UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DIAGNÓSTICO BASEADO NA CORRELAÇÃO DE ALARMES PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE

PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

POR

MARCOS ALEXANDRE VERAS MARTI

Orientador: Adiel Teixeira de Almeida

RECIFE, DEZEMBRO / 2001

Marti, Marcos Alexandre Veras

Diagnóstico baseado na correlação de alarmes para melhoria do desempenho da manutenção / Marcos Alexandre Veras Marti. – Recife : O Autor, 2001.

xii, 122 folhas : il., gráf., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia da Produção, 2001.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Engenharia da produção - Confiabilidade e manutenção. 2. Correlação de alarmes - Conhecimento a priori. I. Título.

658.58	**CDU (2.ed.)**	**UFPE**
620.0046	**CDD (21.ed.)**	**BC2001-312**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

MARCOS ALEXANDRE VERAS MARTI

"Diagnóstico Baseado na Correlação de Alarmes para Melhoria do Desempenho da Manutenção"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MANUTENÇÃO

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato Marcos Alexandre Veras Marti aprovado.

Recife, 11 de dezembro de 2001.

_____
Prof. Adiel Teixeira de Almeida, Ph.D. (UFPE)

_____
Prof.ª Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte, Ph.D. (UFPE)

_____
Prof. Luis Henrique Alves de Medeiros, Docteur (UFPE)

Aos meus pais, ***Pedro e Zuleide***, que me incentivaram nesta caminhada.

À minha noiva, ***Flávia***, pelo que este trabalho representou em termos de horas, dias e meses subtraídos de nosso convívio.

À memória de minha sogra, ***Maria da Glória***, que infelizmente não pôde presenciar a conclusão desta obra.

AGRADECIMENTOS

A vontade de sempre estar estudando, adquirindo conhecimentos, possibilita uma maior visão sobre o mundo que nos cerca. E o desafio de fazer um mestrado com dedicação parcial, conciliando-o com as atividades na empresa, foi enorme. Chegar até aqui só foi possível graças ao incentivo de todos: família, amigos e orientador, que me apoiaram nesta caminhada.

Inicialmente, agradeço aos meus pais, Pedro e Zuleide, que sempre me apoiaram durante este mestrado e pela sua dedicação durante a minha vida.

À minha noiva, Flávia, que muito me apoiou e incentivou durante este período, suportando resignadamente a minha ausência.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Adiel Almeida, que compartilhou um pouco do seu conhecimento, e lançou este grande desafio: fazer o mestrado em Engenharia de Produção na área de Manutenção.

Ao PPGEP, que me deu a oportunidade de fazer este mestrado; aos professores que o compõem, que estão sempre repassando para os alunos seus conhecimentos e experiências.

Aos alunos e colegas de sala, que estiveram presentes durante este período de estudo, para que todos consigam alcançar o objetivo de conclusão deste curso.

Aos colegas de trabalho da TIM, que muito colaboraram no processo desta dissertação, trocando escalas de trabalho para que eu pudesse sempre estar assistindo às aulas durante o mestrado e cedendo um pouco do seu tempo durante o processo de entrevista, para a conclusão do mesmo.

À Telma Lúcia, Maria José, Maria do Socorro, Maria da Glória, Dirce, pela colaboração que deram ao longo do processo de elaboração desta dissertação.

.

Felix qui potuit rerum cognoscere causas.
Virgílio

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo para a manutenção em equipamentos ou nos sistemas monitorados por centros de gerências, utilizando a correlação de alarmes como uma ferramenta de determinação da causa da falha. O modelo proposto efetua uma adaptação na Manutenção Centrada em Confiabilidade, obtendo como resultado a Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes.

A princípio, o modelo desenvolvido nesta dissertação para a manutenção pode ser aplicado a qualquer tipo de rede, desde que os elementos gerenciados possam enviar alarmes em tempo real no caso da ocorrência de alguma alteração no seu estado normal de funcionamento, ou seja, um alarme em caso de falha.

O modelo desenvolvido neste trabalho foi utilizado na implementação de um protótipo teórico, utilizando uma rede de telecomunicações. O resultado teórico observado foi a redução do número de alarmes, facilidade de visualização da causa da falha e diminuição do tempo de reparo.

ABSTRACT

This thesis shows a model of maintenance on equipment or systems administer by network management centers, using alarm correlation as a determination tool of failure. The model proposes to adjust Reliability Centered Maintenance and obtain a Maintenance Based in Alarm Correlation as a result.

The model developed in this dissertation about maintenance can be applied on any kind of network, since the managements network elements could send alarm in real time when any modify occurs in its natural state, that is, an alarm when there is a failure.

The model developed in this thesis was utilized in a theoretical prototype using a telecommunication network. The theoretical result observed was a reduction in alarm numbers, facility of visualized failure reason and decreased in repair time.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) foi desenvolvida na indústria aeronáutica comercial há trinta anos num processo de obtenção de um tipo de certificado para o Jumbo 747 da Boeing (Smith, 1993).

Segundo Wilmeth & Usrey (2000), o desenvolvimento inicial da RCM foi baseado no histórico de falhas da indústria de aviação que foi estudado pela United Airlines. Esta empresa provou que a forma clássica da curva da banheira não era precisa para os equipamentos não-estruturais das indústrias de aviação, determinando que 11% de todos os componentes não-estruturais do experimento tinham esta característica de envelhecimento, enquanto que 89% falhavam por outras razões, exceto fadiga.

Assim, com esta observação, as quantidades de equipamentos trocados no “hardtime” foram reduzidas de 58% (em 1964) para 9% (em 1987), enquanto que as trocas condicionalmente monitoradas foram de 2% (em 1964) para 51% (em 1987). Como efeito destas mudanças, a indústria aeronáutica comercial reduziu os custos de manutenção.

A Administração Federal de Aviação (FAA) americana aceitou este novo tipo de manutenção nas aeronaves, aplicando nos novos aviões e nos antigos para a obtenção de licença. Em 1977, o Departamento de Defesa (DOD) americano intitulou este novo método de “Manutenção Centrada em Confiabilidade”, sendo em seguida adotado em todos os sistemas militares.

Na década de 80, o EPRI (Electric Power Research Institute) iniciou um estudo piloto para a sua aplicação na planta de geração elétrica nuclear, sendo que este estudo possibilitou a aplicação desta metodologia na planta de energia elétrica fóssil e nuclear (Smith, 1993).

De acordo com Smith (1993), o conceito básico sobre o RCM é relativamente fácil, podendo ser caracterizado como uma sensibilidade organizada do engenheiro. Este método pode ser sumarizado em quatro características que definem o planejamento da manutenção preventiva, como pode ser observado abaixo:

- ✓ Preservar a função;
- ✓ Identificar o modo de falha que pode ocasionar defeito na função;
- ✓ Priorizar as funções necessárias;
- ✓ Selecionar apenas as tarefas de manutenção preventiva eficaz.

O processo organizado deste método será descrito no item 2.2.3 e as modificações propostas por este trabalho no capítulo 4.

Na aplicação desta metodologia em empresas para a preservação de função do equipamento em análise normalmente é utilizado o histórico de falhas do equipamento ou no sistema, no decorrer deste processo. Mas, por motivos alheios, este histórico pode não estar disponível na empresa em análise. Assim, faz-se necessário a utilização de uma forma estruturada para obter dos especialistas (engenheiros e/ou técnicos) o reflexo da personificação da crença em relação a ocorrência de falha que possua relacionamento com o dispositivo em análise, através do uso do conhecimento a priori.

O desenvolvimento da tecnologia dos dispositivos microprocessados possibilitou o gerenciamento de uma planta em um centro de gerência específico. O aumento da complexidade da planta elevou o volume de informações recebidas nos centros de gerência, tornando praticamente inviável o processamento manual de todas as informações recebidas dos equipamentos gerenciados.

Assim, criou-se a necessidade de analisar e interpretar os dados brutos recebidos, considerando os critérios pré-estabelecidos ou definidos dinamicamente no sistema, utilizando a correlação de alarmes que permite uma redução no tempo necessário para identificação da fonte causadora do alarme. A importância deste assunto é reconhecida pelo ITU-T, que classifica a correlação de alarmes como um dos problemas a serem resolvidos para os centros de gerência de rede produzirem os resultados desejados (Meira, 1997).

Segundo Meira (1997), diversas propostas sobre correlação de alarmes podem ser encontradas na literatura (ver item 2.4), sendo que a maioria destas visam à correlação em algum segmento destas redes ou em algum elemento isolado de uma sub-rede, e nenhuma destas propostas poderia ser aplicada na rede como um todo. Um dos principais obstáculos da aplicação da correlação de alarmes em toda a rede decorre do entendimento desta e da propagação de efeitos das falhas em suas sub-redes.

Assim, o enfoque principal deste estudo é utilizar a estrutura da Manutenção Centrada em Confiabilidade e incorporar a correlação de alarmes, obtendo como resultado desta integração a Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes (MBCA), que tem por objetivo estabelecer tarefas de manutenção utilizando os resultados obtidos na correlação de alarmes.

Ao longo deste trabalho, serão utilizados alguns símbolos e abreviações comuns que são usados na probabilidade, manutenção e telecomunicações para facilitar o processo de leitura,

evitando o aparecimento de palavras repetidas (ver anexo 1 e 2). As abreviações em língua estrangeira não serão traduzidas nesta lista para que seja preservado o seu significado original.

1.1. ELEMENTOS BÁSICOS

A linha de pesquisa seguida por esta dissertação objetiva aplicar a metodologia RCM utilizando a correlação de alarmes como apoio à decisão para o estabelecimento das tarefas de manutenção em equipamentos ligados em rede e que podem ser controlados a partir de um centro de gerência.

Na correlação de alarmes, os dados brutos são interpretados e analisados levando em consideração um conjunto de critérios pré-estabelecidos ou definidos dinamicamente em função do processo de gerência. Desta forma, a correlação adiciona valor aos alarmes originais, sendo um importante mecanismo de gerência de rede (Meira, 1997).

A área da gerência de redes na qual será aplicada a correlação de alarmes será a gerência de falhas. Segundo a recomendação X.700 do ITU-T, esta gerência engloba a detecção, isolação e correção da falha.

1.2. JUSTIFICATIVA PARA O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A falha de um sistema normalmente é precedida por um conjunto de condições que anunciam a sua predisposição à desordem. Nos equipamentos microprocessados estas informações são enviadas através de alarmes. Normalmente, os equipamentos são monitorados por um centro de gerência de redes, sendo responsabilidade do operador a análise, detecção e solução da falha.

Uma falha em um nó da rede pode ocasionar o surgimento de um alarme, que pode gerar outros alarmes devido à topologia da rede. Assim, o procedimento adotado para análise desta dependerá do grau de conhecimento do especialista acerca do equipamento que varia de pessoa a pessoa, apresentando várias soluções para o mesmo problema devido a inexistência de regras pré-definidas para o tratamento desta falha.

Com isso, este trabalho procura elaborar um procedimento para automatizar o processo de tratamento de alarmes utilizando metodologia RCM modificada, incorporando a correlação de alarmes, para reduzir o número de alarmes recebidos e padronizar as ações que devem ser tomadas pelo operador no processo de solução desta falha.

Este procedimento auxiliará o serviço de manutenção proporcionando uma maior confiabilidade do sistema, um menor tempo de reparo nos equipamentos em falha e também

uma redução das perdas causadas por esta paralisação, seja de natureza financeira e/ou de qualidade de serviços prestados.

1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO

Esta dissertação visa, de um modo geral, fornecer um procedimento baseado nos princípios RCM que permita a uma empresa padronizar o processo de manutenção num centro de gerência de rede, para que os operadores ataquem o problema de forma sistemática.

Logo, os objetivos específicos a serem alcançados neste trabalho serão:

- ✓ Apresentação e detalhamento de um método sistemático que possibilite o estudo detalhado e o levantamento completo dos fatores operacionais que possam provocar a falha;
- ✓ Desenvolvimento de um modelo que possa ser utilizado numa planta industrial;
- ✓ Aplicação de um protótipo do sistema de manutenção num centro de gerência, baseado no modelo proposto.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo II apresenta a fundamentação teórica estudada durante o desenvolvimento deste trabalho, iniciando com uma visão geral sobre a confiabilidade, logo depois com um estudo sobre a manutenção, administração da manutenção e, finalmente, mostrando o processo RCM que neste trabalho pretende-se apresentar algumas modificações. Também são apresentados os conceitos iniciais sobre a correlação de alarmes, tipos e os métodos de correlação, efetuando uma comparação entre estes métodos.

O capítulo III mostra uma visão geral sobre o serviço móvel celular e a rede TMN (Telecommunications Management Network), sendo apresentada também a problemática que será utilizada como exemplo de aplicação deste método.

No capítulo IV é abordado o modelo e as modificações sugeridas por este trabalho que serão efetuadas no processo RCM para elaborar o MBCA (Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes), apresentando uma descrição do modelo e suas limitações em relação ao uso da correlação de alarmes.

No Capítulo V é efetuado um estudo de caso exemplificando a metodologia MBCA, utilizando o conhecimento dos especialistas na definição das regras de correlação, apresentado as vantagens e desvantagens do seu uso.

O Capítulo VI apresenta um estudo de caso com uma aplicação numérica da metodologia MBCA de maneira sistemática, utilizando o conhecimento a priori dos especialistas, apresentado as vantagens e desvantagens do seu uso.

Finalmente, no Capítulo VII serão apresentas as conclusões sobre esta nova visão de aplicação da metodologia RCM, que é a MBCA, e as propostas para trabalhos futuros, seguindo esta linha de pesquisa estudada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONFIABILIDADE

A confiabilidade de um dispositivo é definida como a probabilidade que um equipamento (componente, sistema, ou subsistema) desempenha corretamente a sua função num dado período de tempo sob condições especificadas, sendo definida simbolicamente como R(t)=Pr($T \geq t$) (Martz et al, 1982; O'Connor, 1989; Carter, 1986).

Em termos de falha, a confiabilidade significa que o dispositivo é incapaz de desempenhar a sua função requerida. Neste trabalho será considerado apenas o caso em que o dispositivo é capaz de desempenhar sua função ou não, sendo excluído o caso onde pode ocorrer vários graus de degradação do sistema.

Seja a variável aleatória T que denota o tempo para falhar algum dispositivo sobre uma dada condição ambiental e seja f(t) a função de densidade de probabilidade (f.d.p.). De modo geral, f(t) mudará quando as condições ambientais modificarem. A probabilidade deste dispositivo falhar no tempo t pode ser definida como:

$$\Pr(T \leq t) = \int_0^t f(t)dt = F(t), \quad t \geq 0.$$

Assim, como a função da confiabilidade é definida por R(t)=P($T \geq t$), então:

$$R(t) = \int_0^t f(\tau)d\tau = 1 - F(t)$$

Ocasionalmente, o tempo pode ser trocado por uma outra medida de interesse, tal como ciclo, estresse, etc. Em tais casos, será dito ciclo para falhar, estresse para falhar, etc.

Os problemas básicos estudados pela confiabilidade estão associados à predição e especificação, melhoria de projetos, tecnologia de processo de fabricação, controle e avaliação de sistemas em operação e engenharia da manutenção. Muitas pressões desafiam a eficácia de abordagens tradicionais no desenvolvimento de produtos. Dentre estas, destacam-se: competição, pressão por prazos, custos de falhas, rápida evolução de novos materiais, métodos e sistemas complexos, redução de custos e considerações de segurança. Tudo isso aumenta o risco de desenvolvimento de produtos e serviços (O'Connor, 1989; Almeida, 2000).

O custo total da confiabilidade deve ser visto numa visão de ciclo de vida do item englobando os custos diretamente relacionados ao programa de confiabilidade e aos custos associados ao uso do item. Sob esta ótica o valor ideal de confiabilidade depende do comportamento destes dois aspectos, conforme pode ser visto na figura abaixo (Almeida, 2000).

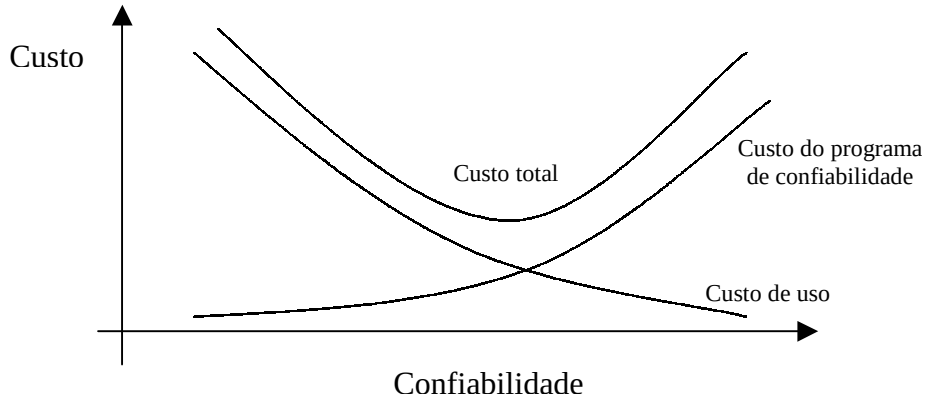


Figura 2.1 – Curva Confiabilidade x Custo

2.2. MANUTENÇÃO

A evolução industrial, o aumento na quantidade de equipamentos e sistemas utilizados no dia-a-dia das indústrias e a necessidade de uma maior disponibilidade destes contribuíram para uma rápida modificação no modo de se efetuar a manutenção.

Segundo Moubray (1995), no período que antecede a 2.ª Guerra Mundial as indústrias não estavam totalmente mecanizadas, os equipamentos eram simples e de fácil reparo, não era necessária uma manutenção sistemática, apenas uma simples limpeza, consertos e lubrificação de rotina e a prevenção de falhas nos equipamentos não era uma prioridade da gerência.

As pressões da guerra, o aumento da demanda por produtos de boa qualidade e a diminuição rápida do suprimento de força de trabalho humano, contribuíram para a mecanização das indústrias. Assim, em 1950 as máquinas tinham-se tornado mais complexas, o seu número tinha-se elevado e as indústrias tornaram-se totalmente dependentes delas. O tempo de paralisação e os custos de manutenção destas tornaram-se importantes para a indústria que procurou planejar a manutenção e controlar os sistemas e equipamentos, criando o conceito de manutenção preventiva. Com isso, na década de 60, as manutenções eram feitas em períodos pré-determinados.

Na metade da década de 70, o processo de mudanças nas indústrias aumentou devido às novas pesquisas, novas técnicas, etc. Assim, o tempo de paralisação afetava a capacidade produtiva da indústria a ponto de que a menor paralisação teria agora um maior impacto da logística de suporte do sistema e no padrão de qualidade satisfatório do produto.

A ABNT define a manutenção como um conjunto de ações destinadas a manter ou recolocar um item no estado, no qual pode executar sua função requerida (NBR-5462, 1997).

Uma política genérica de manutenção deve ser aplicada apenas em itens idênticos com condições de operações idênticas, funções e padrões de desempenho idênticos. Segundo Smith (1993), o histórico da manutenção industrial, através das duas décadas passadas, apresenta alguns clássicos problemas de manutenção que se encontram listados abaixo, tendo estes problemas ocorridos em algumas empresas.

1. Insuficiência de manutenção pró-ativa – Este problema é claramente simples, por causa dos grandes gastos dos recursos de manutenção na planta com a manutenção corretiva, devido a algumas vezes a equipe de manutenção operar de modo reativo.
2. Repetição freqüente de problemas – Este tem um vínculo direto com o precedente relativo ao modo de operação reativa que apenas tem tempo para restaurar a operabilidade, não deixando tempo ou informação suficiente que se saiba a causa da falha do equipamento e qual a maneira correta de corrigir este problema permanentemente.
3. Erro de manutenção – A humanidade é passível de erros e estes erros podem ocorrer durante as atividades de manutenção (preventiva ou corretiva). O mínimo erro tolerado nos programas de manutenção irá depender das conseqüências causadas pelos mesmos, podendo variar de 1 em 100 para 1 em 1 milhão.
4. Manutenção prática, sólida, não institucionalizada – Um caminho para resolver erros humanos é, para iniciantes, saber os procedimentos e as práticas que podem garantir que não sejam cometidos erros e então institucionalizá-las nos hábitos de trabalho diários da planta.
5. Manutenção preventiva desnecessária e conservativa – À primeira vista, pode parecer um conflito com o item 1, mas a evidência histórica mostra que alguma atividade de manutenção preventiva é desnecessária (como será visto no item 2.1). O segundo problema, manutenção conservativa, ocorre devido a algumas ações de manutenção preventiva possuírem evidências suficientes, sugerindo o desempenho prematuro destas ações.

6. Vaga racionalidade para manutenção preventiva – A ausência de informação sobre a origem da tarefa de manutenção preventiva ou documentação desta tarefa na planta é uma regra e não uma exceção.
7. Ausência de rastreamento/visibilidade nos programas de manutenção – Se a planta não desempenha rotina de análise de causa nos equipamentos em falha, negligenciando registro de manutenção preventiva, são perdidas as informações significativas na área de rastreamento e visibilidade.
8. Aceitação cega dos dados fornecidos pelo OEM – O OEM (Original Equipment Manufacture) quase sempre fornece um manual de operação e manutenção na entrega do equipamento. Do ponto de vista da manutenção preventiva, há dois problemas com estes dados fornecidos: 1.º o OEM não pensa necessariamente na questão da manutenção preventiva do equipamento de maneira compreensiva e preço eficaz; 2.º o OEM vende os equipamentos para vários consumidores que os operam em diferentes aplicações, por exemplo: ciclo de uso e umidade, possuindo diferentes perfis de operação.
9. Variação entre unidade igual/similar na manutenção preventiva – Uma dada companhia que possui múltiplas plantas/unidades envolvidas na produção são freqüentemente idênticas virtualmente, possuindo um grande número de equipamentos idênticos ou similares. Assim, sob estas circunstâncias, poderia ser razoável a utilização de um programa de manutenção preventiva que pudesse assumir procedimento padronizado, não sendo algumas vezes assumidos devido a características de O&M que algumas plantas podem ter.
10. Escassez de aplicação de manutenção preventiva – Há uma área inteiramente nova na tecnologia da manutenção desenvolvida por vários anos chamada manutenção preventiva, também conhecida pelo nome de monitoração condicional, monitoração e diagnose e monitoração de desempenho. Elas descrevem a medição de um parâmetro de modo não-intrusivo que informa o estado do equipamento impedindo uma manutenção prematura e desnecessária.

2.2.1. Manutenção Preventiva

Freqüentemente, são cometidos alguns erros quando as pessoas usam o termo manutenção preventiva (podendo ser evidenciado em algumas plantas industriais como sendo uma operação periódica que, na maioria dos casos, são reativas). Assim, para um melhor

entendimento serão definidas abaixo a manutenção preventiva e a manutenção corretiva (Smith, 1993).

