do sistema de telecomunicações da CHESF está associado a uma especialidade e a uma família, que corresponde à junção modelo - fabricante. Assim, há em cada OS um campo para preenchimento do código do equipamento e de sua família, o que nos permite avaliar quais as famílias com maiores taxas de falhas. Estes dados dão subsídios para a avaliação empírica dos tempos médios entre falhas (MTBF's) e do fim de vida útil de cada equipamento, ou de cada família implantada.

Não é interesse deste trabalho, compartilhar dados sobre o desempenho de cada família de equipamentos pertencente à CHESF, e sim, reforçar a utilidade de uma base de dados completa e confiável, e expor como isto foi conseguido ao longo destes anos.

6.0 IMPACTO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

Apesar de terem sido bastante úteis as muitas informações disponibilizadas nas OS, no início da implantação dos sistemas de informações de telecomunicações, foi verificado que uma OS longa desmotiva os técnicos a preenchê-la com fidelidade aos dados reais. Com esta percepção, ao longo dos anos, alguns campos das OS originais vêm sendo suprimidos. Isto pode ser percebido nos Gráficos analisados acima, pois muitas informações estão disponíveis apenas até o ano de 1998, outras até 1999.

Cabe o desafio de elaborar um processo que consiga capturar a maior quantidade de dados possível, com a maior fidelidade aos fatos possível e sem deixar o processo de preenchimento pelos técnicos longo e tedioso.

Em 1998 foi dado início ao desenvolvimento de um novo sistema para a gestão de ativos e controle da manutenção, chamado *Equipmaint*. Este sistema incorporou mais algumas facilidades, permitindo, por exemplo, a automatização do agendamento das OSMP constituintes do PMP e a emissão automática de relatórios com os indicadores de cada regional, a partir de uma base de dados integrada, contemplando todas as informações da manutenção. O *Equipmaint* foi implantado em 2001 e mais uma vez alguns campos das OS foram suprimidos, tanto que a maioria dos dados aqui expostos vão até 2001, cabe à DOMT então avaliar se o aumento da confiabilidade dos dados compensa alguma perda de informações causada. Esta conclusão virá de uma análise mais detalhada dos dados atuais das OS, que ainda está em andamento.

7.0 CONCLUSÃO

Os dados acima expostos enfatizam a importância do armazenamento das informações contidas nas ordens de serviço de manutenção, bem como justifica o empenho em se ter bons sistemas de informações. Somente a partir da análise destas bases de dados torna-se evidente como está evoluindo o sistema de telecomunicações como um todo.

No caso estudado, puderam-se verificar os grandes impactos da digitalização da rede de comutação corporativa na redução do número de solicitações de serviços de manutenção corretiva, também foi possível verificar que muitas das falhas associadas às redes, na verdade, estavam ligadas às tecnologias das centrais comutadoras. O impacto da terceirização nos custos da manutenção também puderam ser avaliados. Verificou-se ainda que mesmo com a estrondosa expansão da rede de transmissão e com a implantação das redes TCP/IP, o número de falhas nestes sistemas não são tão expressivos, o que estimula uma constante modernização da planta.

Fica claro, também, que tal análise deixa os responsáveis pelo normativo da manutenção da empresa com fartas informações a despeito da manutenibilidade e confiabilidade do sistema, o que permite a avaliação dos modelos utilizados e o aperfeiçoamento dos processos. Também se provêem informações úteis à aquisição de novos equipamentos.

O fato de termos como características marcantes dos equipamentos de telecomunicações uma taxa de falhas constante, característica de equipamentos que não sofrem desgaste (a esmagadora maioria dos equipamentos de telecomunicações são compostas de componentes de estado sólido), permite que as conclusões e métodos aqui dispostos sejam úteis às mais diversas áreas da manutenção, sendo, portanto, de interesse a muitos dos especialistas desta engenharia.

8.0 AGRADECIMENTOS

À CHESF, que estimula e gera condições para que trabalhos desta natureza, e até outros bem mais ricos, sejam engendrados.

Ao Eng^o Hélio Burle de Menezes, que estimulou, incentivou e deu fortes colaborações à elaboração deste trabalho.

9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) - MOUBRAY, Reliability-Centered Maintenance/ Manutenção Centrada em Confiabilidade, Edição Brasileira, Aladon, Leicestershire - Reino Unido, 2000.