- ✓ A manutenção preventiva tem a função de inspecionar e/ou executar a tarefa que foi pré-planejada para realizar num específico período de tempo e manter a capacidade funcional de operação de um equipamento ou sistema. Existem três razões para efetuar a manutenção preventiva: prevenir falha; detectar o começo de uma falha; descobrir falhas ocultas.
- ✓ A manutenção corretiva tem a função de realizar a tarefa não planejada de manutenção para restaurar a capacidade funcional no caso de falha ou mal-funcionamento de um equipamento ou sistema.

2.2.2.1. Categorias de Tarefas de Manutenção Preventiva

Segundo Smith, existe um conjunto de quatro categorias de tarefas definidas à manutenção preventiva que são empregadas universalmente na construção do programa de manutenção preventiva; são elas:

- ✓ Diretamente no tempo – especifica uma tarefa em intervalos predeterminados (hard time) com o objetivo de prevenir ou retardar a falha, sendo esta tarefa categorizada em ação periódica que acontece sem nenhuma entrada adicional quando ocorre o intervalo predeterminado. A ação providencia a prevenção ou o retardo da falha e é requerida uma intrusão de alguma forma dentro do equipamento quando efetuado a ação.
- ✓ Diretamente condicional – visa detectar o começo de uma falha ou o sintoma de uma falha, podendo esta tarefa ser executada das seguintes formas: identificar o parâmetro que correlacione o começo da falha e especificar o valor do parâmetro onde a ação deve ser efetuada antes que inicie a falha, sendo esta ação não-intrusiva em relação ao equipamento.
- ✓ Localização da falha – visa descobrir falhas ocultas antes da operação por demanda.
- ✓ Funcionar até falhar – decisão intencional de funcionar até ocorrer a falha porque não é possível outra atitude ou é economicamente desfavorável uma manutenção preventiva.

2.2.2. Administração da Manutenção

As empresas existem em função do lucro obtido da utilização de métodos, equipamentos e recursos humanos que transformam matéria, energia e informação em valores agregados para o produto e/ou serviço que os clientes necessitam. A atividade da manutenção

está diretamente ligada à capacidade produtiva bem organizada e administrada, melhorando o desempenho do equipamento para garantir uma boa qualidade e durabilidade dos produtos e/ou serviços, tornando a empresa mais competitiva.

Administrar a manutenção significa administrar os gastos operacionais através dos custos de infra-estrutura, horas-extras, materiais sobressalentes e apoio logístico associado à execução de sua função, tendo por objetivo elevar a produtividade da empresa alcançando um custo otimizado e maximizando a produção.

A administração da manutenção procura tratar como a empresa efetua os seus serviços, procurando abordar tarefas, problemas e decisões tomadas pelo gerente de manutenção que proporcionam os serviços necessários à empresa. O modelo que será utilizado para descrever este assunto está descrito abaixo:

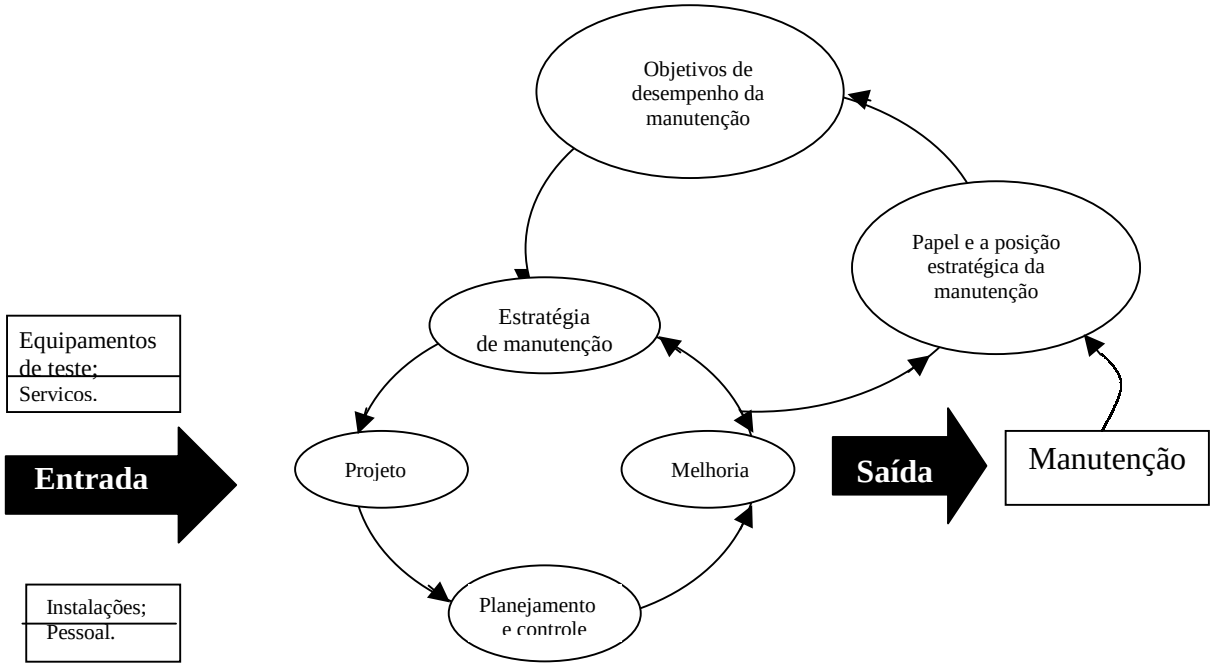


Figura 2.2 – Administração da manutenção (adaptação de Slack at al,1997)

2.2.2.1. O Papel e a Posição Estratégica da Manutenção

Por papel entende-se a razão básica da função ou a principal razão de sua existência. Assim, para a função manutenção existem três papéis importantes a serem considerados; são eles:

- ✓ Apoio para a Estratégia – Procura desenvolver seus recursos fornecendo as condições necessárias para permitir que a organização atinja os seus objetivos estratégicos. Por exemplo, se uma empresa de telefonia celular deseja ser a primeira

no mercado, deve organizar, treinar e desenvolver procedimentos para que seus funcionários resolvam de maneira eficaz o problema.

- ✓ Implementação para a Estratégia – Coloca em prática a estratégia estabelecida para a empresa. No caso da empresa de telefonia celular, deveria existir uma boa área de cobertura geográfica para que possa atrair o maior número de clientes, o marketing deve estabelecer o preço apropriado e as promoções para as ligações e a manutenção deve proporcionar uma disponibilidade dos serviços para seus clientes.
- ✓ Impulsão da Estratégica – Tem a função de impulsionar a estratégia dando vantagem competitiva a longo prazo. No caso de uma empresa possuir um serviço de manutenção relapso e custo elevado, poderá a longo prazo ocasionar o declínio da empresa pela elevada insatisfação que irá provocar aos usuários.

A habilidade da função manutenção de exercer seu papel na organização pode ser julgado, caso seja considerado os seus propósitos ou aspirações. Slack apresenta um modelo de quatro estágios que é adaptado à administração da manutenção para que possa ser usado na avaliação do papel competitivo e a sua contribuição:

- ✓ Neutralidade Interna – É o nível mais fraco de contribuição, onde a manutenção é considerada como um *mal necessário* e sua contribuição é considerada como um prejuízo à eficácia competitiva da organização.
- ✓ Neutralidade Externa – Neste nível, a função manutenção é comparada com outras organizações similares. A função manutenção não estará prejudicando a empresa, mas estará sendo adotada a melhor prática de suas concorrentes, seguindo as melhores idéias e normas para desempenho.
- ✓ Apoio Interno – Neste estágio, a empresa atingiu a primeira divisão do mercado, Pode não ser melhor que as concorrentes em todos os aspectos de desempenho, mas está junto às melhores. Assim, organiza e desenvolve os recursos para manutenção e assume o papel implementado a estratégia.
- ✓ Apoio Externo – A função manutenção é vista como provedora, base para o sucesso competitivo, tornando-se o ponto central para a preparação da estratégia (manutenção proativa).

2.2.2.2. Objetivos de Desempenho da Manutenção

Neste estágio serão analisados os quatro objetivos estratégicos para a manutenção que contribuem para que uma organização deseje ser bem sucedida a longo prazo. A contribuição da manutenção é vital, pois permite que esta empresa tenha um bom desempenho na produção

(bens e/ou serviços), proporcionando satisfação aos usuários de seus serviços (por exemplo, uma empresa de telefonia celular). Para que isto ocorra, devem ser satisfeitos os quatros objetivos básicos (ver figura 2.3).

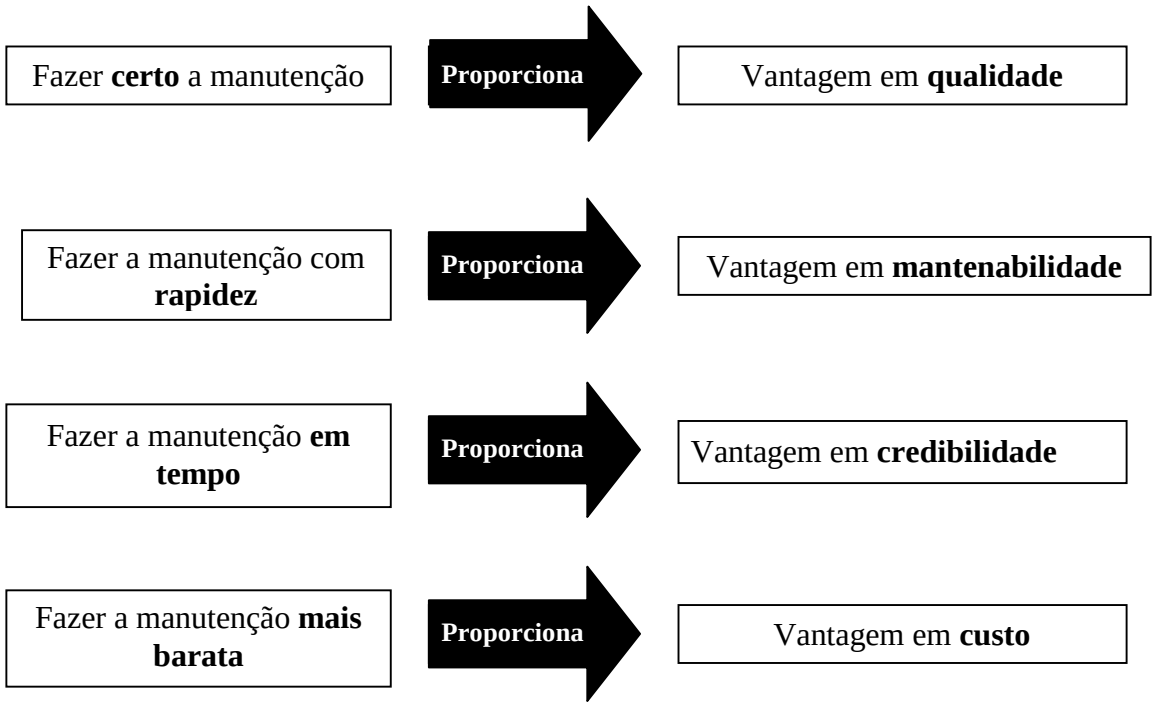


Figura 2.3 – Objetivos Básicos (adaptação de Slack at al,1997)

Estes objetivos exigem uma compreensão considerável do sistema, pelos aspectos que influenciam a prioridade que a organização dá aos seus objetivos de desempenho. Por exemplo, se a empresa está valorizando os serviços de baixo preço, a manutenção dará ênfase ao seu desempenho em custo; se a empresa deseja serviço isento de erro, a manutenção se concentrará no desempenho em qualidade; se a empresa der ênfase ao serviço rápido, o critério rapidez se tornará importante para a empresa. O ideal seria uma integração destes objetivos de desempenho para que a manutenção tivesse um padrão de qualidade a custo otimizado tendo uma solução adequada para o problema, num período de tempo ideal.

2.2.2.3. Estratégia da Manutenção

É um padrão global de decisões que definem o papel, os objetivos e as atividades da forma que estes a põem e contribuem para a estratégia de negócios da organização. Uma forma de generalizar o comportamento da manutenção é associá-la ao ciclo de vida do equipamento. Smith (1993) apresenta um gráfico com os ciclos de vidas mais comuns dos equipamentos (ver figura 2.4).

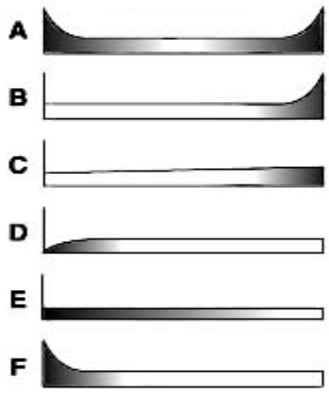


Figura 2.4 – Curva de ciclo de vida dos equipamentos

- ✓ A curva **A** é conhecida como a curva da banheira. Nela podem se distinguir três regiões, a primeira região é chamada de mortalidade infantil e é caracterizada pela diminuição da taxa de falha no tempo; a segunda região de falha aleatória é caracterizada por uma taxa de falha aproximadamente constante; a terceira região é chamada de falha por desgaste e mostra o aumento da taxa de falha no tempo.
- ✓ A curva **B** é característica de algumas aeronaves, onde a primeira região possui a taxa de falha constante ou gradualmente crescente, sendo chamada de falha aleatória, e a segunda região é conhecida como falha por desgaste e mostra o aumento da taxa de falha no tempo.
- ✓ A curva **C** possui a curva de falha gradualmente crescente, não sendo identificado a falha por desgaste na mesma. Esta curva é característica das turbinas de aviões.
- ✓ A curva **D** tem uma baixa probabilidade de falha no tempo inicial, crescendo rapidamente até atingir um nível constante.
- ✓ Na curva **E** pode ser observado que esta possui uma taxa de falha constante para todo o intervalo de tempo.
- ✓ Na curva **F** podem ser verificadas duas regiões. A primeira região é chamada de mortalidade infantil e possui uma redução da taxa de falha no tempo. A segunda região é a de falha aleatória e possui uma taxa de falha constante ou gradualmente crescente.

2.2.2.4. Projeto

É a atividade que define a forma física, o aspecto e a composição física dos serviços e processo de manutenção, formando a arquitetura da operação. Num nível mais estratégico, o projeto significa a rede ampla de operação que fornece entradas para que a manutenção entregue as saídas (serviços). Como exemplo de projeto, pode ser citada a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), que se encontra explicada no item 2.2.3.

2.2.2.5. Planejamento e Controle da Manutenção

As atividades de planejamento e controle definem sistemas, procedimentos e políticas que determinam a forma como a operação realmente atuará na prática (ver passo 7 da RCM), trata a forma como é feita a alocação de recursos, de como são tomadas as decisões de programação e como a operação lida com as circunstâncias nas quais opera. As estratégias na área de decisão de planejamento e controle podem ser classificadas em:

- ✓ Estratégia de ajuste de capacidade – Influencia a forma como a operação ajusta sua capacidade em resposta às mudanças ou previsões de mudanças de demanda por seus serviços.
- ✓ Estratégia de estoques – Influencia a forma como a operação planeja, monitora e controla o fluxo de sobressalentes através de seus processos.
- ✓ Estratégia de sistemas de planejamento e controle – Influencia a filosofia e a prática da forma como a operação organiza suas atividades de planejamento e controle.

2.2.2.6. Melhoria

Neste estágio a manutenção está estabelecida. Seus serviços e processos estão desenhados e o trabalho está planejado e controlado de forma contínua. Contudo, esse não é o fim das responsabilidades diretas da administração da manutenção, pois a responsabilidade direta de todo gerente de manutenção é melhorar o desempenho das operações. Deixar de adotar melhorias tecnológicas é condenar a função manutenção a estar sempre distante da expectativa da manutenção.

Antes de iniciar uma abordagem de melhoramento da manutenção, é necessário saber o quanto a mesma está satisfatória, indicando se o atual desempenho é julgado bom, ruim ou indiferente, de acordo com os objetivos de desempenho (ver item 2.2.2.2) adotados pela empresa para avaliar se o atual desempenho deve ou não ser alterado para melhorar.

2.2.3. Metodologia RCM

Segundo Smith (1993), o processo de análise de sistemas utilizados para implementar a RCM é dividido em sete passos:

Passo 1: Seleção de Sistema e Coleta de Informações

A seleção de sistema procura estabelecer o melhor nível de montagem que será conduzido o processo de análise RCM, levando em consideração toda a planta e a facilidade do sistema. Um procedimento que pode ser empregado para selecionar os sistemas com o maior potencial benéfico para análise de processo encontra-se descrito abaixo:

i. – Sistemas que contêm grandes tarefas e/ou custos de manutenção preventiva;
ii. – Sistemas com um grande número de ações de manutenção corretiva nos últimos dois anos;
iii. – Combinação dos itens i e ii;
iv. – Sistema com elevado custo de ações de manutenção corretiva nos últimos dois anos (este item pode indicar resultado diferente ao item ii);
v. – Sistema com larga contribuição para uma interrupção completa ou parcial nos últimos dois anos;
vi. – Sistemas com elevada satisfação em relação à segurança e emissão ambiental.

Considerável tempo e esforço são efetuados na pesquisa e coleta das informações. No começo, serão necessários documentos de sistemas de informação para análise da RCM, tais como; sistema de tubulações e diagramas instrumentais, diagrama em bloco, manual de equipamentos, arquivo de histórico de equipamento com lista de falhas e ações de manutenção corretiva, especificações do projeto do sistema. Pode haver outras fontes de informações que são únicas na planta ou na organização estrutural, mas todos estes dados têm a função de garantir ao analista detalhe suficiente para um rigoroso entendimento do sistema.

Passo 2: Definição das Fronteiras do Sistema

O número de sistemas identificáveis na planta ou facilidade pode variar largamente, dependendo da complexidade da planta ou facilidade, contabilidade financeira, restrições regulares e outros fatores que podem ser únicos para uma indústria ou organização.

As definições das fronteiras do sistema são importantes na análise de processo RCM, pois deve haver um conhecimento preciso de quais funções do sistema são potencialmente importantes para que não exista sobreposição de funções em sistemas adjacentes, relatando os

seus equipamentos de suporte. Outro fator importante na definição das fronteiras são as interfaces de entrada e saída que serão discutidas no passo 3 e 4.

Não existem regras fortes e rápidas que governam o estabelecimento das fronteiras do sistema. Normalmente, os sistemas possuem uma ou duas funções principais e uma série de funções de suporte que constituem um grupo lógico de funções do equipamento. Estas definições devem estar claramente declaradas e documentadas.

Passo 3: Descrição do Sistema e Diagrama de Bloco Funcional

Com a completa seleção do sistema e a definição das fronteiras estabelecidas para o sistema a ser analisado, agora serão identificados e documentados os detalhes iniciais do sistema, sendo necessário seguir as seguintes informações:

- ✓ Descrição do Sistema – Uma grande quantidade de informações devem ser coletadas, assimilando as considerações que constituem o sistema e como ele opera, estas informações serão usadas para especificar as tarefas de manutenção preventiva. O nível de detalhe encontrado na descrição do sistema varia de analista para analista.
- ✓ Diagrama de Bloco Funcional – É composto unicamente de funções, não aparecendo nenhum equipamento neste diagrama. Os blocos são conectados por flechas que representam a interação entre eles e também com as entradas e as saídas para dar uma completa descrição de como o sistema supostamente trabalha. Como uma regra prática, os sistemas devem ser representados por cinco subsistemas funcionais, pois é raro sistemas com mais de cinco funções majoritárias, e também uma observação mais rigorosa provavelmente encontrará sobreposições de funções, no caso de mais de cinco blocos funcionais.
- ✓ Interface de Entrada e Saída – Com o estabelecimento das fronteiras do sistema e o desenvolvimento dos subsistemas funcionais (funções majoritárias do sistema), pode ser observado que alguns elementos entram através das fronteiras para servir e dar assistência ao sistema operando o subsistema funcional e se movem para fora através das fronteiras para possibilitarem que outras funções da planta possam ocorrer. A estas entradas e saídas é dado o nome de interface de entrada e saída, respectivamente. Deve ser observado que a interface de saída é o foco para o princípio de preservação da função.

- ✓ Avaria na Estrutura de Funcionamento do Sistema – Alguns sistemas possuem uma capacidade de medição complementada por dispositivos instrumentais e de controle. Assim, é conveniente listar separadamente todos os componentes instrumentais e não-instrumentais descritos em cada um dos subsistemas funcionais mostrados no diagrama de bloco funcional.
- ✓ Histórico do Equipamento – é usualmente derivado das ordens de serviço que foram emitidas para as tarefas de manutenção corretiva, devendo ser buscados os modos de falha e as causas das falhas associadas a esta manutenção corretiva.

Passo 4: Funções do Sistema e Falhas Funcionais

O passo anterior foi direcionado para colher um conjunto de informações para servir como base na definição do sistema que será visto neste passo. Deste modo, o analista deve definir uma lista completa das funções do sistema.

O desenvolvimento das interfaces de saída constitui uma fonte primária das funções do sistema, devendo ser desenvolvido cada um destes subsistemas funcionais que foram previamente definidos no passo anterior.

O analista deve saber guardar em mente que está fazendo um relato funcional, e não um relato sobre que equipamento está no sistema, evitando assim o uso de nomes de equipamentos para descrever o funcionamento do sistema. Contudo, a referência dos equipamentos que estão fora da fronteira é algumas vezes necessária para construir este relato funcional.

Quando as funções do sistema estiverem definidas, o analista estará pronto para definir as falhas funcionais, pois a preservação da função significa evitar as falhas funcionais. Agora será lançado o primeiro passo para determinar como as funções podem estar com defeito e que ações devem ser tomadas para prevenir este defeito, assim o analista deve saber que:

i. Neste estágio de análise do processo, o foco é o prejuízo da função e não o prejuízo do equipamento;
ii. A falha funcional é usualmente mais que um simples prejuízo funcional, por exemplo, um prejuízo condicional pode paralisar uma planta inteira enquanto que um prejuízo menos severo pode resultar numa paralisação parcial forçada e talvez uma menor degradação da planta.

Passo 5: Modo de Falha e Análise de Efeitos

A análise do processo do sistema está diretamente ligada ao funcionamento do sistema e aos equipamentos do sistema, relatado na matriz de equipamento X falhas funcionais (ver figura 1 do anexo 3) para cada subsistema funcional que foi previamente definido. Assim, o analista não deve estar acanhado em procurar assistência dos engenheiros e especialistas para completar a matriz.

Usualmente, alguns erros ou omissões podem ocorrer ao completar a matriz, mas isto não deve causar surpresa, pois o FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) pode requerer que alguns ajustes sejam feitos. Quando a matriz estiver completa, deve ser especificado um mapa-guia para que a análise do processo do sistema deva ser utilizada de agora em diante.

Em seguida será definido o modo de falha específico para cada componente e as causas que podem ocasionar defeitos (ver figura 2 do anexo 3), sendo apenas neste nível de conhecimento detalhado finalmente determinado por algumas ações apropriadas de manutenção preventiva que podem prevenir, minimizar ou detectar o início do modo de falha. A maioria dos programas de manutenção preventiva falha por não reconhecer este fato fundamental, ou seja, especificar tarefas sem um completo entendimento do porquê devam ser feitas. Assim, pode ser dito que o corrente conjunto de idéias de manutenção preventiva erra em analisar e selecionar o modo de falha/causa da falha e, com isso, a seleção de tarefas de manutenção preventiva tende a ser um jogo de adivinhação e não um desenvolvimento lógico para escolha.

Deve ser observado que muitos componentes do sistema possuem mais de um modo de falha associado, com alguma dada falha funcional. Claramente, é necessário identificar todos os modos de falha. O analista deve conhecer os componentes específicos para definir fidedignamente estes modos de falha. Existem três informações que podem ajudar neste processo:

i. O histórico do equipamento que foi desenvolvido no passo 3 pode informar sobre os modos de falha que ocorrem nos componentes;
ii. As informações que podem ser recolhidas na experiência de engenheiros, técnicos;
iii. Utilizar o desenvolvimento original de FMEA que foi feito pelo OEM ou a documentação dos modos de falhas.

O passo final no processo FMEA será determinar as conseqüências dos modos de falha. Isto pode ser feito em três níveis de consideração: 1 – Localmente, a nível de componente em questão; 2 – a nível de sistema; 3 – a nível de planta.

Existem duas razões primárias para conduzir a análise de efeitos:

I. Assegurar que os modos de falhas em questão tenham relacionamento com a falha funcional estudada;
II. Introduzir um encobrimento inicial para os modos de falha que não podem conduzir uma seqüência de deterioramento do sistema ou da planta.

Passo 6: Arvore Lógica de Análise

O objetivo deste passo é priorizar a ênfase e os recursos que devem ser devotados para cada modo de falha, reconhecendo logo cedo todas as funções, falhas funcionais e conseqüentemente os modos de falha.

Vários esquemas de ordenação podem ser utilizados para listar a prioridade dos modos de falha, mas o processo RCM utiliza uma estrutura de decisão simples que consta de três perguntas distintas, que distinguem se a falha está evidente para o operador ou oculta para o operador:

i. Relato de Segurança;
ii. Relato de Quebra;
iii. Relato Econômico.

No anexo 3 (figura 3), existe um diagrama de bloco esquemático deste processo de decisão:

Passo 7: Seleção de Tarefa

Agora, será determinada para cada modo de falha a tarefa de manutenção preventiva que dará o maior retorno ao investimento a ser feito. Para cada um destes modos de falha deve ser determinada uma lista de tarefas candidatas a serem aplicáveis e então selecionar a tarefa mais eficiente entre as candidatas competidoras, sendo que:

- ✓ Aplicável – Ação de prevenção ou minimização de falha, detectando o início da falha ou descobrindo falhas ocultas;
- ✓ Eficaz – Ação mais economicamente efetiva entre as candidatas competidoras.

Caso não exista nenhuma ação aplicável, a única opção é funcionar até falhar. Do mesmo modo, se o custo da manutenção preventiva excede o custo acumulado associado com

a falha, então a opção será a mesma. A exceção a esta regra é relato de segurança (passo 6), onde este modo de falha pode obrigatoriamente modificar o projeto.

No anexo 3 (figura 4) há um mapa-guia que serve como um modelo estruturado para a seleção de tarefa de manutenção preventiva.

2.3. O CONHECIMENTO A PRIORI

2.3.1. Probabilidade Subjetiva

Na espécie humana, muitas decisões tomadas no cotidiano são baseadas em crenças que dizem respeito à verossimilhança de eventos incertos, tais como o resultado de um plebiscito, o valor futuro de um ativo financeiro, o estado de um pessoa dentro de um mês. As crenças desta natureza geralmente são expressas em termos qualitativos, através de expressões do tipo: “Eu acho que ...”, “Parece que ...”, “Tudo indica que ...”, “É verossímil que ...”, “Não é possível que ...”, e assim por diante. Uma vez que outras crenças dizem respeito a eventos incertos, são expressos em forma numéricas, por exemplo, relações de proporção (de 5 para1), ou as probabilidades subjetivas. As probabilidades subjetivas usadas para expressar a incerteza na abordagem dos problemas cotidianos podem ser de qualquer tipo, sejam as precisas usuais (Kolmogorov), por exemplo, a probabilidade do evento A é 0,42, sejam as imprecisas ou qualitativas, exemplo, A é mais provável que B (Campello de Souza, 2001).

A probabilidade subjetiva é a pedra fundamental da probabilidade Bayesiana. Ela indica o grau de credibilidade de uma hipótese dentro do intervalo [0,1]. Se A é acreditado ser verdadeiro, Pr(A) = 1; caso se acredite que A é falso Pr(A) = 0. A inferência Bayesiana pode ser utilizada como um método para o tratamento do conhecimento a priori do especialista (Martz, 1982).

2.3.2. Inferência Bayesiana

Segundo Martz (1982), no método Bayesiano a vida média θ é assumida ser uma função de valor real com f.d.p. a priori, esta probabilidade expressa o estado de conhecimento ou ignorância sobre θ antes que a amostra seja analisada. A probabilidade a priori na análise Bayesiana personifica a probabilidade subjetiva.

Dada a distribuição a priori, a probabilidade $f(y|\theta)$, então pelo teorema de Bayes pode ser calculada a f.d.p. a posteriori $g(\theta|y)$:

$$g(\theta_i|y) = \frac{f(y|\theta_i)\Pr(\theta)}{\Pr(y)}$$

A característica distintiva da inferência Bayesiana é que ela leva em consideração as informações a priori do analista em contraste com a teoria amostral em que esta informação é considerada apenas de modo informal, sendo que ambos tendem a obter os mesmos resultados apenas sob condições restritivas e usualmente diferem na interpretação dos resultados. Assim, o intervalo de confiança não é a probabilidade sobre θ, enquanto que na inferência Bayesiana este intervalo é a probabilidade sobre θ.

Segundo Campello de Souza (2001), a inferência fornece um método científico para o tratamento do conhecimento a priori, também chamado de probabilidade subjetiva ou epistêmica, que representa o grau de crença que um indivíduo tem na ocorrência de θ. Entre as vantagens deste enfoque, pode-se citar:

- ✓ Simples Interpretação – A probabilidade é vista como grau de crença e corresponde a uma disposição para agir; a probabilidade a posteriori mede a precisão final.
- ✓ Lógica Simples – Para a inferência, obtém-se a distribuição a posteriori para as variáveis desejadas; no caso de tomada de decisões, as ações maximizam a utilidade esperada.
- ✓ Aplicabilidade Universal – Sempre que existe incerteza, existem probabilidades pessoais (subjetivas).
- ✓ Comportamental – Permite que as crenças, valores e inferências sejam interpretadas em termos de comportamento ou disposições para agir.
- ✓ Garante a coerência e a consistência com respeito ao comportamento do decisor.
- ✓ Fornece um esquema formal para o uso da informação a priori.

Como desvantagem, pode-se mencionar:

- ✓ Imprecisão – Existem informações a priori que não são precisas (conhecimento vago).
- ✓ Ênfase nas Crenças, tendências e análise de valor, isto é, as expectativas que os indivíduos têm com respeito às chances de ocorrência de um evento, principalmente quando envolvem retornos monetários.
- ✓ A regras para a combinação de crenças são arbitrárias e descartam a informação acerca das discordâncias e conflitos entre os especialistas.

A seguir, é apresentado um diagrama do modelo Bayesiano. O processo se inicia como o modelo amostral assumido e a validade deste experimento considerado, sendo também

postulada uma distribuição de probabilidade a priori. Em seguida, combina-se esta distribuição com os dados da amostra, aplicando o teorema de Bayes. Uma argumentação dedutiva é então utilizada justamente com o resultado da distribuição a posteriori para produzir a inferência desejada sobre os parâmetros que foram assumidos (Martz, 1982).

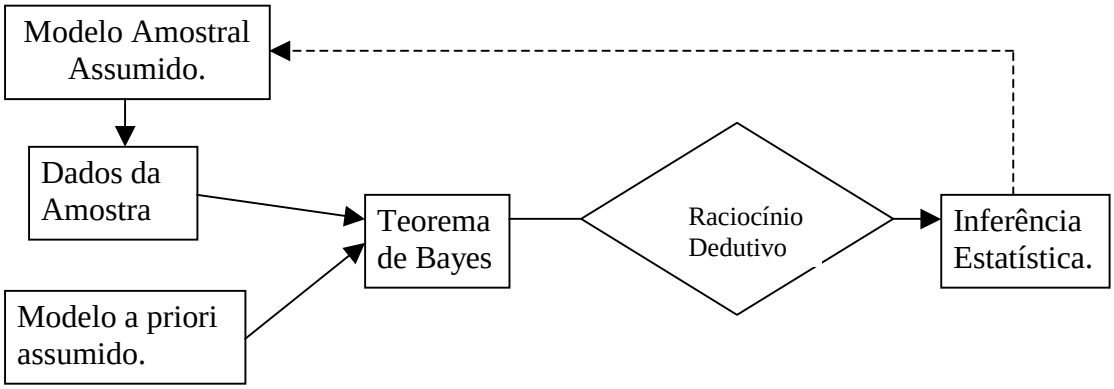


Figura 2.5 – Diagrama do modelo Bayesiano

Existem duas características distintivas entre a teoria amostral e a aproximação Bayesiana. A teoria amostral é usualmente mais restritiva devido ao exclusivo uso dos dados amostrais, enquanto que a teoria Bayesiana usa as experiências do passado, quantificadas pela distribuição a priori. A segunda distinção é que o método Bayesiano usualmente requer poucos dados para efetuar uma inferência de igual qualidade com a teoria amostral, o que em muitos casos pode dar uma boa motivação prática para o método Bayesiano, sendo que este fato é especialmente importante para algumas áreas, tal como a confiabilidade, onde os dados podem ser difíceis de serem obtidos (Martz, 1982).

2.3.2.1. Inferência Bayesiana na Confiabilidade

De acordo com Martz (1982), o método Bayesiano possibilita um caminho organizado de suposições, considerando o conhecimento ou a ignorância a priori. Alguns estatísticos se preocupam com o modelo Bayesiano porque diferente escolha de distribuição a priori leva a diferentes inferências. Contudo, a explícita dependência da escolha, que é subjetivamente acreditada verdadeira, é uma vantagem para esta análise, pois se um grupo de engenheiros possuem o mesmo grau de crença, então esta concordância indica com segurança que o resultado da inferência está provavelmente correto para o analista de confiabilidade. Caso exista um conflito de concordância entre os engenheiros, o analista pode, neste caso, ignorar o julgamento de um ou mais engenheiro ou procurar dados adicionais para resolver este conflito.

Existem dois benefícios práticos da análise Bayesiana. O primeiro é o aumento da qualidade da inferência, que proporciona o conhecimento a priori apurado refletindo na verdadeira variação do parâmetro. O segundo é a redução de alguns testes (tempo de teste e/ou tamanho da amostra) que ocorre na confiabilidade Bayesiana.

2.3.2.2. Análise de Desempenho na Confiabilidade Bayesiana

Segundo Martz (1982), a análise de desempenho consiste no uso de métodos estatísticos em problemas de confiabilidade que envolvem parâmetros de estimação, nos quais um ou mais destes parâmetros são considerados como função de uma variável aleatória, com uma distribuição de probabilidade não-degenerativa que expressa a análise a priori do grau de credibilidade dos parâmetros.

A maior dificuldade na análise da confiabilidade consiste na identificação, seleção e justificação da distribuição a priori. Se múltiplas fontes de dados são avaliadas para o uso desta análise, a conclusão mais fundamental deve ser estabelecida. Assim, deve ser decidido que informação deve ser utilizada para a função probabilidade.

Neste processo de análise devem ser levados em consideração alguns fatores:

- ✓ Justificação detalhada e análise da distribuição a priori, selecionada com o claro entendimento das implicações do uso da distribuição a priori;
- ✓ Documentação completa dos dados usados na identificação e seleção da distribuição a priori;
- ✓ Análise a posteriori da distribuição a priori com teste de hipótese;
- ✓ Definição clara da distribuição a posteriori sobre os parâmetros de interesse;
- ✓ Análise da sensibilidade da inferência Bayesiana no modelo a priori selecionado.

2.3.2.3. Análise a Priori

Segundo Martz (182), a distribuição a priori $g(\theta)$ representa tudo o que é conhecido ou assumido sobre o parâmetro θ (escalar ou vetor) pela observação dos dados empíricos, podendo esta informação ser objetiva, subjetiva, ou ambos. Como exemplo de distribuição a priori objetiva, podem ser citados os dados operacionais e os dados observacionais dos experimentos comparados. No caso da subjetiva, esta informação pode ter uma quantificação relatada pela experiência e julgamento do engenheiro, considerando o grau de crença declarado, informações e opiniões pessoais.

O problema de identificação da distribuição a priori consiste na escolha da distribuição probabilidade a priori (contínua ou discreta), baseada nas informações a priori obtidas

utilizando a distribuição que é matematicamente conveniente dentro de uma família de distribuições conjugadas.

A distribuição a priori pode ser categorizada em diferentes caminhos. Uma classificação muito comum é a dicotômica que separa a distribuição a priori própria e imprópria. A distribuição a priori própria é a função que satisfaz a definição de f.d.p. A distribuição a priori imprópria é uma função que somada ou integrada sobre os possíveis valores do parâmetro para um outro parâmetro que é chamado p. Se p é infinito, então uma distribuição a priori própria pode ser induzida por normalização. Caso seja infinita (ou não exista sobre o intervalo dos possíveis parâmetros, então será encontrada apenas a distribuição a priori imprópria).

2.3.2.4. Análise a Posteriori

É um processo para analisar a distribuição a priori realizando testes dos dados a priori baseados nos impactos da distribuição a priori que resultará na confirmação ou contradição dos dados que foram obtidos (Martz, 1982). A análise a posteriori consiste nos seguintes passos:

1. Selecionar a distribuição a priori, provisoriamente considerada satisfatória;
2. Testar as amostras considerando este conjunto de hipóteses prováveis e não-prováveis no resultado do teste das amostras;
3. Para o experimento da distribuição a priori de cada conjunto de hipóteses resultante no teste, armazenar a distribuição a posteriori utilizando o teorema de Bayes.
4. Estudar o conjunto de distribuição a posteriori para determinar quando eles parecem aceitáveis a luz do teste de hipótese;
5. Caso os dados sejam aceitáveis, a distribuição a priori tornar-se-á uma forte candidata para o uso. Caso contrário, reajusta a distribuição a priori e reconduz a análise a posteriori até obter a distribuição a priori satisfatória.

2.4. CORRELAÇÃO DE ALARMES

A comunicação de rede moderna consiste num vasto número de elementos de rede que são interconectados um com o outro. Esta cooperação habilita o fornecimento dos serviços de redes aos assinantes. A operação de uma rede de telecomunicações requer que mensagens de erros possam ser exibidas e avaliadas, podendo ser enviada por um único elemento de rede, sendo coletada em um ponto central para a indicação do corrente estado da rede (Tuchs et al,

2000). O ITU-T (X.733) define o alarme com uma notificação sobre a ocorrência de um evento específico, que pode ou não representar uma falha.

Existe uma grande variedade de situações de erros onde um único evento causa um vasto número de mensagens de erro, assim a solução ideal para este situação com respeito a permitir uma rápida recuperação da falha é que o sistema possa descobrir a origem de uma única indicação da razão original da falha sem ambigüidade. O recente desenvolvimento na gerência de falha revela uma tendência à introdução de sistemas que reduzam o número de alarmes com o uso da técnica de correlação de alarmes (Tuchs et al, 2000).

De acordo com Meira (1997), a correlação de alarmes consiste na interpretação conceitual de múltiplos alarmes, levando à atribuição de um novo significado dos alarmes originais. A correlação geralmente tem por objetivo reduzir a quantidade de notificações de alarmes transferidos aos operadores do sistema de gerência de rede, aumentando o conteúdo semântico das notificações resultantes.

A correlação pode ser aplicada a qualquer uma das cinco áreas funcionais de gerência definida pelo ITU-T (ver item 3.2), ou seja, falha, configuração, desempenho, negócio e segurança. Entretanto, a maioria das aplicações encontradas na literatura está na área da gerência de falha.

O principal requerimento da gerência de falha num centro de gerência é informar, em tempo real, o funcionamento da rede. As anomalias que ocorrem durante o funcionamento da rede causam uma emissão automática de notificação de alarmes. Assim, o operador deve estar preparado para identificar a falha ocorrida. Portanto, a correlação de alarmes consiste numa interpretação conceitual de múltiplos alarmes, tendo como objetivo reduzir o número de transferência de notificação de alarmes ao operador de gerência de rede.

Segundo Meira (1997), os vários tipos de correlação podem ser identificados de acordo com a operação executada sobre o alarme, sendo listados a seguir:

- ✓ Compressão – Consiste na observação dos alarmes recebidos num determinado período de tempo, onde múltiplas ocorrências de um mesmo evento são substituídas por um único alarme, podendo ser possível indicar quantas vezes o evento ocorreu durante o período de tempo observado.
- ✓ Supressão Seletiva – É uma inibição temporária dos alarmes recebidos de um dado evento de acordo com um critério (avaliando continuamente a correlação do sistema) relatado pelo contexto dinâmico da gerência de rede. Os critérios de supressão são

geralmente vinculados com a presença de outros alarmes, relação temporal entre os alarmes ou o nível de prioridades estabelecidas pela gerência de redes.

- ✓ Filtragem – Consiste na supressão de um dado alarme de acordo com o conjunto de parâmetros de valores estabelecidos previamente. No sentido restrito, a filtragem leva em consideração apenas os parâmetros dos alarmes que estão sendo filtrados. No sentido amplo, a filtragem pode levar em conta outros critérios, sendo caracterizado, neste caso, de filtro inteligente. O conceito de filtragem é amplo, podendo ser compreendido outros tipos de operação, tais como compressão e supressão.
- ✓ Contagem – Consiste na geração de um novo alarme a cada tempo caso o número de ocorrência de um dado evento supere um limiar previamente estabelecido.
- ✓ Escalação – É uma operação que depende do contexto operacional. Um alarme é suprimido e outro é criado em seu lugar, com um de seus parâmetros (por exemplo, severidade) assumindo valor elevado. O contexto operacional inclui, entre outros fatores, a presença de outros alarmes, a relação temporal entre os alarmes, o número de ocorrência de eventos numa dada janela de tempo e a prioridade estabelecida pela gerência de redes.
- ✓ Generalização – Consiste na substituição de alarmes, dependendo do contexto operacional por um alarme correspondente de uma superclasse. Como exemplo, numa ocorrência simultânea de alarmes, todos correspondendo a uma rota que utiliza um certo cabo óptico com meio de físico, cada um deste alarmes originais podem ser repassados por um alarme que indica um defeito no cabo. Através desta compressão todos os alarmes repetidos podem ser repassados para um único alarme.
- ✓ Especialização – É uma operação reversa da generalização e consiste na substituição de um alarme por outro correspondendo a uma subclasse. Esta operação, baseada em raciocínio tipo dedutivo, não adiciona nova informação às que já estavam implicitamente presentes no alarme original e na base de dados de configuração, mas é útil para evidenciar as conseqüências de um evento numa determinada camada de gerência, podendo ocasionar nas camadas de gerência superiores.
- ✓ Relacionamento Temporal – É uma operação cujo critério de correlação depende de uma ordem ou do tempo em que o alarme foi gerado ou recebido. Vários critérios de relacionamento temporal podem ser usados utilizando conceitos de: *POSTERIOR, SEGUIR, ANTERIOR, PRECEDER, DURANTE, INICIAR, TERMINAR, COINCIDIR, SOBREPOR.*

- ✓ Agrupamento – Consiste na geração de um novo alarme baseado na detecção de um complexo padrão de alarmes recebidos. A operação do agrupamento pode também levar em conta a correlação e o resultado de testes na rede.

2.4.1. Métodos e Algoritmos para a Correlação de Alarmes

A tarefa de avaliação desta grande quantidade de mensagens de erro contém informações redundantes e repetições semânticas, podendo um alarme ser o complemento de outro. Portanto, a meta é identificar a razão potencial que originou esta cadeia de erros. Esta seção apresentará uma visão panorâmica sobre a correlação de alarmes através da reunião das principais abordagens existentes na literatura.

Atualmente, o número de abordagens disponíveis é elevado, sendo que algumas destas abordagens são probabilísticas, algumas utilizam paradigmas tradicionais da inteligência artificial e outras aplicam princípios definidos em lógica não-convencional. Também existem abordagens que adotam o método *ad hoc* para o tratamento do problema de correlação de alarmes.

2.4.1.1. Correlação Baseada em Regras

Nesta abordagem, o conhecimento geral sobre determinada área está contido em um conjunto de regras e o conhecimento específico relevante para uma situação particular constitui-se de fatos expressos através de asserções e armazenados em um banco de dados. Uma regra consiste de duas expressões que operam sobre um banco de dados geral: fórmulas bem formadas do cálculo de atributo, ligadas por um conectivo de ligação ($\Rightarrow$). O lado esquerdo de cada regra contém o pré-requisito que precisa ser satisfeito pelo banco de dados para que a regra seja aplicável e o lado direito descreve a ação a ser aplicada, se a regra for aplicada, e o banco de dados é alterado quando uma regra é aplicada. (Meira, 1997).

Segundo Meira (1997), fazendo uma comparação com os programas tradicionais que contêm em seu código tanto o conhecimento especializado quanto as informações de controle (o que contribui para deixá-los extremamente complexos e de difícil manutenção), um sistema especialista baseado em regras é bem mais simples, mais modularizado e mais fácil de manter por ser organizado em três níveis:

- ✓ Uma máquina de inferência – Contém a estratégia para resolver uma determinada classe de problemas.
- ✓ Uma base de conhecimento – Contém um conjunto de regras com o conhecimento sobre a tarefa específica, ou seja, uma instância daquela classe de problemas.
- ✓ Uma memória de trabalho – Possui os dados do problema a ser tratado.

A respeito das vantagens que apresentam em relação aos sistemas tradicionais, os sistemas baseados em regras apresentam algumas limitações no que se refere a aquisição do conhecimento necessário que se baseia em entrevistas com especialistas humanos. Este procedimento é demorado, caro e sujeito a erros, o que tem incentivado pesquisas no sentido de automatizá-lo e torná-lo mais rápido através de técnica de aprendizado (machine learning).

Outra limitação deste sistema é o não aproveitamento de experiências passadas no processo dedutivo, ou seja, a falta de memória. Assim, um sistema puramente baseado em regra que tenha disparado milhares de regras para a partir de um dado conjunto de alarmes deduzir a ocorrência de uma determinada falha, disparará novamente todas aquelas regras sempre que for submetido ao mesmo conjunto de alarmes, chegando mais uma vez à mesma conclusão, pois o programa não se lembra da ocorrência de uma situação similar no passado.

Por outro lado, devido ao não-uso das experiências do passado, os sistemas baseados em regras estão sujeitos a repetir sempre os mesmos erros, o que contribui negativamente para a precisão e o desempenho deste sistema.

Tendo o seu conhecimento limitado a regras de seu banco de dados, o sistema não consegue lidar com as situações em que as regras não são aplicadas, afetando assim sua robustez, já que o sistema pode ficar sem alternativas diante de muitas situações comuns num ambiente TMN. Além do mais, em sistemas que se modificam rapidamente, como é o caso das redes de telecomunicações, os sistemas baseados em regras tendem rapidamente a tornarem-se obsoletos.

2.4.1.2. Lógica Difusa

De acordo com Meira (1997), por causa da complexidade das redes gerenciadas, nem sempre é possível construir modelos precisos destas redes, nos quais sejam evidenciados todas as situações de um dado conjunto de alarmes que indicam uma falha de determinado equipamento.

Os conhecimentos das relações de causa e efeito entre falhas e alarmes são geralmente incompletos. Além disso, alguns alarmes gerados por uma falha podem não estar disponíveis ao sistema para uma correlação num tempo hábil necessário, seja em virtude da perda ou do atraso, seja em virtude do percurso deste elemento de rede até a gerência. Finalmente, devido ao fato da configuração mudar freqüentemente, quanto mais detalhado for o modelo, maior será a possibilidade do mesmo ficar desatualizado.

Uma grande dificuldade consiste na imprecisão das informações fornecidas pelos especialistas. Deste modo, a lógica difusa (fussy logic) é uma alternativa para lidar com a incerteza e a imprecisão. A lógica difusa contém, como casos especiais, o sistema lógico tradicional, os sistemas lógicos multivalorados, a teoria das probabilidades e a lógica probabilística.

Os conceitos básicos por trás da lógica difusa são os conjuntos difusos. Na lógica clássica um conjunto *A* apresenta a propriedade de que dado um elemento *X*, a expressão *X* pertence a *A* sempre assume um entre dois valores possíveis: verdadeiro, falso. Em se tratando de conjuntos difusos, cada elemento *X* tem, em relação ao conjunto, um certo grau de pertinência que pode assumir qualquer valor entre 0 (quando definitivamente o elemento não pertence ao conjunto) e 1 (quando certamente o elemento pertence ao conjunto). O conceito de conjunto difuso traz consigo a novidade de que uma suposição qualquer não precisa ser mais verdadeira ou falsa, mas que pode ser parcialmente verdadeira em qualquer grau na escala de 0 a 1.

Através de uma álgebra especial são definidas diversas operações (por exemplo, complementação, união e intersecção) sobre os conjuntos difusos. Assim, sistemas especialistas difusos permitem que as regras sejam diretamente formuladas utilizando variáveis lingüísticas do tipo muito alto, normal, etc., o que simplifica bastante o desenvolvimento do sistema.

Numerosa aplicação dos sistemas difusos tem sido implementada em diversas áreas, tais como: planejamento estratégico, engenharia de minas, geologia, medicina, ciências ambientais, engenharia elétrica, gerência de redes.

2.4.1.3. Redes Bayesiana

Segundo Meira (1997), uma rede bayesiana é um grafo acíclico dirigido no qual cada nó representa uma variável aleatória à qual estão associadas probabilidades condicionais, dadas todas as possíveis combinações de valores das variáveis representadas nos nós predecessores diretos. Uma aresta neste grafo indica a existência de influência causal direta entre as variáveis correspondentes aos nós interligados, a intensidade dessa influência causal é quantificada por probabilidades condicionais. Assim, as conexões causais nas redes bayesianas não são absolutas, o que é bastante conveniente quando é difícil atribuir relações causais determinísticas entre as variáveis, devido à complexidade inerente ao sistema em estudo.

Uma rede bayesiana para o conjunto de variáveis $X = \{X_1, X_2, ..., X_n\}$ representa a distribuição conjunta de probabilidades $P(X_1, X_2, ..., X_n)$ com a vantagem de reduzir o número de probabilidades que precisam ser especificadas. Isso é possível porque a rede bayesiana consiste de um conjunto de probabilidades locais associadas a cada variável, e de um conjunto de informações sobre a independência entre essas variáveis (dado pela estrutura da rede). A partir desses dados é possível a construção da distribuição conjunta.

Numa rede bayesiana, se existe uma aresta partindo do nó *A* e chegando ao nó *B*, diz-se que *A* é um antecessor direto de *B*; por outro lado, *B* é dito ser um descendente direto de *A*. As probabilidades associadas a um nó que não possui antecessores diretos são ditas probabilidades locais a priori, porque a sua especificação não precisa levar em conta o valor de qualquer outra variável da rede. As probabilidades associadas aos demais nós são denominadas probabilidades locais a posteriori, pois cada uma delas está condicionada à ocorrência de um certo padrão de valores dos antecessores diretos do nó.

As redes bayesianas constituem uma interessante abordagem para o tratamento da incerteza, sendo possível a realização de inferências mesmo quando as informações disponíveis são incompletas ou imprecisas. Algumas vezes, é possível avaliar a partir de dados empíricos levantados através do estudo do comportamento do sistema manifestado no passado.

Dada uma rede bayesiana e um conjunto de evidências (nós cujas correspondentes variáveis foram instanciadas), é possível avaliar a rede, ou seja, calcular a probabilidade condicional a cada nó, dada as evidências observadas até o instante presente.

2.4.1.4. Filtragem

Alguns sistemas de gerência de rede possuem filtros que selecionam as notificações dos alarmes a serem exibidas, a pedido do operador, segundo critérios tais como, área geográfica onde o mesmo foi originado, área técnica (transmissão, comutação) ou grau de severidade de alarme. Neste sistema, a definição de filtro é similar à definição do ITU-T, segundo a qual o filtro é um conjunto de proposições afirmativas ou negativas sobre a presença ou os valores de um atributo em um objeto gerenciado (ITU-T, 1991).

Os critérios de filtragem independem do contexto e se baseiam exclusivamente nas características do próprio alarme. Apesar de conseguirem reduzir a quantidade de informações exibidas, os critérios de corte destes filtros, às vezes, não contribuem para facilitar a identificação das causas das falhas que geraram esta notificação de alarmes, podendo até

mesmo impedir a apresentação de informações necessárias à identificação desta falha (Meira, 1997).

Na modalidade de correlação de alarmes, pode ser utilizada a chamada filtragem inteligente, na qual o critério de seleção é calculado dinamicamente no sistema em função de informações recebidas do sistema. Desta forma, pode-se reduzir a quantidade de alarmes recebidos provenientes de um único evento ocorrido. Esta técnica também pode ser utilizada para lidar com a situação conhecida como *tempestade de eventos*, na qual são gerados num curto espaço de tempo um número elevado de alarmes a partir de um único problema (Meira, 1997).

2.4.1.5. Correlação por Codificação

Segundo Meira (1997), nesta abordagem. a maior parte do trabalho necessário da correlação de alarmes é feita previamente dando origem a um banco de dados chamado de livro código. Este livro código pode ser visto como uma matriz onde cada linha corresponde a um sistema (evento ou alarme) e cada coluna corresponde a um problema (falha ou defeito). Se n sintomas distintos são representados no livro código, cada elemento do vetor $p_i = (s_1, s_2, s_3, ..., s_n)$ contém a medida de causalidade do problema p_i em relação ao sintoma correspondente. Assim, se o vetor p_i, $s_1 = 0$, o sintoma s_1 nunca deverá ocorrer como conseqüência do problema p_i. Por outro lado, se $s_1 = 1$, o sintoma s_1 sempre deverá ocorrer como conseqüência do problema p_i.

Não é exigido que as medidas do modelo de causalidade pertençam ao conjunto (0, 1). O modelo admite que estes valores pertençam a qualquer semi-anel que constitui uma classe especial de conjuntos parcialmente ordenados, deixando aberta a possibilidade do uso de diversas possibilidades para a descrição de verossimilhança (*likelihood*) da causalidade, tais como modelos determinísticos, probabilísticos, lógica difusa e modelos temporais.

Em tempo real, cada situação de anormalidade pode ser descrita através do vetor de alarmes $a = (a_1, a_2, ..., a_n)$ onde cada um destes elementos indicam uma ocorrência ou não do alarme correspondente. A correlação é feita através do livro código do problema p cujo código mais se aproxima de a em termos de distância de *hamming*.

O paradigma da orientação a objetos é adotado na abordagem de codificação para representar as classes dos objetos da rede modelada, seus atributos, relacionamentos e informações de eventos. Uma classe é um gabarito para um conjunto de instância de objetos, no qual são descritas as propriedades comuns a estes objetos, no que se refere a estrutura e ao comportamento. Uma das principais motivações para o seu uso é permitir a interoperabilidade

entre um sistema de correlação de alarme e outras aplicações, executando em ambiente distribuídos heterogêneos, sendo que é necessário que estas possuam os mesmos padrões de interface para que exista esta interoperabilidade.

Os pontos fortes da abordagem do livro código são: desempenho, robustez, computação automática das regras de correlação e versatilidade na adaptação do sistema a mudanças ocorridas na topologia de rede.

2.4.1.6. Correlação Proativa

De acordo com Meira (1997), algumas vezes o fato da rede gerenciada gerar vários alarmes pode não ser visto negativamente em uma situação de falha, mas o processo da massa de dados tende a se tornar inviável à medida que se aumenta a quantidade de sistema de alta velocidade. As técnicas mais comuns de correlação de alarmes procuram trabalhar em tempo real diretamente sobre o fluxo de alarmes oriundo da planta, buscando eliminar cada um deles, ou pelo menos escondê-los dos operadores da gerência.

Através das técnicas de garimpagem de dados e descobrimento de conhecimento, é possível encontrar padrões que caracterizam o comportamento atual e as tendências de comportamento futuro da rede. A técnica consiste em varrer os dados disponíveis, sistemática e exaustivamente, aplicando técnicas de correlação e aprendizado. Desta forma, é possível identificar problemas em potencial antes que eles se materializem, o que permite a manutenção proativa da rede.

Esta abordagem consiste em examinar o comportamento dos elementos da rede ao longo do tempo, considerando padrões de comportamento a elementos de mesma classe. Tendo um forte elemento empírico (representado pelos dados coletados), as abordagens também incluem conhecimentos sobre os elementos e a topologia de rede. A computação pode ser dividida em três passos:

i) Classificação dos elementos de rede e de seu comportamento ao longo do tempo.

ii) Correlação das informações de toda a rede e formulação de hipóteses.

iii)Resolução e verificação, para confirmar a verdadeira causa do evento e solucioná-la.

Propostas mais recentes para o problema de correlação proativa envolvem o uso de redes bayesiana.

2.4.1.7. Redes Neurais Artificiais - ANN

Segundo Meira (1997), uma ANN (Artificial Neural Network) é um sistema composto de elementos (neurônios) interconectados segundo um modelo que procura reproduzir a rede

neural existente no cérebro humano. Conceitualmente, cada neurônio pode ser considerado como uma unidade de processamento autônoma, dotada de memória local e de canais unidirecionais de comunicação com os neurônios. O funcionamento de cada canal de entrada de uma ANN inspira num funcionamento de um dendrito nos neurônios biológicos. De modo análogo, um canal de saída tem como padrão um axônio. Um neurônio possui apenas um axônio, mas pode possuir um número arbitrário de dendrito (em um neurônio humano existe na ordem de dez mil). O sinal de saída de um neurônio pode ser utilizado como entrada para um número arbitrário de neurônios.

Na sua forma mais simples, o processamento realizado em um neurônio consiste em efetuar a soma dos sinais presentes em sua entrada e gerar um sinal de saída se o resultado da soma ultrapassar um certo limiar. No caso mais geral, o processamento pode incluir qualquer tipo de operação matemática sobre os sinais de entrada, levando-se também em consideração os valores armazenados na memória local do neurônio.

Uma das principais motivações para o uso das ANN é a utilização de computadores para tratar de sua série de problemas que são facilmente resolvidos pelo cérebro humano, mas que não conseguem ser tratados com eficácia com a utilização exclusiva dos paradigmas de computação convencional.

O controle e o armazenamento distribuídos são uma característica marcante nas ANN. Além disso, uma ANN não requer o conhecimento prévio do relacionamento matemático entre entradas e saídas, que podem ser aprendidos automaticamente durante a operação normal do sistema.

2.4.2. Comparação entre as Abordagens Apresentadas

Segundo Meira (1997), não existe uma solução única que seja a melhor em termos de precisão e/ou complexidade para resolver um problema genérico de correlação de alarmes. Os trabalhos recentes indicam a combinação de abordagens diferentes para a solução do problema em redes complexas. A opção adotada em um caso específico deve ser escolhida tendo em vista as virtudes e as limitações das diversas abordagens aplicáveis àquele caso.

Uma comparação entre os métodos e os algoritmos apresentados nesta seção não é um processo simples, devendo levar em consideração alguns fatores:

- ✓ Facilidade de modelagem teórica da rede objeto, ou seja, a rede que irá gerar os alarmes a serem correlacionados;
- ✓ Facilidade de implementação;
- ✓ Facilidade de adaptação na rede objeto;

- ✓ Desempenho;
- ✓ Precisão.

Embora seja possível, em princípio, quantificar estes fatores para uma rede objeto específica, é difícil imaginar como isto seria feito para uma rede genérica. Portanto, uma comparação para abordagens de correlação de alarmes deve levar em conta as características da rede objeto ou, no mínimo, a classe da rede objeto (SDH, ATM, etc.).

A natureza da aplicação a que se destina a correlação (por exemplo, redução de informação a ser analisada pelo operador, identificação da falhas que geram os alarmes, previsão quanto à ocorrência de falhas futuras) determina a correlação a ser efetuada, devendo ser levada em consideração na escolha do método ou algoritmo a ser adotado em uma dada situação.

Compressão de alarmes, supressão seletiva, filtragem simples, contagem e especialização são exemplos de tipos de correlação que podem ser facilmente implementados utilizando abordagens convencionais usando regras. Aplicações envolvendo filtragem inteligente, escalação ou relacionamento temporal também podem ser implementados utilizando esta abordagem. Contudo, o aumento da complexidade do problema traz como conseqüência o surgimento de exceções, as quais nem sempre são adequadamente tratadas por estas abordagens que não possuem um mecanismo eficaz para a implementação de raciocínio não-monotônico.

Com isso, na fase de desenvolvimento, cada exceção identificada exige a reformulação das regras já estabelecidas e/ou criação de novas regras, o que implica em acréscimo da complexidade da solução, bem como em redução de desempenho.

Dentre as diversas abordagens que utilizam a incerteza na correlação de alarmes, merecem destaque a lógica difusa, redes bayesiana, correlação por codificação e as redes neurais. Existem muitas controvérsias envolvendo as vantagens e as desvantagens de cada uma das alternativas anteriores. Os defensores da lógica difusa argumentam que ela simplifica bastante o desenvolvimento das aplicações, porém a inexistência de uma sólida base matemática que lhes dê suporte inibe a adoção desta alternativa em um maior número de aplicações.

A correlação por codificação é uma boa alternativa sob os aspectos de desempenho e robustez, mas exige um grande esforço na rede objeto tornando-a pouco recomendável para redes complexas.

A princípio, a ANN é uma boa alternativa para aplicações (tais como correlação de alarmes e diagnóstico de falhas) onde as relações entre falhas e alarmes nem sempre são bem definidas ou compreendidas e onde os dados disponíveis algumas vezes são ambíguos ou inconsistentes. Este método possui como desvantagem a sua implementação, que necessita de um alto custo computacional.

Os métodos baseados em redes bayesianas possuem uma sólida base matemática, facilidade de construção, capacidade de efetuar inferência sobre o estado atual da rede, capacidade de raciocínio não-monotônico, tendo uma solução adequada na resolução de problemas envolvendo incerteza.

Para o caso da correlação de alarmes em que se deseja efetuar uma a redução dos alarmes de um específico elemento de rede a ser observado, o modelo de correlação de alarmes baseado em regras pode trazer bons resultados, podendo utilizar as relações de causa e efeito para a redução dos alarmes no elemento de rede analisado. As limitações deste modelo é que apenas considera as dependências diretamente relatadas à estrutura.

No estudo de caso 1 (no capítulo 5) e no estudo de caso 2 (capítulo 6) serão apresentados um exemplo de aplicação da correlação baseada em regras e em redes bayesiana, respectivamente.

3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Será apresentado neste capítulo o problema que normalmente ocorre em centros de gerência em telecomunicações que trabalham com um grande número de equipamentos para proporcionar a comunicação entre os usuários deste sistema.

Inicialmente, será efetuado um estudo sobre os conceitos básicos do sistema de telefonia celular (item 3.1), da gerência de rede de telecomunicações (item 3.2) e do sistema de gerência utilizado na empresa em análise (item 3.3), bem como do equipamento que será analisado (item 3.5). Após esta descrição, serão apresentados alguns exemplos sobre o problema que se deseja resolver, no item 3.6.

3.1. SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR

O Sistema de Telefonia Celular, segundo Methrota (1994), tem como definição um sistema móvel de alta capacidade que, compreendido em uma faixa de espectro, é dividido em canais discretos, sendo estes canais agrupados com a finalidade de prestar serviço de cobertura de uma área geográfica. Estes canais discretos são capazes de serem reutilizados em diferentes células numa área de serviço.

Abaixo, estão listados alguns objetivos básicos do sistema celular:

- ✓ Alta Capacidade de Assinantes – o sistema é capaz de servir milhares de usuário móveis em uma área local de serviço com um número fixo de centenas de canais;
- ✓ Utilização do Espectro – o múltiplo uso de alguns canais de rádio, com freqüências distintas entre si em células geograficamente separadas, garantem que o espectro de freqüência seja usado eficientemente;
- ✓ Compatibilidade Nacional – os usuários móveis são capazes de utilizar seus equipamentos ainda que os mesmos tenham se deslocado de sua área de serviço (home) para outra área servida por outro provedor de serviço (roaming);
- ✓ Serviço portável, veicular e outros serviços especificados – o sistema celular provê um serviço adequado para usuários de celular portáteis idênticos às unidades veiculares móveis. O sistema deve prover serviços especializados, tais como chamada em espera, transferência de chamada, secretária, etc.;
- ✓ Densidade de Tráfego Adaptável – desde que a densidade de tráfego se diferencie de um ponto de cobertura para outro, o sistema celular tem a capacidade de adaptar-se ao tráfego.

A arquitetura de uma rede de telefonia celular possibilita que um usuário possa fazer ou receber chamadas enquanto está se movimentando de uma área geográfica de serviço para outras CGSA (Celular Geographic Service Area), podendo permitir que sistemas independentes trabalhem de forma conjunta para permitir uma cobertura de serviço mundial. Abaixo há algumas definições básicas usadas na rede celular:

- ✓ Estação Móvel (EM) – estação doméstica pública de rádio-telecomunicação celular que pode ser usada tanto em movimento ou não. É assumido, incluso nesta definição, o aparelho celular e a unidade móvel instalada em veículos automotores;
- ✓ Estação Rádio-Base (ERB) – estação doméstica pública usada como rádio-comunicação celular entre as EM;
- ✓ PSTN – Rede de Comutação Telefônica Pública;
- ✓ Central de Comutação Celular (CCC) – equipamento que provê a conexão de assinantes móveis com a PSTN, outras CCC e outros assinantes móveis;
- ✓ Sistema de Origem – é o sistema em que o assinante está escrito. O sistema celular identifica se está no seu sistema de origem através do SID (System Identification) que é transmitido para a EM (Estação Móvel). Associando ao de origem, encontra-se o HLR (Home Location System) que contém todas as informações pertinentes ao assinante;
- ✓ Sistema Visitante – é um sistema em que a EM encontra-se quando está fora do seu sistema de origem, para os assinantes que possuem estes privilégios. Associados ao sistema visitante há o VLR (Visited Location Register) que possui as informações transferidas do HLR sobre este assinante. As transferências destas informações devem ser, preferivelmente, automáticas sem o conhecimento da EM;
- ✓ Roamer – Nome dado ao assinante que se encontra fora de sua área de origem.

No sistema celular, uma ERB fornece ao assinante uma CGSA com alguns canais de comunicação, possibilitando ao mesmo efetuar e receber ligações, como pode ser obsevado na figura 3.1.

No caso da ERB ser de cobertura única e ocorrer algum problema nesta que venha a paralisá-la, o assinante perderá a cobertura e ficará impossibilitado de efetuar ligação. Caso a mesma não seja de cobertura única, outra ERB proporcionará uma CGSA possibilitando que sejam efetuadas ligações, não ocasionado impacto elevado na acessibilidade enquanto esta ERB estiver parada.

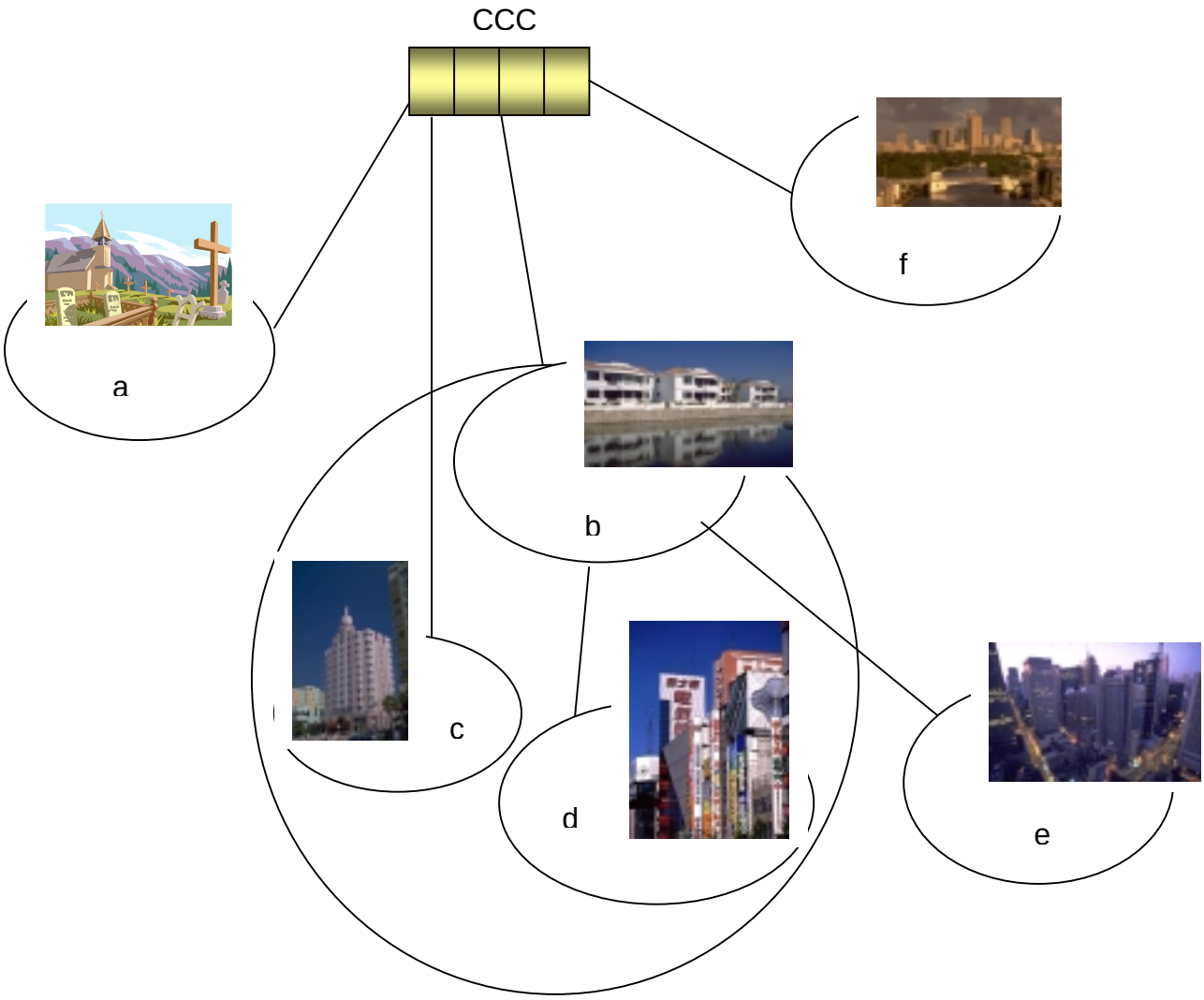


Figura 3.1 – Diagrama esquemático do sistema celular

Para ilustrar o processo de hierarquização de alarmes, será efetuado um exemplo de aplicação deste método utilizado a ERB (Estação Radio Base) 884 da Ericsson que foi desenvolvida para uso em sistema de comunicações sem fio, suportando os padrões de interface de ar analógico e/ou digital, AMPS (Advanced Mobile Phone System), EIA/TIA-553, D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System), IS-54B e IS-136.

A principal função da ERB é transmitir e receber sinais de RF e, conseqüentemente, fornecer os canais físicos e lógicos usados dentro da rede de rádio, sendo conectada à CCC (Central de Comutação Celular) por meio de enlaces de transmissão PCM T1 (1,544 Mbps e 24 canais) ou E1 (2,048 Mbps e 32 canais). A família de ERBs 884 é composta por:

- ✓ ERB 884 Macro
  - HP (Hight Power) 50W
  - MP (Medium Power) 30W
  - LP (Low Power) 10W

- ✓ ERB 884 compacta 10W
- ✓ ERB 884 Micro 1,5W
- ✓ ERB 884 Indoor 1mW

Neste exemplo de aplicação, será utilizada a ERB 884 Macro LP utilizando o enlace de transmissão E1 e facilidade de gerenciamento remoto desenvolvido pela Ericsson utilizando o sistema TMOS (Telecommunications Management Operations Support). A plataforma TMOS é um sistema multi-computador que foi desenvolvida de acordo com os padrões TMN (Telecommunications Management Network), sendo um sistema aberto segundo os padrões de telecomunicações.

A Família TMOS consiste em várias combinações que podem atender à necessidade de cada um dos operadores de rede ou provedor de serviço. A seguir, temos os sistemas que fazem parte do TMOS:

- ✓ XM-CNO (Exchange Management System) – Sistema de gerenciamento de centrais para redes comutadas.
- ✓ SMAS (Service Management System) – Sistema de gerenciamento de serviços para redes inteligentes.
- ✓ CMOS (Cellular Management System) – Sistema de gerenciamento celular para redes celulares.
- ✓ FMAS (Facility Management System) – Sistema de gerenciamento de facilidades e gerenciamento de nós para rede de transporte.
- ✓ BGS-SM (Business Group System) – Sistema de grupos empresariais para redes empresariais.
- ✓ Gerenciador do SS7 para redes de sinalização CCS n.º 7.

Neste trabalho, será utilizado o sistema de gerenciamento celular (CMOS) para monitorar as ERBs 884. Será aplicado o processo MBCA para esta ERB, utilizando a facilidade que o CMOS dispõe.

3.2. GERÊNCIA DE REDE DE TELECOMUNICAÇÕES - TMN

A TMN foi desenvolvida com o propósito de gerenciar redes, serviços e equipamentos heterogêneos, operando sobre os mais diversos fabricantes e tecnologias que possuem alguma funcionalidade de gerência. A idéia básica da TMN é proporcionar uma arquitetura organizada, possibilitando a integração e interoperabilidade entre vários tipos de sistemas de

operação e os equipamentos de telecomunicações, utilizando modelos genéricos de rede para a gerência, modelos genéricos de informações com interfaces e protocolos padronizadas.

Segundo Sahin (Cap.3, Aidarous & Plevyark, 1994), uma Gerência de Rede de Telecomunicações (TMN) possibilita uma estrutura de interconexão e comunicação de uma rede de telecomunicações e permite a função de gerência, operação, administração e manutenção deste rede. O projeto do TMN foi iniciado no ano de 1985 pelo ITU-T (International Telecomunication Union) e sua arquitetura, modelos, definições e funções estão especificadas na série M.3xxx sendo baseado no sistema OSI (Open System Interconnection). A TMN fornece uma estrutura de rede flexível, escalável, confiável, de crescimento barato e de fácil crescimento.

A seguir, encontram-se apresentados alguns exemplos de redes e serviços que podem ser gerenciados pela TMN:

- ✓ Redes públicas e privadas, incluindo a RDSI, redes de telefonia móvel, redes privativas de voz e redes inteligentes;
- ✓ Elementos de transmissão (multiplexadores, roteadores, cross-connects, equipamentos SDH);
- ✓ Fibra óptica, rádio e enlace de satélite;
- ✓ Mainframes, processadores front-end, controladoras remotas, servidores de arquivos, etc;
- ✓ Redes locais, geográficas e metropolitanas (LAN, MAN e WAN);
- ✓ Redes de comutação de circuito e pacotes;
- ✓ A própria TMN;
- ✓ Terminais e sistemas de sinalização, incluindo Pontos de Transferência de Sinalização (PTS) e bases de dados em tempo real;
- ✓ Serviços de suporte e tele-serviços;
- ✓ Sistemas de infra-estrutura e suporte, como módulos de teste, sistemas de energia, unidades de ar condicionado, sistemas de alarme, etc.

Segundo Aidarous & Plevyark (1994), a perspectiva da gerência de rede é baseada em cinco áreas funcionais em que cada uma representa um conjunto de desempenho de atividades de operação, sendo cada uma descrita abaixo:

- ✓ Gerência de Configuração –Tem a função de identificar, efetuar o controle, coletar dados e prover dados para a rede de telecomunicações com propósitos de preparação,

inicialização, operação e terminação de serviços. Esta função inclui o abastecimento de recursos (tempo de atraso de organização de recursos para satisfação da demanda de serviços esperados) e abastecimento de serviços (designação de serviços e recursos para usuários finais);

- ✓ Gerência de Falhas – Possui a função de gerenciar os alarmes de serviços, iniciar testes, diagnosticar desempenho para isolar falhas e exercer as atividades necessárias para reparo da falha diagnosticada. A manutenção por diagnose corresponde à condição próxima da falha com uma degradação da confiabilidade do sistema e pode eventualmente resultar em impactos no sistema, ou seja, é uma atividade de manutenção de rotina que inicia testes para detectar e corrigir problemas antes que as falhas de serviço sejam reportadas;
- ✓ Gerência de Desempenho – avalia e reporta o comportamento dos recursos da rede e ao mesmo tempo o pico de desempenho e a transferência de voz, dados, vídeo, procurando assegurar maior eficiência na utilização dos recursos da rede;
- ✓ Gerência de Negócios – Estabelece as cargas e identifica custos para uso de serviços e recursos da rede, processa a manipulação de serviços e a utilização de recursos, armazena e gera os relatórios de billing para todos os serviços pagos;
- ✓ Gerência de Segurança – Controla o acesso e a proteção da rede, gerencia os sistemas da rede contra abusos intencionais ou acidentais, acesso não-autorizado e perda de comunicação.

Há algumas funções de gerência de rede que não foram colocadas como funções da OAM&P (Operations, Administrations, Maintenance and Provisioning), como podem ser observadas abaixo:

- ✓ Planejamento – Realiza um conjunto de processos que permite a adequada instalação de recursos para especificar, desenvolver e organizar os serviços na rede, em resposta à previsão de fornecimento de serviço e requerimentos dos usuários finais;
- ✓ Gerência da Força de Trabalho – Planeja e controla as atividades operacionais, distribui toda a carga de trabalho, pessoal e ferramentas utilizadas na gerência da rede;
- ✓ Gerência de Material – É responsável pela aquisição, controle e armazenamento de equipamentos usados para instalação e reparo da rede.

3.2.1. Arquitetura Física e seus Componentes

A TMN é representada por alguns blocos (ver tabela 3.1 e figura 3.2) que fornecem toda a incorporação das ordens de gerência e as funções TMN, sendo estes blocos implementados em uma variedade de configuração física. O diagrama da figura 3.2 mostra uma arquitetura física simplificada para a TMN. Esta arquitetura física deve prover os modos de transportes e as informações relatadas dos processos para a rede de gerência de telecomunicações (Sahin, Cap3. do Aidarous &Plevyak, 1994).

Devido à natureza complexa de alguns elementos de telecomunicações, o aumento do uso de microprocessadores e a distribuição de funcionalidades dentro das várias partes da rede, podem não cobrir completamente todas as possíveis configurações físicas que podem ser encontradas.

Tabela 3.1 – Componentes Funcionais da TMN

Componente do Sistema	Descrição
OS (Operation System)	Tem a função de desempenho do sistema de operação, incluindo a monitoração das operações e controle das funções de gerência de telecomunicações.
DCN (Data Communications Network)	O DCN é a rede de comunicações dentro da TMN. O DCN representa as leis de 1 a 3 do OSI.
MD (Mediation Device)	Mede o desempenho das interfaces local da TMN e o modelo de informação do OS. Esta função de medição pode ser implementada através da hierarquia de cascata dos MDs.
WS (Workstation)	Traduz as informações entre o formato TMN e o formato de display para o usuário.
NE (Network Element)	Contém as informações tratáveis que são monitoradas e controladas pelo OS. Para ser gerenciado na TMN, o NE deve possuir uma interface padrão. Caso não possua esta interface, o NE ainda pode ser gerenciado através do adaptador de interface Q.
QA (Q-adapter)	Habilita a gerência dos NE que não possuem a interface padrão TMN, efetuando a tradução entre a interface TMN e a interface não TMN.

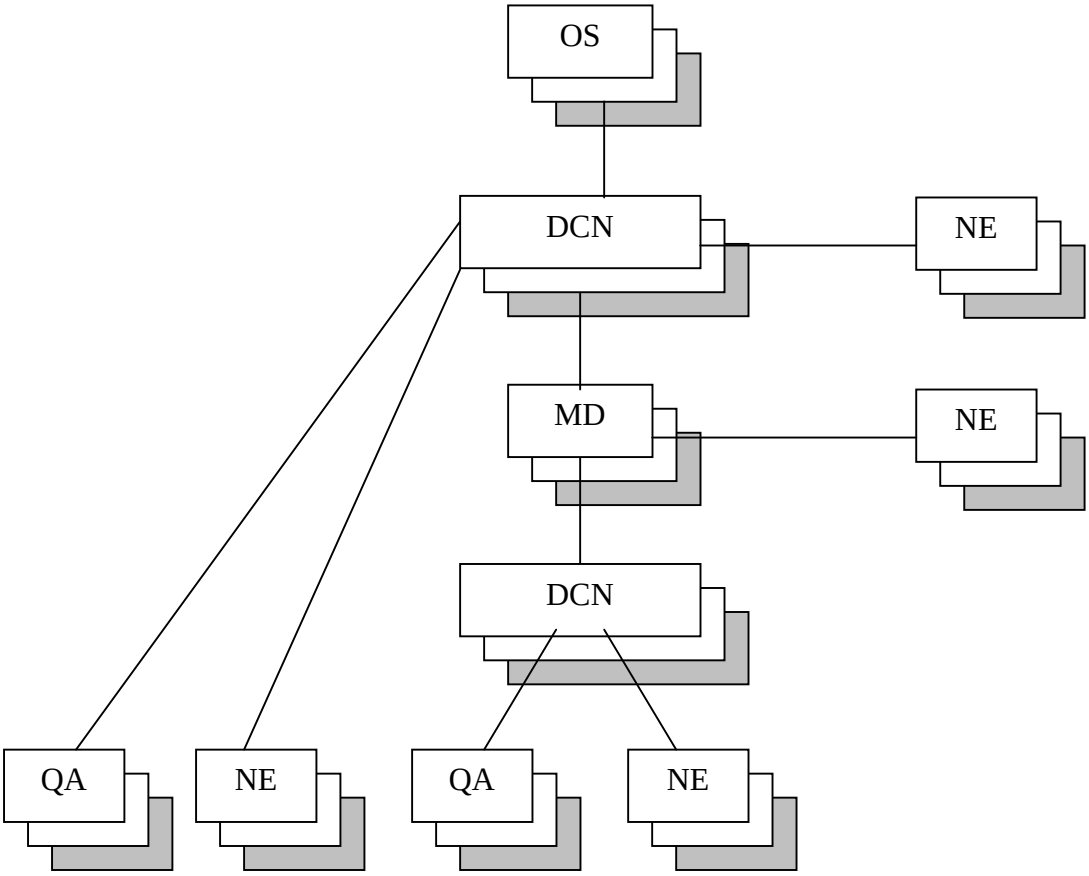


Figura 3.2 – Arquitetura física da TMN simplificada

3.2.2. Interfaces Padrões da TMN

Segundo Sahin (Cap.3, Aidarous & Plevyark, 1994), as interconexões entre os NEs, OSs, WSs, QAs e MDs via DCN são efetuadas por interfaces padronizadas que requerem protocolos de comunicação compatíveis, incluindo a compatibilidade de mensagens genéricas definidas para toda a gerência TMN, e funções de planejamento, independente do tipo de dispositivo ou fornecedor.

As interfaces TMN são baseadas no conceito do modelo de referência OSI. Os protocolos de comunicação especificados para esta interface seguem as recomendações da série X.200. Abaixo, se encontram listadas as interfaces utilizadas (ITU-T, 1994):

- ✓ Interface Q_x – Suporta um pequeno conjunto de funções usando um protocolo simplificado de pilhas (*stack*), apropriado para os elementos de rede que requerem poucas funções OAM (Operations, Administrations and Maintenance), tais como, relatar mudanças nos estados de alarmes, *reset* de alarmes e controle de *loopback*. Este protocolo simplificado requer a utilização de, pelo menos, as leis 1 e 2 do modelo OSI. A interface Q_x com protocolos complexos de pilhas permite um suporte a um conjunto

maior de funções OAM e requer os serviços dos protocolos adicionais da lei 3 ou superior, até a lei 7 (quase semelhante ao Q_3) do modelo OSI, sendo geralmente usados em NEs em MDs mais complexos.

- ✓ Interface Q_3 – Suporta um conjunto complexo de funções e exige muitos protocolos de serviços para suportar estas funções. Este protocolo requer que cada um dos conjuntos das funções de OAM devam ser suportados com a seleção de protocolos das leis de 1 a 7, como definida pelo modelo de referência OSI (recomendação X.200 do ITU-T).
- ✓ Interface X – suporta um conjunto de funções de OS para OS entre TMNs ou entre a TMN e outro tipo de rede de gerência, sendo requeridos muitos tipos de protocolos de serviços para suportar estas funções. O protocolo requerido para cada função OAM tem como suporte as leis de 1 a 7 definidas na T1.217. As mensagens e os protocolos definidos para a interface X podem ser adequados para uso da interface Q3 entre OS.
- ✓ Interface F – Suporta um conjunto de funções para conexão das Workstations através das DCN.

3.3. SISTEMA DE GERENCIAMENTO CELULAR – CMOS

A família CMOS (Cellular Management System) é um produto Ericsson destinado a auxiliar o gerenciamento de uma rede celular, sendo composto pelos elementos:

- ✓ CMS 20 OSS – Gerencia o padrão GSM.
- ✓ CMS 88 OSS – Gerencia os padrões AMPS, D-AMPS, TACS.
- ✓ CMS 30 OSS - Gerencia o padrão PDC.
- ✓ CMS 40 OSS - Gerencia o padrão PCS.

Neste trabalho, será utilizado o CMS 88 OSS no gerenciamento do padrão AMPS e D-AMPS. A plataforma OSS/CMOS é baseada no hardware *Sun Microsystem* e no sistema operacional da *Sun*, uma versão do sistema operacional UNIX que obedece ao padrão denominado *motif*. Na figura 3.3 é mostrado um diagrama do OSS/CMOS:

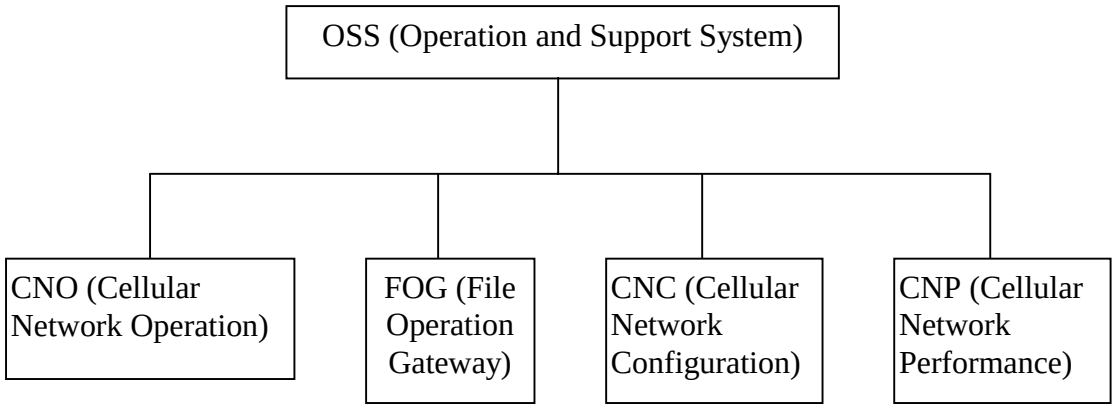


Figura 3.3 – Arquitetura do OSS/CMOS

3.3.1. Operação da Rede Celular – CNO

O CNO é a unidade de aplicação que fornece ao operador as funções de gerência de falhas, operação e manutenção dos elementos de rede, tendo as seguintes funções primárias:

- ✓ Manuseio de Comandos – Permite aos operadores a comunicação entre vários elementos da rede e o envio de comandos para os mesmos;
- ✓ Gerenciamento de Falha – Possibilita a supervisão de alarmes, fornecendo informações para análise dos problemas;
- ✓ Administração e Autorização do Sistema – Permite ao operador gerenciar e administrar o CNO.

A operação da rede celular é feita através de duas ferramentas, o *Command Handling* e o Aplicativo de Gerência de Falhas (FMA). O *Command Handling* possibilita o usuário enviar os comandos MML para o elemento de rede gerenciado, para que o mesmo possa ser analisado e testado remotamente, facilitado a sua manutenção.

O Aplicativo de Gerência de Falhas habilita o operador a gerenciar os elementos da rede, possibilitando o recebimento dos alarmes gerados na ocorrência de falhas destes.

3.3.1.1. Fault Management Expert – FMX

A funcionalidade do FMX incorpora o conhecimento do especialista na gerência de falhas do TMOS para reduzir e/ou aumentar as informações apresentadas nos alarmes. Esta ferramenta é capaz de automatizar procedimentos de correção de falha, alterar ou ignorar alarmes, criar novos alarmes, automatizar execução de ações (incluindo sistemas de comandos de operações), coletar informações da rede, etc.

O FMK (*Fault Management Kernel*) é a parte da gerência de falhas que recebe os alarmes da unidade de adaptação de alarme, que supervisiona o sincronismo das informações dos alarmes recebidos no TMOS com as informações geradas nos elementos da rede, e coloca estes alarmes num formato padronizado, atualizando o banco de dados do *Alarm List* e do *Alarm Log*, sendo este processo executado pelo *Fault Management Handler* (ver figura abaixo). O *Alarm List* armazena todos os alarmes dos objetos gerenciados que estão ativos no sistema. O *Alarm Log* tem a função de armazenar os alarmes que ocorreram no sistema (ativos ou não) dentro de uma janela de tempo pré-determinada.

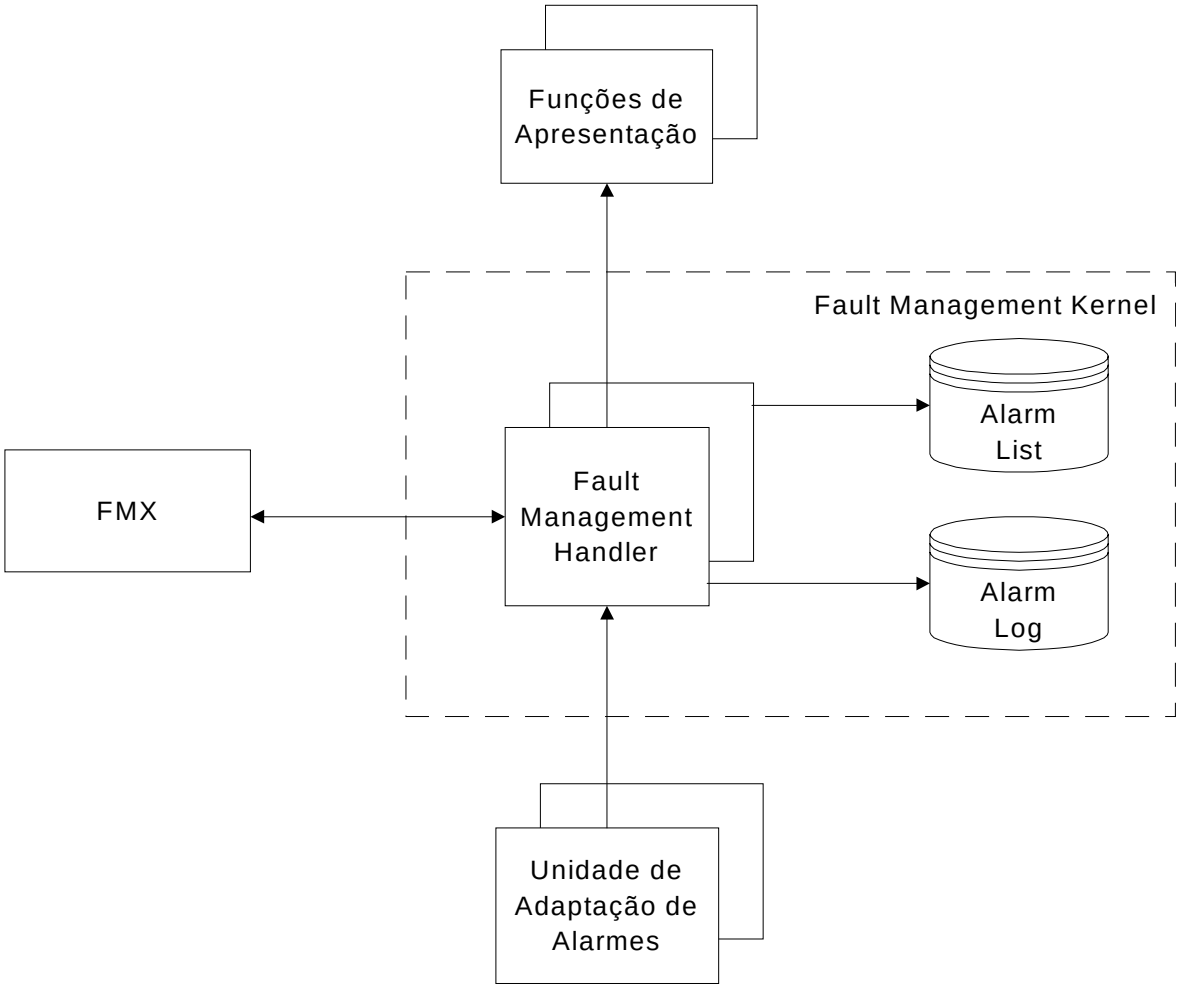


Figura 3.4 – FMX na arquitetura da gerência de falhas do CMOS

O FMK examina todos os alarmes que chegam, caso alguns destes satisfaçam os critérios pré-estabelecidos, são enviados para o FMX processá-los. Dependendo do tipo de processamento especificado, estes alarmes podem ou não serem escritos nos bancos de dados do *Alarm List* e/ou *Alarm Log*.

As ações executadas pelo FMX são definidas por regras de decisões que representam o conhecimento dos especialistas no domínio da gerência de falhas. A lógica das regras é expressas em blocos na forma clássica de fluxograma, ou seja, representações esquemáticas de uma seqüência de operação com entradas, procedimentos, decisões, condições e saídas. Os blocos utilizados são parecidos com a representação gráfica do ITU-T para SDL (ITU-T, 1999) como pode ser observado na figura abaixo.

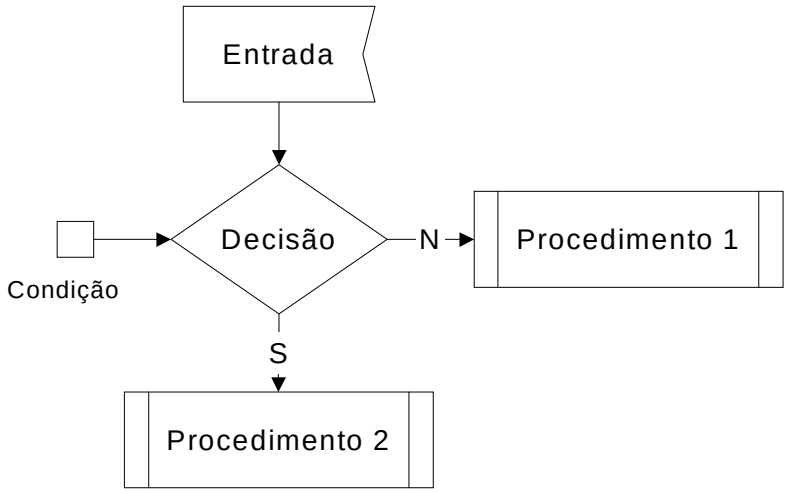


Figura 3.5 – Exemplo de fluxograma

3.3.2. Mediador para Operação de Arquivos – FOG

É uma aplicação que fornece acesso automático a qualquer arquivo contido na CCC, permitindo ao usuário transferir, processar e administrar os arquivos de uma central Ericsson.

3.3.3. Configuração da Rede Celular – CNC

É uma unidade de aplicação do OSS/CMOS que fornece ao usuário uma interface para gerenciar a introdução de novas células e o ajuste dos parâmetros da célula, eliminando o uso de comandos MML para a maioria das aplicações. Abaixo, estão listadas as funções do CNC:

- ✓ Gerenciar objetos;
- ✓ Atualizar e fazer auditorias das mudanças da rede;
- ✓ Checar a configuração da rede móvel;
- ✓ Criar base de dados com informações de todos os objetos gerenciados;
- ✓ Emular configurações na rede.

3.3.4. Desempenho da Rede Celular – CNP

Permite ao operador da rede as ferramentas necessárias para programar, analisar e reportar medições de desempenho diretamente do sistema CMS 88. A seguir, são apresentadas as facilidades que o CNP fornece:

- ✓ Medição Contínua – Monitora a qualidade de serviço oferecido durante um período de tempo pré-determinado;
- ✓ Registro Instantâneo – É usada como uma ferramenta ao gerenciamento de falha;
- ✓ Compressão e Retenção de dados – Permite comprimir os dados armazenados e estabelecer o tempo em que os dados coletados na medição devem ser mantidos;
- ✓ Geração de Base Histórica de desempenho da Rede.

3.4. FUNCIONAMENTO DA ERB 884 MACRO

A ERB 884 macro LP tem a máxima potência de transmissão de 10W, suporta recepção com diversidade de espaço em dois ramos, possui uma única antena para transmissão do sinal de RF e utiliza um sinal digital PCM (E1 ou T1) como meio de comunicação entre a CCC e a ERB, como pode ser observado no diagrama de bloco da figura 3.6.

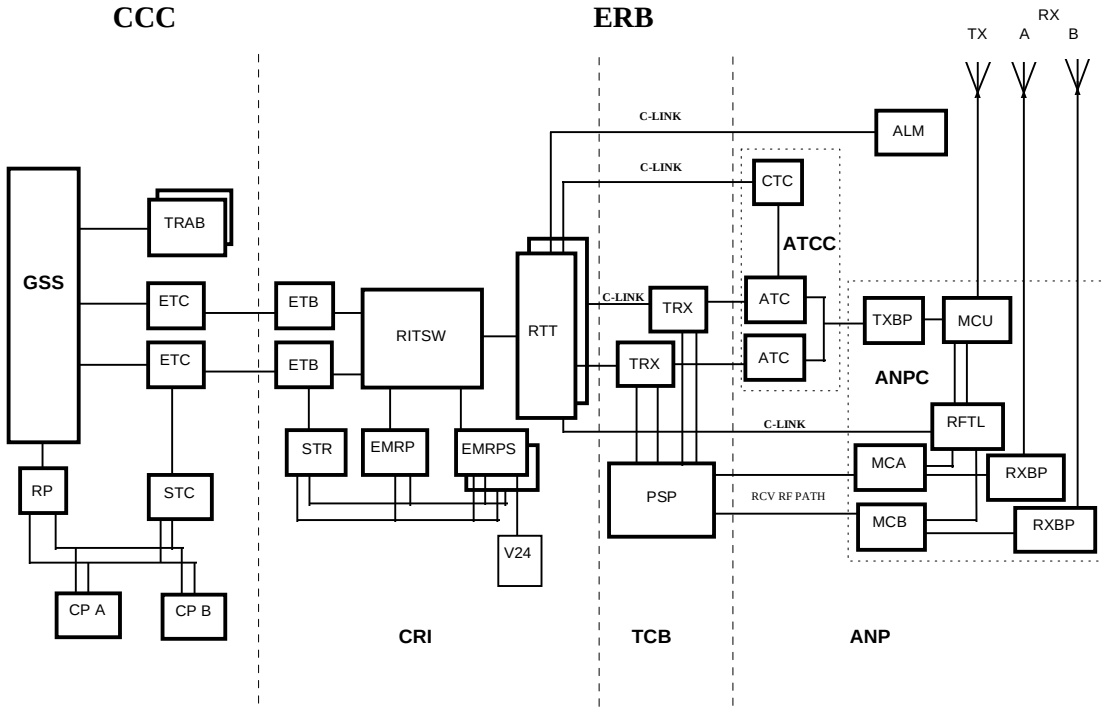


Figura 3.6 – Diagrama de bloco da ERB 884

Uma explicação mais detalhada do funcionamento desta ERB será apresentada no item 5.1.

3.5. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A ERB 884 ao detectar alguma falha, envia um alarme para o CMOS indicando a ocorrência desta. Este alarme é recebido através do software ALP. Uma característica desta ERB é que a mesma envia um alarme para cada problema detectado, mesmo que este problema seja conseqüência de uma outra falha. Desta forma, o ALP recebe vários alarmes em conseqüência disto.

O elevado número de alarmes desnecessários recebidos diminui o tempo de detecção/reparo da falha. Em conseqüência disto, o analista de falha gasta um certo tempo para filtrar os alarmes recebidos e detectar a provável causa principal da falha. Porém, o CMOS disponibiliza uma ferramenta chamada FMX (Fault Management Expert) que permite uma hierarquização das falhas recebidas efetuando uma análise prévia definida pelo usuário antes de enviar o alarme recebido para o ALP, podendo minimizar o número de alarmes recebidos.

Agora, será apresentado um exemplo de ocorrência de uma falha na ERB 884. Caso um EMRP-1-A do tipo EMRPS falhe, será enviado um alarme EMG FAULT para o CMOS indicando a ocorrência desta. Considerando que este EMRP controle 4 TRXs, sendo que 2 TRXs desempenhem a função de canal de voz analógico e 2 TRXs desempenhem a função de canal de voz digital. Então, também será recebido no ALP um alarme MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION para a falha no canal analógico e outro para indicar a falha no canal digital, ou seja, teremos três alarmes para uma falha no EMRP-1-A.

Outra situação seria este EMRP controlar 1 TRX que desempenha a função de canal de voz analógico, 1 TRX que trabalhe como um canal de controle analógico, 1 TRX que desempenhe a função de canal de voz digital (3 canais digitais) e 1 TRX tenha a função de canal de controle digital (neste TRX deve ser levado em consideração que o mesmo também desempenhe a função de canal de voz digital, pois um TRX pode ter a função de três canais digitais no padrão D-AMPS). Assim, caso este EMRP falhe, o ALP irá receber um alarme EMG FAULT, dois alarmes de MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION e dois alarmes de MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION.

Considerando que a ERB tenha um único setor, possua apenas um link de 2Mbps e ocorra uma falha no meio de transmissão, a ERB ficará sem receber este link, ocasionando a sua paralisação. Neste caso, o ALP receberá os alarmes DIGITAL PATH FAULT SUPERVISION, EMG CONTROL DOWN, EMG FAULT, MOBILE TELEPHONY VOICE

CHANNEL SUPERVISION, MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION, dois alarmes BLOCKING SUPERVISION (um para a rota digital e outro para a analógica) e um alarme SEMIPERMANENT CONNECTION FAULT, para cada ligação semipermanente entre o canal digital e o MBTRAC na central.

Desta forma, o analista de falha terá que tratar um considerável número de alarmes antes de solucionar a falha. Mas, se o tratamento destes alarmes forem efetuados automaticamente, o trabalho do analista seria reduzido e a solução do mesmo seria mais rápida.

4. O MODELO

Neste capítulo é proposto um modelo para a manutenção baseado na correlação de alarmes. Esta técnica é uma adaptação da metodologia RCM, utilizando a correlação de alarmes para a seleção de tarefas de manutenção em equipamentos interligados em rede que podem ser gerenciados a distância.

Esta proposta é uma importante ferramenta capaz de permitir que, a princípio, quaisquer destes métodos ou algoritmos estudados no item 2.3.2 podem ser adotados agora para fazer a correlação de alarmes na rede.

4.1. MANUTENÇÃO BASEADA NA CORRELAÇÃO DE ALARMES

Conforme já foi enfatizado anteriormente (ver item 2.4.2), não existe uma solução única que seja a melhor para resolver o problema genérico de correlação de alarmes, sendo necessário muitas vezes o uso de uma combinação de métodos e algoritmos diferentes (Meira, 1997).

Alguns requisitos são essenciais para que se possa implementar o uso da correlação na manutenção, sendo o principal deles a disponibilização dos alarmes em tempo real num centro de gerência. É também necessário atender aos seguintes requisitos gerais:

- ✓ Facilidade de adaptação ao sistema de gerência de rede existente;
- ✓ Facilidade de modelagem técnica dos dados;
- ✓ Facilidade de adaptação a mudanças na rede;
- ✓ Uso de paralelismo e distribuição funcional como forma de obter desempenho satisfatório;
- ✓ Capacidade de lidar com a incerteza, levando em consideração os dados incompletos e inconsistentes, mantendo níveis aceitáveis de precisão.

4.2. DESCRIÇÃO DO MODELO

Um bom modelo deve esconder os aspectos de um sistema que são irrelevantes para um dado objetivo, preservando apenas os aspectos necessários à compreensão do fenômeno em estudo (Meira, 1997).

De maneira geral, o modelo deve contemplar as seguintes questões básicas:

- ✓ Estabelecer pontos de seleção e classificação de projetos;
- ✓ Definição clara dos requisitos e pontos de entrada e saída;
- ✓ Uniformização da conclusão do projeto;

- ✓ Procedimento de entrada de atividade nas áreas;
- ✓ Uso de tarefas padronizadas no planejamento da manutenção;
- ✓ Caracterização dos procedimentos de rotina;
- ✓ Maior rastreabilidade da falha e fortalecimento da documentação;
- ✓ Estabelecimento de um sistema de decisão para a avaliação da falha raiz;
- ✓ Estabelecimento das tarefas de manutenção para a solução do problema de maior evidência.

Utilizando como base a estrutura do processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), foram feitas as adaptações necessárias para inserir a correlação de alarme e obter como resultado a Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes. A estrutura para a aplicação deste método encontra-se descrita nos itens subseqüentes.

4.2.1. Passo 1: Seleção de Sistema e Coleta de Informações

Inicialmente, serão adotadas algumas definições de Smith (1993) que descrevem os níveis de montagem na qual este processo de análise será conduzido:

- ✓ Peça – Menor nível que o equipamento pode ser desmontado sem problemas ou destruição do item envolvido. Como exemplo, têm-se microprocessadores, roda dentada, resistores, etc.
- ✓ Componente – É um grupo ou coleção de pedaços de peça, dentro de algum acondicionamento identificado, que desempenha a função menos significativa operando de forma independente. Como exemplo, pode-se ter módulos, placas de circuito, motores elétricos, etc.
- ✓ Sistema – Grupo lógico de componentes que desempenhará uma série de funções chaves que são requisitadas pela planta ou sistema. Por exemplo: rádio, multiplex, etc.
- ✓ Planta ou facilidade – Grupo lógico de sistema que junto provê um resultado (ex: eletricidade) ou produto (gasolina) através do processo e manipulação de várias entradas de materiais.

4.2.1.1. Seleção de Sistema

Após ser decidido qual o nível de montagem que será conduzido o processo de análise MBCA, pode ser utilizado o procedimento de seleção de sistema que determina os sistemas com o maior potencial benéfico, de acordo com o item 2.2.3 no passo 1 da metodologia RCM (itens de i a vi).

4.2.1.2. Coleta de Informações

Nesta fase do processo, será gasto um considerável tempo e esforço para a pesquisa e coleta de informações, podendo ser utilizado o manual do equipamento, especificações do equipamento, o histórico de falhas e a topologia da rede.

4.2.2. Passo 2: Definição das Fronteiras do Sistema

Devido à arquitetura da empresa em análise, os números de sistemas identificados na planta dependerão da complexidade da topologia da mesma. Inicialmente, os equipamentos que estão na rede serão analisados separadamente, para que se possa definir as fronteiras dos mesmos. A análise da influência de uma falha aos outros elementos da rede será abordada no passo 6.

De forma análoga ao RCM, as definições das fronteiras do sistema são importantes nesta análise para que se possa ter um conhecimento preciso de quais funções do sistema são potencialmente importantes de forma que não exista sobreposição de funções. Devem ser relatados os equipamentos de suporte e também definidas as interfaces de entrada e saída.

4.2.3. Passo 3: Descrição do Sistema e Diagrama de Bloco Funcional

O procedimento deste passo é semelhante ao RCM, onde são identificados e documentados os detalhes iniciais de cada um dos sistemas que serão analisados, sendo necessário utilizar as informações abaixo:

- ✓ Descrição do Sistema;
- ✓ Diagrama de Bloco Funcional;
- ✓ Interface de Entrada e Saída;
- ✓ Avaria na Estrutura de Funcionamento do Sistema;
- ✓ Histórico do Equipamento.

4.2.4. Passo 4: Funções do Sistema e Falhas Funcionais

Baseado na definição do sistema, será elaborada uma lista completa das funções de cada um destes sistemas. As interfaces de saída constituem uma fonte primária das funções do sistema em análise, idêntico ao RCM.

Após o término destas, o analista terá as informações para iniciar a definição das falhas funcionais, devendo ter como foco a preservação da função e não a do equipamento.

4.2.5. Passo 5: Análise do Alarmes Gerados

Para cada falha funcional, descrita no passo anterior, poderá existir um ou mais alarmes que indiquem este problema. O analista deve descrever cada um dos alarmes recebidos que

serão utilizados na correlação de alarmes (ver passo 6, item 4.2.6) e as causas que podem ocasionar estes defeitos. O analista pode obter estas informações no histórico do equipamento (passo 3), conhecimento a priori do especialista e nas documentações dos modos de falhas. Deve ser preenchida a matriz de alarmes x falhas funcionais (ver figura 5 do anexo 3) para cada um dos equipamentos analisados na rede.

4.2.6. Passo 6: Correlação dos Alarmes

De acordo com Meira (1997), vários requisitos são indispensáveis para que se possa implementar a correlação de alarme numa rede. O principal deles é a disponibilização do alarmes em tempo real no centro de gerência.

Conforme foi visto no item 2.4.2, não há uma solução única que seja a melhor para resolver o problema genérico de correlação de alarmes, sendo algumas vezes necessário o uso de uma combinação de métodos e algoritmos diferentes. A técnica utilizada neste trabalho será a Correlação Multi-focal Recursiva, que permite o uso combinado destes diferentes métodos e algoritmos de correlação e atende a todos os requisitos gerais apresentados.

Segundo Meira (1997), este método consiste em particionar a rede em diversas sub-redes, cada uma consistindo num foco de correlação, levando em consideração o relacionamento funcional entre as sub-redes à propagação dos efeitos das falhas. Diversos processos de correlação poderão ser executados em paralelo e a quebra do problema em diversos subproblemas menores implica na redução da complexidade do problema resultante.

Em cada foco pode-se, a princípio, utilizar uma técnica de correlação diferente. Abordagens mais simples, baseadas em regras, por exemplo, podem ser utilizadas nos níveis mais baixos, enquanto que outras mais elaboradas, redes bayesianas, que incorporam o conhecimento a priori dos especialistas, podem ser utilizadas onde os fatores complexidade computacional e incerteza são mais relevantes.

O termo *correlação recursiva* deve-se ao fato que cada foco resultante do particionamento, o princípio da *multifocalidade* pode ser recursivamente utilizado até que cada foco corresponda a um único elemento de rede. O resultado obtido por cada foco é passado para o nível superior, onde pode ser feita nova correlação. Para cada nível, além de serem definidos os focos de correlação, devem ser definidos os relacionamentos funcionais entre eles.

4.2.7. Passo 7: Seleção de Tarefa

Agora será determinada para cada alarme recebido, após o processamento efetuado no passo 6, a tarefa de manutenção que terá o maior probabilidade de solucionar a falha ocorrida. Esta manutenção procurará resolver a falha no elemento de rede causador do problema.

Após a resolução do problema do citado elemento, os alarmes suprimidos irão surgindo até que seja solucionado o problema de todos os demais elementos de rede, melhorando o desempenho do operador na solução das falhas na rede.

4.3. LIMITAÇÕES DA CORRELAÇÃO DE ALARMES

As limitações desta consistem num pré-processamento dos alarmes, contribuindo para reduzir o número de alarmes e permitindo que, através de um processo subseqüente de correlação dos alarmes remanescentes, possibilite a identificação das falhas ocorridas num intervalo de tempo definido ou num segmento específico da rede gerenciada.

4.3.1. Limitação Temporal

Consiste em definir uma janela de tempo, podendo ser fixa ou deslizante, para os alarmes considerados na correlação. O tempo a ser considerado pode ter como referência a ordem de chegada dos alarmes ou a hora em que estes foram gerados. Em caso de ser adotado a ordem de chegada, deve ser especificado o atraso máximo permitido para a chegada do alarme.

4.3.2. Limitação Espacial

A limitação espacial define o espaço físico no qual serão considerados os alarmes para a correlação, podendo esta área ser, por exemplo, uma região de operação, uma estação, uma rota, um equipamento.

4.3.3. Limitação Funcional

Seleciona do conjunto de alarmes original, os alarmes emitidos por um dado segmento funcional da rede, ou seja, uma sub-rede ou um elemento de rede, para que um processo de correlação posterior leve em consideração apenas os alarmes originários desta sub-rede em questão.

4.3.4. Limitação por Grau de Severidade

Considera os alarmes que se enquadram na faixa de grau de severidade especificada pelo ITU-T na recomendação X.733.

5. ESTUDO DE CASO 1

Este capítulo aborda o problema que foi descrito no item 3.5, utilizando o modelo que foi apresentado no capítulo 4, visando diminuir o número de alarmes recebidos através do software ALP que é utilizado na gerência de rede em análise.

A rede na qual será utilizado este modelo, possui uma arquitetura simples. Por isso neste primeiro estudo de caso a correlação multi-focal recursiva irá utilizar a correlação baseado em regras nesta rede (ver figura 5.1).

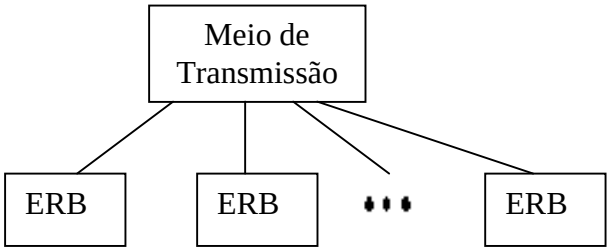


Figura 5.1 – Digrama da rede analisada

5.1. APLICAÇÃO NUMÉRICA

Agora será efetuada uma aplicação numérica da metodologia MBCA na ERB 884 macro LP, considerado apenas os alarmes que apresentem a ocorrência de falha no sistema, não analisando os alarmes que indiquem falha na qualidade do sistema.

5.1.1. Passo 1: Seleção de Sistema e Coleta de Informações

A empresa em que será aplicado este processo, utiliza o meio de transmissão alugado de uma prestadora de serviços de telecomunicações. Devido a este fato não será possível se aprofundar na topologia da rede de transmissão quando iniciar o processo de Seleção de Sistema e Coleta de Informações. Também será considerado que a fonte de alimentação elétrica encontra-se em perfeito funcionamento.

5.1.1.1. Seleção de Sistema

O processo MBCA será conduzido até o nível de montagem de componente para a ERB e sistema para o meio de transmissão. A ERB 884 Macro pode ser convenientemente descrita em três sistemas majoritário:

- ✓ A interface de Controle – contém unidades para comunicação com a CCC através da rede de transmissão, sendo responsável pelo controle dos outros equipamentos na ERB e provê referência de freqüência estável.

- ✓ Interface de Rádio – contém transmissores (TRX), os divisores de potência de recepção e unidades de ventilação.
- ✓ Interface de antena – contém os combinadores auto-sintonizados (ATCs) que são usados para combinar as saídas de transmissão dos transceptores, os filtros de transmissão (TXBP), os filtros de recepção (RXBP), monitora os sinais de RF e recebe os alarmes externos.

5.1.1.2. Coleta de Informações

No caso do meio de transmissão, devido ao mesmo ser alugado não há necessidade de coletar informações sobre o equipamento utilizado.

Baseado nas informações contidas nos manuais da ERB foram levantadas algumas informações básicas sobre as características do equipamento em análise.

Este equipamento usa tecnologia de combinador auto-sintonizado para combinar sinais transmitidos pelos transceptores. Esta tecnologia permite o estabelecimento remoto de freqüência e prepara para futuras funções da rede de rádio como Alocação Adaptativa de Canal (ACA). Esta ERB também suporta uma ampla gama de funções de Operação e Manutenção (O&M) avançadas, tais como:

- ✓ Comissionamento, controle e supervisão remotos;
- ✓ Recuperação automática após falhas sérias ou perda de carga;
- ✓ Capacidade para remover e substituir placas com a alimentação ligada, hot repair;
- ✓ Backup automático do canal de controle (MCC/MDCC), verificação digital (MVER) e receptor de intensidade de sinal (MLOC);
- ✓ Supervisão de alarmes externos usando a placa ALM (Alarm Module);
- ✓ Estabelecimento preciso da potência de saída em dBm usando a placa RFTL (Loop de Teste de Rádio Frequencia);
- ✓ Alarme de onda estacionária (VSWR) usando o RFTL (Radio Frequency Test Loop);
- ✓ Medição da intensidade de sinal recebido dos transceptores usando o RFTL.

Esta ERB suporta recepção com diversidade de espaço em dois ramos, combinando as entradas de freqüência de rádio de duas antenas separadas em espaço, formando um sinal de saída balanceado. O uso de diversidade de recepção melhora a performance de rádio do uplink reduzindo o impacto do desvanecimento.

O uso de codificadores de voz na CCC aumenta muita a eficiência de transmissão combinando três caminhos de voz TDMA (Time Division Multiple Access) em um único slot PCM.

Abaixo (figura 5.2) pode ser visto um diagrama de bloco do equipamento em análise, ERB 884 Macro LP (por simplicidade, esta ERB será chamada de agora em diante de ERB 884):

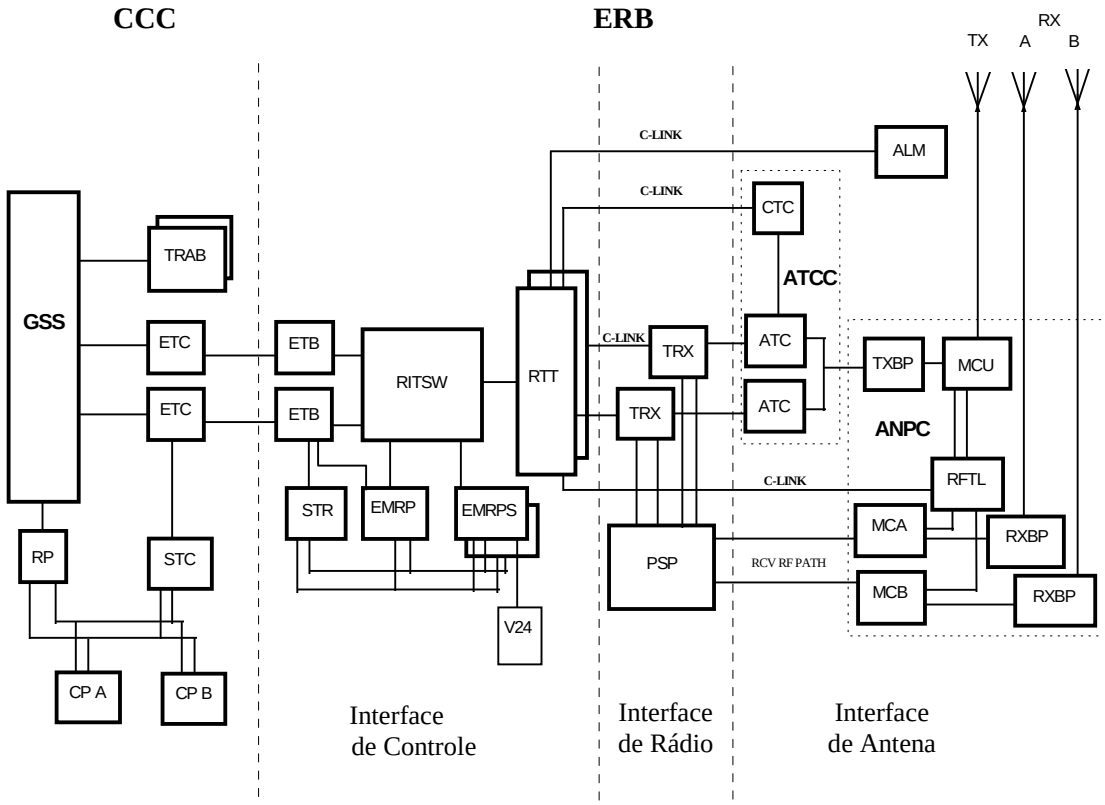


Figura 5.2 – Diagrama de bloco da ERB 884

5.1.2. Passo 2: Definição dos Sistemas de Fronteira

Para definição dos sistemas de fronteira nas ERBs, serão levadas em consideração a interface de controle, a interface de rádio e a interface de antena que pode ser observada na figura 5.2.

5.1.2.1. Equipamentos Majoritários da Interface de Controle:

- ✓ ETB (Exchange Terminal Board);
- ✓ STR (Signaling Terminal Regional);
- ✓ EMRP (Extension Module Regional Processor);
- ✓ EMRPS (Extension Module Regional Processor Speech);
- ✓ RTT (Radio Transceiver Terminal);
- ✓ RITSW (Remote Interface Time Switch).

5.1.2.2. Fronteiras Físicas Primárias da Interface de Controle:

- ✓ Link de 2Mbps
- ✓ C-Link (Control Link)
- ✓ Interface V.24
- ✓ Alimentação DC

5.1.2.3. Equipamentos Majoritários da Interface de Rádio:

- ✓ TRX (Transceiver);
- ✓ PSP (Power Splitter);
- ✓ Ventiladores.

5.1.2.4. Fronteiras Físicas Primárias da Interface de Rádio:

- ✓ Cabos;
- ✓ C-Link (Control Link).

5.1.2.5. Equipamentos Majoritários da Interface de Antena:

- ✓ ATC (Autotuned Combiner);
- ✓ CTC (Combiner Tuning Controller);
- ✓ TXBP (Transmitter Bandpass Filter);
- ✓ RXBP (Receiver Bandpass Filter);
- ✓ ALM (Alarm Module);
- ✓ RFTL (Radio Frequency Test Loop);
- ✓ MCA (Multicoupler Branch A);
- ✓ MCB (Multicoupler Branch B);
- ✓ MCU (Measuring Coupler Unit);

5.1.2.6. Fronteiras Físicas Primárias da Interface de Antena:

- ✓ Cabos Coaxiais;
- ✓ C-Link (Control Link);
- ✓ Guia de Onda.

A fronteira do meio de transmissão tem a função de servir de levar o sinal digital das ERBs para a CCC, assim a fronteira dele é constituída pela interface de entrada e saída do 2 Mbps.

5.1.3. Passo 3: Descrição do Sistema e Diagrama de Bloco Funcional

Pelo fato do meio de transmissão ser alugado não será efetuado uma descrição do sistema do mesmo. Também não será mostrado o seu diagrama de bloco funcional, pois este funciona como uma caixa preta que envia o 2Mbps da ERB para a CCC e vice-versa.

No caso da ERB, será efetuada a descrição nos itens subseqüentes.

5.1.3.1. Descrição do Sistema

a. Interface de Controle

Cabe a interface de controle provê as seguintes funções:

- ✓ Receber o enlace de transmissão da CCC;
- ✓ Controlar os outros órgãos da ERB;
- ✓ Fornecer uma referência de freqüência para a ERB;
- ✓ Interconectar por software os caminhos de voz entre os timeslots E1 e os transceptores;
- ✓ Prover a interface homem-máquina.

O sinal E1 é recebido na ERB pela placa Terminal de Central ETB que envia os timeslots de conversação para a Seletora Temporal de Interface Remota (RITSW) que comuta os timeslots de E1 de entrada para os timeslots de saída na placa Terminal de Transceptor de Rádio (RTT), que está conectada diretamente aos transceptores. Os transceptores convertem a banda base de conversação para freqüência de rádio e os externam via caminhos de RF (Rádio Freqüência).

O controle do equipamento é extraído na ETB (canal 16 para o E1) e enviado para a placa Terminal de Sinalização Regional (STR) que converte a informação e envia para o Processador Regional do Modulo de Extensão (EMRP) e as placas de Processador Regional do Módulo de Extensão para Conversação através do Bus de Processador Regional do Módulo de Extensão (EMRPB). O EMRP controla as placas RITSW e ETB, enquanto as placas EMRPSs controlam os equipamentos na Interface de Rádio e na Interface de Antena.

A seguir estão descritos cada um dos equipamentos pertencentes a esta interface.

- ✓ STR – Trata a sinalização de controle de/para a CCC usando o timeslot n.º 16 (E1), também recebe via backplane a sinalização de controle da ETB que é transmitida para o EMRP e para o EMRPS por meio do EMRP bus.

- ✓ EMRP – Controla via backplane a RITSW e a ETB. A EMRP em conjunto com a EMRPS formam um grupo de modulo de extensão (EMG – Extension Module Group) visto da CCC.
- ✓ ETB – É a interface entre o enlace duplex PCM da CCC ou de uma outra ERB (quando configurado em cascata utilizando o mesmo link PCM), tem a função de tratar os 32 timeslots, extraindo a sinalização de controle e enviando para o STR e conectando ou demais timeslots ao bus de conversação pela comutadora temporal (RITSW) através de ligações semipermanentes via software.
- ✓ EMRPS – Está conectado ao bus do EMRP e a RITSW, sendo responsável pelo controle dos TRXs (no máximo 8) ou os órgãos ANP (no máxiomo 32), podendo também controlar uma mistura destes órgãos. O EMRPS é um EMRP com interface de bus de conversação. Esta placa possui uma interface V.24 que pode ser utilizada para acessar a interface homem máquina da CCC.
- ✓ RTT – Provê oito saídas (C-Link) que são conectadas aos equipamentos em outros gabinetes que transportam os dados de controle e conversação para os TRXs via placa de conexão de dados (DCOM). O C-Link também é usado para transportar os dados de controle do o CTC no gabinete do combinador auto-sintonizado (ATC), da placa de alarme (ALM) e do RFTL na interface de antena.
- ✓ RITSW – Tem a função de comutação temporal e de fornecer o sincronismo que é retirado do 2Mbps recebido da ETB, sendo controlada pela EMRP via backplane. A RITSW estabelece as conexões semipermanentes entre o enlace de transmissão E1 e as RTTs (tráfego de voz) e entre as EMRPS e as RTTs (controle).
- ✓ Conversor DC/DC - Tem a função de fornecer as tensões de $+5V_{DC}$, $-5V_{DC}$ e $+24V_{DC}$ para as placas da interface de controle e a alimentação para o ventilador.

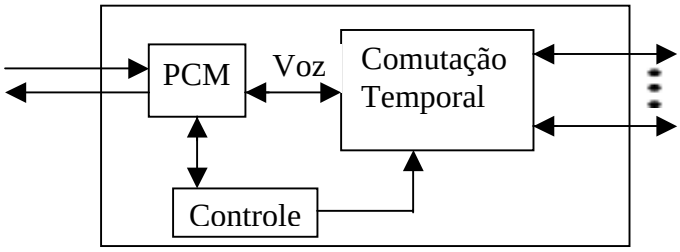


Figura 5.3 – Interface de Controle

b. Interface de Rádio

Esta interface tem a função de modulação/demodulação, codificação/decodificação do canal, sendo controlada pela interface de controle. Possui uma unidade ventiladora que consiste em dois ventiladores com alimentação separada por redundância, sendo controlado pela placa PFCOM que também trabalha em redundância. Abaixo temos a descrição de cada uma das placas que compõem esta interface.

- ✓ TRX – Recebe o sinal de RF através da PSP e tem a função de codificação/decodificação do canal, modulação/demodulação, amplificação de potência, combinação da diversidade, para efetuar o tratamento do canal de 30 khz.
- ✓ RMU – A unidade de adaptação de rádio (RMU) tem o mesmo formato do TRX e tem a função de evitar que ocorram perdas de ventilação nas posições sem o TRX, evitando o espaço vazio no bastidor.
- ✓ PSP – Tem a função de receber o sinal de RF da MCA e MCB e distribuir para o TRX via backplane.
- ✓ PFCOM – Possui a função de filtrar e conectar a alimentação a unidade ventiladora e a quatro grupos de TRXs, com até quatro TRXs em cada grupo.
- ✓ DCOM – Recebe as conexões C-Link que vem do RTT e distribui via backplane para os TRXs (máximo 8).

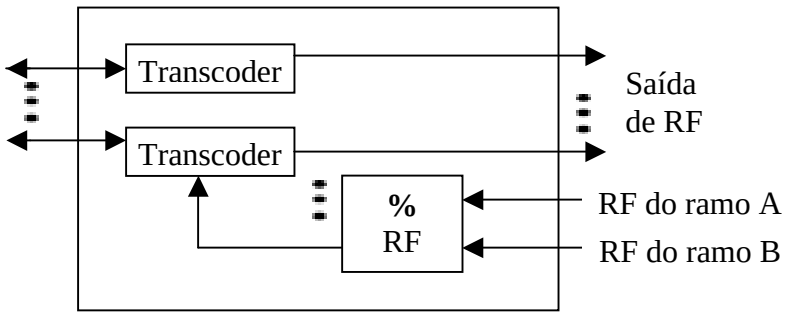


Figura 5.4 – Interface de Voz

c. Interface de Antena

As saídas de transmissão dos transceptores são conectadas às unidades do combinador auto-sintonizado (ATC) que combina os sinais de até 24 (LP) transceptores em uma única saída, passando através de um filtro passa-faixa de transmissão (TXBP) e unidade acopladora de medição (MCU), depois este sinal é externado para a antena. O MCU atua como uma interface para o RFTL que executa vários testes nos sinais de RF, como medição de potência direta e refletida.

As duas entradas provenientes das antenas de recepção são primeiramente passadas através de um filtro passa-faixa de Recepção (RXBP), sendo enviadas às unidades Multiacopladoras A e B, onde são amplificadas e compensadas quanto às perdas nos Divisores de Potência. As saídas dos multiaclopadores são alimentadas para os Divisores de Potência (PSP) que distribuem os sinais para os transceptores. Cada transceptor recebe ambos os ramos de recepção A e B demodulam o sinal para a banda base.

A seguir se encontram descritos cada um dos equipamentos pertencentes a esta interface:

- ✓ ATC – É uma cavidade, guia de ondas, que possui um sistema de auto-ajuste de freqüência do sinal de entrada, utilizando um motor de passo sendo controlado pelo CTC.
- ✓ CTC – É responsável pela sintonia de cada combinador (ATC), sendo controlado através de um C-Link que o liga para o RTT.
- ✓ RXBP – O RXBP compreende dois filtros passa-faixa de recepção, um para cada ramo, que recebem o sinal de RF vindo da antena.
- ✓ TXBP – É um filtro passa-faixa que provê uma proteção adicional de 15 a 20 dB na faixa de recepção contra os sinais espúrios vindos dos TRXs. Também possui uma saída de RF para o MCU.
- ✓ MCU – Direciona uma fração dos sinais transmitidos diretos e reverso para o RFTL efetuar as suas medições.
- ✓ ALM – Coleta os alarmes externos tais como fogo, bateria em descarga, falha em retificador, etc. Esta placa pode receber até 32 tipos de alarmes externos.
- ✓ RFTL – Tem a função de medir a potência de saída direta e reversa, habilitando a capacidade da ERB executar a sintonia fina da potência de saída do transmissor e também a supervisão do coeficiente de onda estacionária (VSWR).
- ✓ MCA e MCB – Possui a função de amplificar os sinais vindos da antena antes de distribuir para os PSPs nos ramos A e B e também envia uma fração deste sinal para a RFTL.

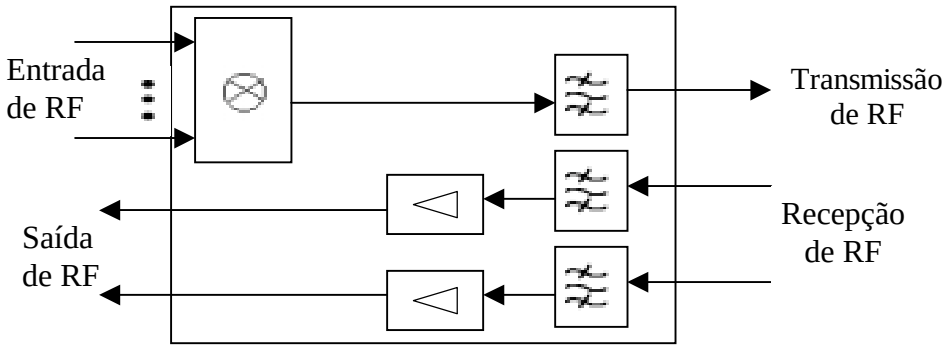


Figura 5.5 – Interface de Antena

5.1.3.2. Diagrama de Bloco Funcional

A figura 5.6 mostra o diagrama de bloco funcional da ERB 884 com os seus subsistemas.

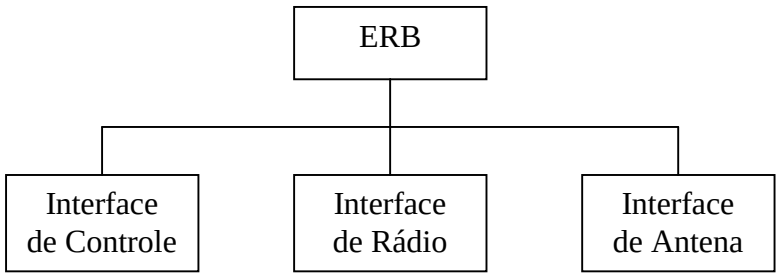


Figura 5.6 – Diagrama de bloco funcional

5.1.3.3. Histórico do Equipamento

Na empresa em análise, o histórico do equipamento não está disponível, pois a mesma não tinha controle sobre as falhas que ocorriam na planta. Assim, será necessário levar em consideração o conhecimento a priori do especialista.

5.1.3.4. Interface de Entrada/Saída

Abaixo estão apresentadas as interfaces que foram encontradas neste sistema baseado no conhecimento dos especialistas e nas informações contidas nos manuais de O&M do equipamento em análise.

a. Interface de Entrada

- ✓ Link PCM – Sinal de 2Mbps vindo da CCC com voz e sinalização.
- ✓ Tensão DC – Tensão de –24V vinda do retificador para alimentar a ERB ou do banco de baterias.

- ✓ Alarmes Externos – Alarmes que podem ser enviados para a CCC indicando falha em equipamentos externos, tais como, falha em retificador, falha em ar condicionado, falta de energia, etc.
- ✓ RF de Entrada – Recebe o sinal das EMs para possibilitar o serviço de comunicação móvel.

b. Interface de Saída

- ✓ Sinal de RF – Canais de RF que a ERB disponibiliza na interface de ar para prover uma área geográfica de cobertura, possibilitando a comunicação celular.
- ✓ Sinal PCM – Sinal de 2Mbps da ERB para a CCC.

c. Interface Interna de Saída

- ✓ C-Link – Fornece uma conexão para controle da interface de rádio e a de antena.
- ✓ Conector de RF – Envia o sinal de RF do TRX para o ATC

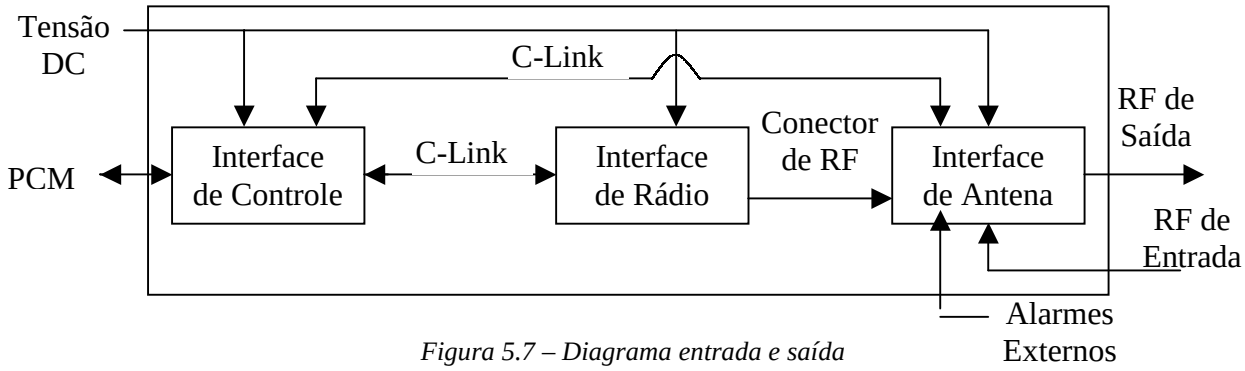


Figura 5.7 – Diagrama entrada e saída

5.1.4. Passo 4: Funções do Sistema e Falhas Funcionais

Neste estágio serão utilizadas as informações que foram desenvolvidas na descrição do sistema, interface de entrada/saída e no diagrama funcional, para especificar as funções do sistema e os padrões de falhas funcionais. Todo este esforço de listar as funções e falhas funcionais tem por objetivo, servir de guia para a correlação de alarmes e a seleção de tarefas (ver item 5.1.6 e 5.1.7, respectivamente).

Na tabela 5.1 é apresentada as informações sobre a ERB num formato estruturado com relação a função, falha funcional e descrição da falha funcional.

Tabela 5.1 – Funções do sistema, Falha funcional, Descrição da falha funcional

Função	Falha Funcional	Descrição da Falha Funcional
Envio das portadoras de RF para a interface de ar.	Envio da portadora atenuada	Diminuição do alcance do sinal.
	Diminuição das portadoras na interface de ar	Diminuição das portadoras na CGSA.
	Sem portadora na Interface de ar	Inexistência de CGSA.
Envio do sinal de PCM	Sem sinal PCM na saída	ERB sem comunicação com a CCC.
	Falha no CLC.	ERB sem comunicação com a CCC.

5.1.5. Passo 5: Análise dos Alarmes Gerados

No item 3.1 foi efetuada uma breve descrição do sistema celular, o CMOS (Cellular Management System) é o sistema responsável pelo gerenciamento das ERBs 884 (ver item 3.3). As falhas anteriormente citadas estão relacionadas a alarmes que são recebidos pelo Apresentador de Listagem de Alarme (ALP – Alarm List Presentation), que possui um significado específico para o operador analisar antes de efetuar a tomada de decisão sobre que procedimento será efetuado, portanto serão descritos abaixo, para a ERB 884, os alarmes recebidos quando ocorre uma falha funcional.

a.) EMG CONTROL DOWN – Indica que não está ativa a sinalização de controle para o EMG alarmado. Esta falha utiliza os parâmetros de exibição mostrado a seguir:

- ✓ EMG – Indica qual o nome o EMG está sem a sinalização de controle;
- ✓ SIDE – Indica que lado está com problema (A, ou B no caso de existir back-up);
- ✓ PART – Mostra qual parte está sem a sinalização de controle;
  - ➢ STR- $\begin{cases} A \\ B \end{cases}$;
  - ➢ RP – indica qual o processador regional (RP –Regional Processor) na central está sem a sinalização de controle.

b.) EMG FAULT – Indica que foi detectada a ocorrência de uma falha no EMRP ou no STR, tendo como parâmetro da falha o EMG, UNIT, STATE, onde:

- ✓ EMG – Indica qual o nome do EMG, que pertence a placa com falha;

- ✓ UNIT – Mostra qual unidade está com falha;
  - ➢ STR- $\begin{cases} A \\ B \end{cases}$, Para falha no terminal regional de sinalização;
  - ➢ EMRP-n-$\begin{cases} A \\ B \end{cases}$, Para falha no modulo de extensão regional;
- ✓ STATE – Indica o estado da unidade;
  - ➢ WORKING – Indica a ocorrência temporária de uma falha;
  - ➢ WORKING-EX – Indica a ocorrência temporária de uma falha na unidade executiva;
  - ➢ WORKING-SB – Indica a ocorrência temporária de uma falha na unidade standby (se existir esta unidade);
  - ➢ ABLOCK – Indica que houve o bloqueio automático desta unidade;
  - ➢ CBLOCK – Indica que ocorreu um bloqueio condicional nesta unidade.

c.) MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION – Este alarme é enviado quando ocorre distúrbio, bloqueio de hardware, bloqueio manual em canais de voz, causando um bloqueio percentual superior ao limite inferior ou superior de supervisão. Este limite é denotado por A1, indica que o número de canais bloqueados ultrapassou o limite superior de bloqueio de canais permitido. O alarme A2 indica que o número de canais bloqueados ultrapassou o limite inferior e se aproxima do limite superior. O alarme A3 indica que o número de canais bloqueados ultrapassou o limite inferior. A seguir são mostrados os parâmetros que são utilizados neste alarme.

- ✓ CELL – Mostra qual célula está com problema. No nome da célula está contido o nome do EMG e o tipo de setor (omni se termina com 0 ou setorizada se termina com 1, 2, ou 3);
- ✓ NCVC – Número total de canais de voz conectados;
- ✓ NDVC – Número de canais com distúrbio do número total de canais de voz conectados
- ✓ NHVC – Número de canais bloqueados por hardware do número total de canais de voz conectados;
- ✓ NMVC – Número de canais manualmente bloqueados no número de canais de voz conectados;
- ✓ REASON – Razão do alarme, que pode ser:

- NDVC (Disturbed Voice Channel) – Canais de voz com distúrbio;
- NHVC (Hardware blocked Voice Channel) – Canais de voz com bloqueio de hardware;
- NMVC (Manual blocked Voice Channel) – Canais de voz com bloqueio manual.

✓ TYPE – Indica o tipo de canal de voz, TYPE 1 para canal analógico de 1 a 666, TYPE 2 para canal analógico de 667 a 1023, TYPE 3 para canal digital.

d.) MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION – Este alarme é enviado quando ocorre o bloqueio de canal de controle ou canal MVER ou MLOC. Os parâmetros utilizados neste alarme encontram-se descritos abaixo:

✓ CELL – Indica qual é a célula com problema. No nome da célula está contido o nome do EMG e o tipo de setor (omni se termina com 0 ou setorizada se termina com 1, 2, ou 3);

✓ DEVTYPE (Device Type) – Indica o tipo de dispositivo com problema, que pode ser:

- CC (Control Channel) – Canal de controle analógico;
- DCCH (Digital Control Channel) – Canal de controle digital;
- SSR (Signal Strength Receiver) – Medidor de intensidade de sinal;
- VER (Verification Device) – Canal de verificação de sinal;

✓ NBD (Number Blocked) – Número de dispositivos bloqueados;

✓ NCD (Number of fully Connected Devices) – Número de dispositivos conectados a esta célula.

e.) MOBILE TELEPHONY BASE STATION MULTICOUPLER FAULT – Este alarme indica que ocorreu uma falha no multiacoplador da ERB, os parâmetros relativos a este alarme são:

✓ DEV – Dispositivo da ERB com falha;

✓ n – Número do dispositivo;

✓ EMG – Nome do EMG que possui esta falha;

✓ MC – Número da porta da placa ALM em que este dispositivo está conectado.

f.) MOBILE TELEPHONY BASE STATION COMBINER TUNING CONTROLLER DEVICE FAULT – Indica a ocorrência de falha no controlador do combinador da ERB. Os parâmetros utilizados neste alarme encontram-se descritos a seguir:

- ✓ DEV – Indica o dispositivo da ERB com falha;
- ✓ EM – Mostra qual o modulo de extensão que o dispositivo com falha está ligado;
- ✓ EMG – Indica qual o nome do EMG que possui esta falha.

g.) MOBILE TELEPHONY BASE STATION AUTO TUNED COMBINER FAULT – Indica a ocorrência de falha em um ATC de uma determinada ERB, este alarme utiliza os seguintes parâmetros:

- ✓ DEV – Indica o CTC que controla o ATC da ERB com falha;
- ✓ ATC – Mostra qual o ATC está com falha;
- ✓ EM – Indica qual o EM a que o dispositivo com falha está ligado;
- ✓ EMG – Mostra qual o nome do EMG que possui esta falha.

h.) MOBILE TELEPHONY BASE STATION TX ANTENNA FAULT – Este alarme é recebido quando é detectada uma falha na transmissão da antena da ERB. A seguir são apresentados os parâmetros que são utilizados neste alarme:

- ✓ DEV – Indica qual o RFTL, que é expresso como MBRFTL, detectou a falha.
- ✓ EMG – Indica o nome do EMG que possui esta falha.

Assim, a seguir, encontra-se uma tabela com a severidade dos alarmes e os respectivos códigos adotados pelo CMOS, indicando o grau de impactos que estes alarmes podem provocar na rede:

Tabela 5.2 – Categoria dos alarmes

Código	Severidade da Falha	Definição
A1	Grave	Avaria que provoca um elevado impacto do equipamento na rede.
A2	Importante	Avaria que impede que o equipamento atinja o seu desempenho especificado.
A3	Menor	Avaria que não inibe que o equipamento atinja o seu objetivo especificado, e não preenche os critérios aplicáveis para avaria graves e importantes.

Utilizando as informações dos alarmes descritos anteriormente, foi construída a matriz de falha do equipamento (ver tabela 5.3) que foi obtida com base nas informações dos

especialistas. Na matriz de falha do equipamento, as falhas funcionais e os alarmes foram escritos de forma abreviada, sendo mostrado abaixo o nome abreviado e a sua forma não abreviada:

- ✓ Port. At. – Portadora Atenuada;
- ✓ Dim. Port. IA – Diminuição da Portadora na Interface de Ar;
- ✓ Sem Port. IA – Sem da Portadora na Interface de Ar;
- ✓ Sem PCM – Sem sinal PCM na saída;
- ✓ Sem CLC– Falha no CLC;
- ✓ EMGCD – EMG CONTROL DOWN
- ✓ EMGF – EMG FAULT
- ✓ MTVCS – MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION
- ✓ MTCSS – MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION
- ✓ MTBSCTCDF – MOBILE TELEPHONY BASE STATION COMBINER TUNING CONTROLLER DEVICE FAULT
- ✓ MTBSATCF – MOBILE TELEPHONY BASE STATION AUTO TUNED COMBINER FAULT
- ✓ MTBSTXAF – MOBILE TELEPHONY BASE STATION TX ANTENNA FAULT

Tabela 5.3 – Matriz de falhas funcionais

Alarme	Falha Funcional	Port At	Dim Port IA	Sem Port IA	Sem PCM	Sem CLC
EMGCD				X	X	X
EMGF			X	X		X
MTVCS			X	X		
MTCSS			X	X		
MTBSCTCDF			X	X		
MTBSATCF			X	X		
MTBSTXAF		X				

Por ser o meio de transmissão alugado, não foi necessário efetuar uma descrição das falhas funcionais (ver item 5.1.4), pois a empresa em análise não é responsável pela manutenção deste. Entretanto, o CMOS recebe alarmes que podem ser enquadrados como falha na rota de transmissão, conforme pode ser visto na descrição abaixo:

i. BLOCKING SUPERVISION – Alarme recebido quando um número de canais pré-definidos ficam bloqueados numa rota particular. Este alarme possui os seguintes parâmetros:
   - ✓ BLO – Número de canais bloqueados;
   - ✓ LVB – Valor limite de bloqueio;
   - ✓ NDV – Número de canais;
   - ✓ R – Nome da rota, sendo este nome composto pelo nome do EMG acrescido da terminação LI e LO para as rotas analógicas de entrada e saída, e MI e MO para as rotas digitais de entrada e saída.

ii. DIGITAL PATH FAULT SUPERVISION – Este alarme recebido quando ocorre uma situação de no meio de transmissão. A seguir são mostrados os parâmetros que são utilizado neste alarme:
   - ✓ Date – Data da ocorrência da falha (aammdd);
   - ✓ DIP – Nome do circuito digital;
   - ✓ Time – Hora de ocorrência da falha (hhmmss);
   - ✓ FAULT – Tipo de falha do padrão digital.

iii. DIGITAL PATH QUALITY SUPERVISION – Este alarme é emitido quando é excedido o limite especificado, indicando uma falha na qualidade do meio de transmissão. Os parâmetros utilizados neste alarme encontram-se descritos a seguir:
   - ✓ BFF - Limiar para taxa de erro;
   - ✓ SFL – Limiar para slip;
   - ✓ Time – Hora de ocorrência da falha (hhmmss);
   - ✓ Date – Data da ocorrência da falha (aammdd);
   - ✓ DIP – Nome do circuito digital.

iv. SEMIPERMANENT CONNECTION FAULT – Este alarme é gerado quando uma conexão semipermanente está interrompida ao longo de um período de tempo pré-

determinado. A seguir são apresentados os parâmetros que são utilizados neste alarme:

- ✓ NAME – Nome da conexão semipermanente.

5.1.6. Passo 6: Correlação dos Alarmes

Na modelagem da correlação dos alarmes da ERB 884 será definido o conjunto **A** de alarmes composto por {EMGCD, EMGF, MTVCS, MTCSS, MTBSATCF, MTBSCTCDF, MTBSTXAF} que são os acrônimos dos alarmes que uma determinada ERB pode enviar ao CMOS no caso de ocorrência de falha. O ato de escolher o alarme EMGF significa que o ator ao receber um subconjunto de alarmes **a**, aonde **a**∈ **A,** o ator irá tratar este alarme para a resolução da falha. Neste modelo, cada solução obrigatoriamente excluirá as demais.

A regra para a correlação dos alarmes será aplicada por ERB, ou seja, será admitida como limitação espacial à estação. A janela de tempo para aplicação do alarme será de um minuto para esta correlação, caso apareça um novo alarme na ERB na qual ocorreu a correlação, esta correlação será atualizada com a chegada do novo alarme. Nesta correlação não será considerada a limitação por grau de severidade, ou seja, todos as severidades estarão incluídas na análise da correlação.

Os alarmes do conjunto **A** possuem categorias que indicam o grau de impactos provocado pela falha (Tabela 5.2), como pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 5.4 – Alarmes e suas categorias

Alarme	Categoria de Alarme
EMGCD	A1
EMGF	A2
MTVCS	A1, A2, A3
MTCSS	A1, A2, A3
MTBSCTCDF	A3
MTBSATCF	A3
MTBSTXAF	A1

Os alarmes MTVCS e MTCSS possuem supressão automática do alarme A3 caso apareça o alarme A2, oculta o alarme A2 no caso do surgimento do alarme A1 no processo de gerenciamento CMOS.

O método que será utilizado para o estabelecimento da relação de causa e efeito utilizando o conhecimento a priori dos especialistas para a escolha do alarme causador da falha, segundo a visão destes. Este processo constará de uma entrevista aos especialistas para obter o critério adotado por estes na análise de falha.

Na análise do meio de transmissão também pode ser definido o conjunto **C** de alarmes composto por {BS, DPFS, SCP} que são os acrônimos dos alarmes que são recebidos no CMOS no caso de uma ocorrência de falha no meio de transmissão, deve ser observado que foi omitido o alarme DPQS, pois o mesmo indica uma deterioração da qualidade do meio de transmissão. O conjunto **C** também possui categoria de severidade conforme pode ser observado na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Alarmes e suas categorias

Alarme	Categoria de Alarme
BS	A1, A2, A3
DPFS	A1, A2
SCF	A2

O alarme BS possui a supressão automática do alarme A3 no caso do surgimento do alarme A2, oculta o alarme A2 no caso do surgimento do alarme A1 no processo de gerenciamento CMOS. O alarme DPFS A1 indica que este DIP possui o CLC no timeslot 16, e a categoria A2 indica que o mesmo não possui CLC, este alarme não possui supressão automática.

Após ser efetuado a correlação dos alarmes na sub-rede ERB, foram obtidos os seguintes fluxogramas:

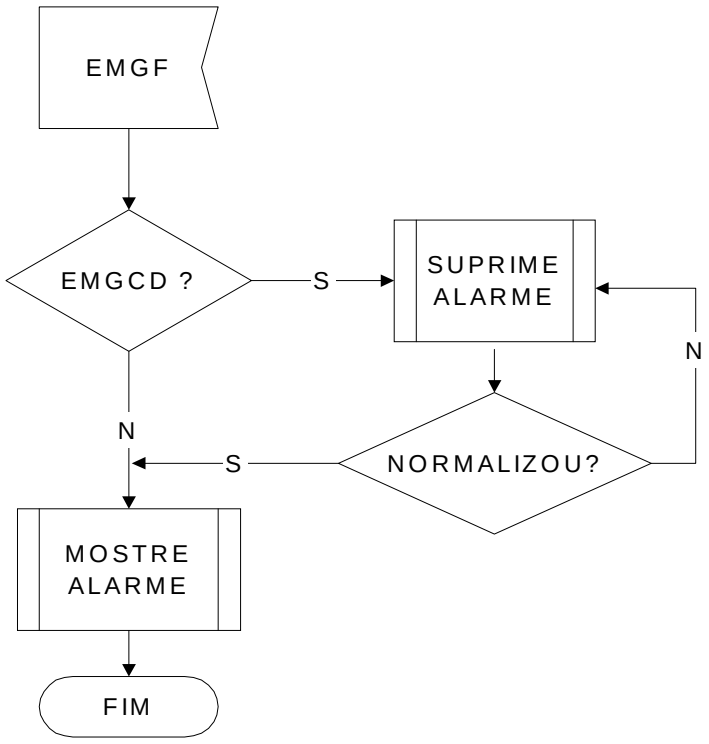


Figura 5.8 – Fluxograma para exibição do alarme EMGF

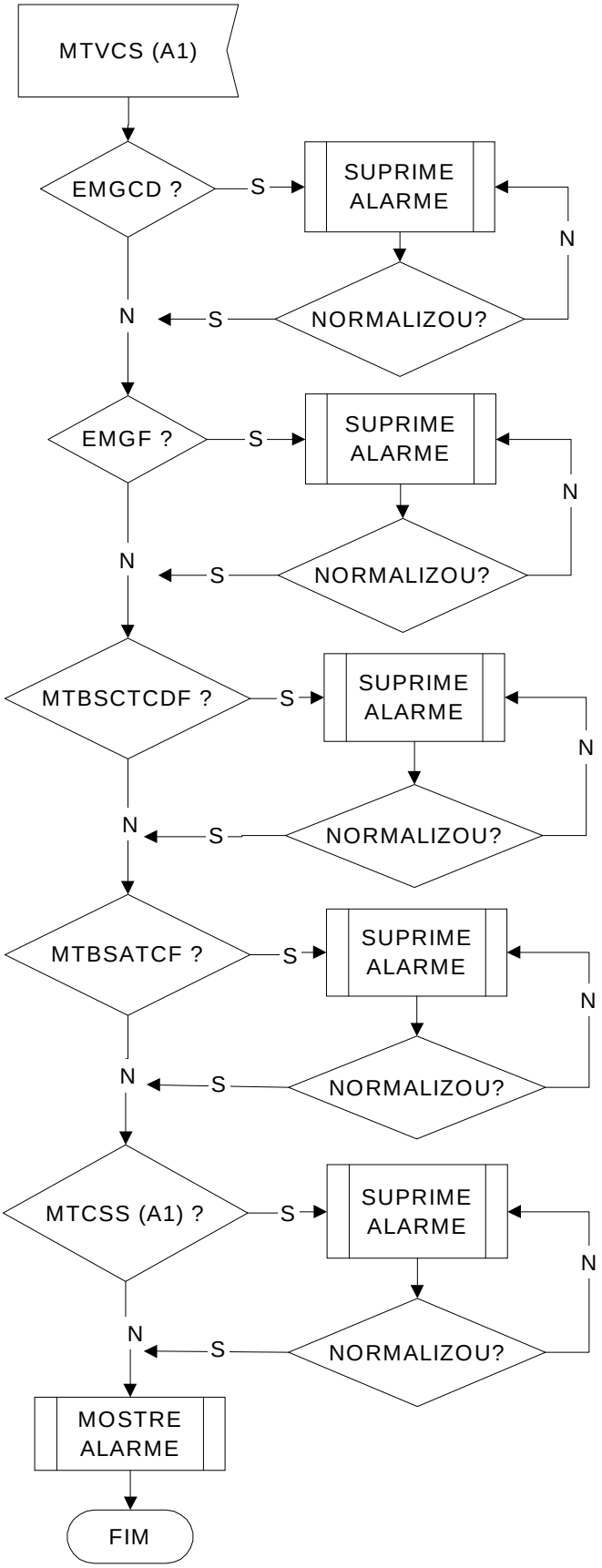


Figura 5.9 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A1)

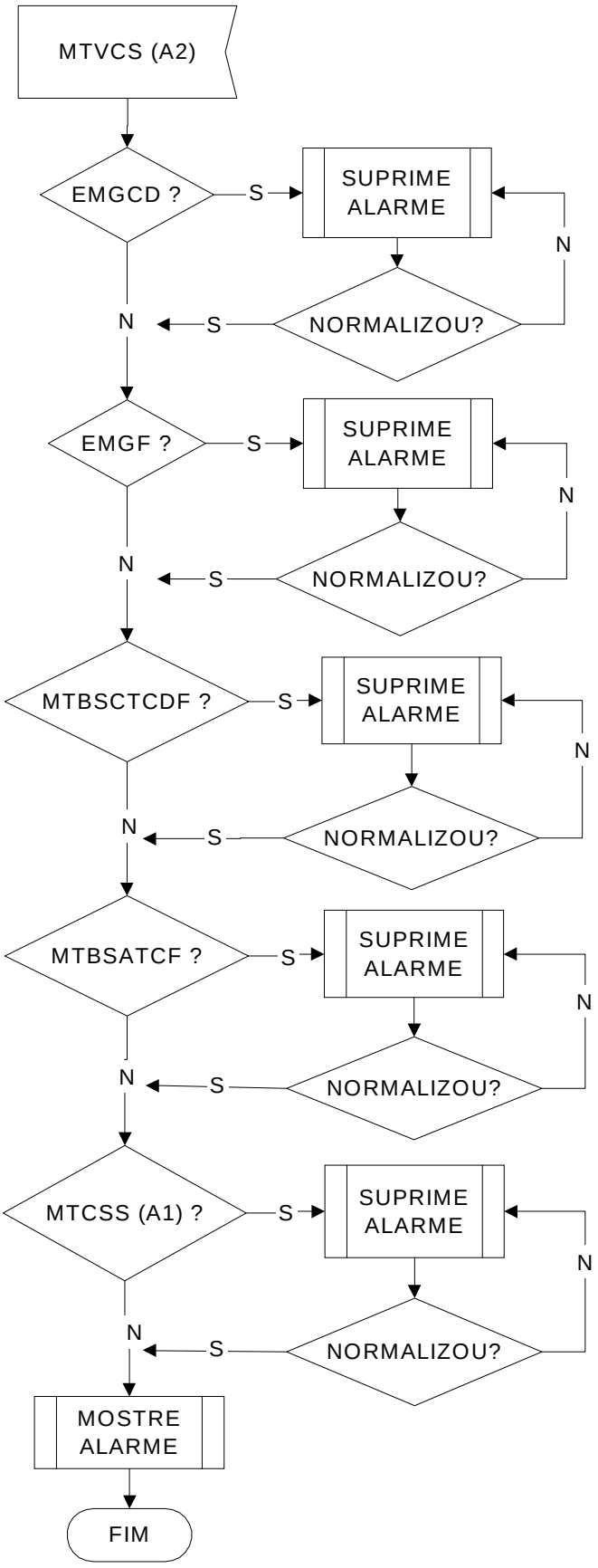


Figura 5.10 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A2)

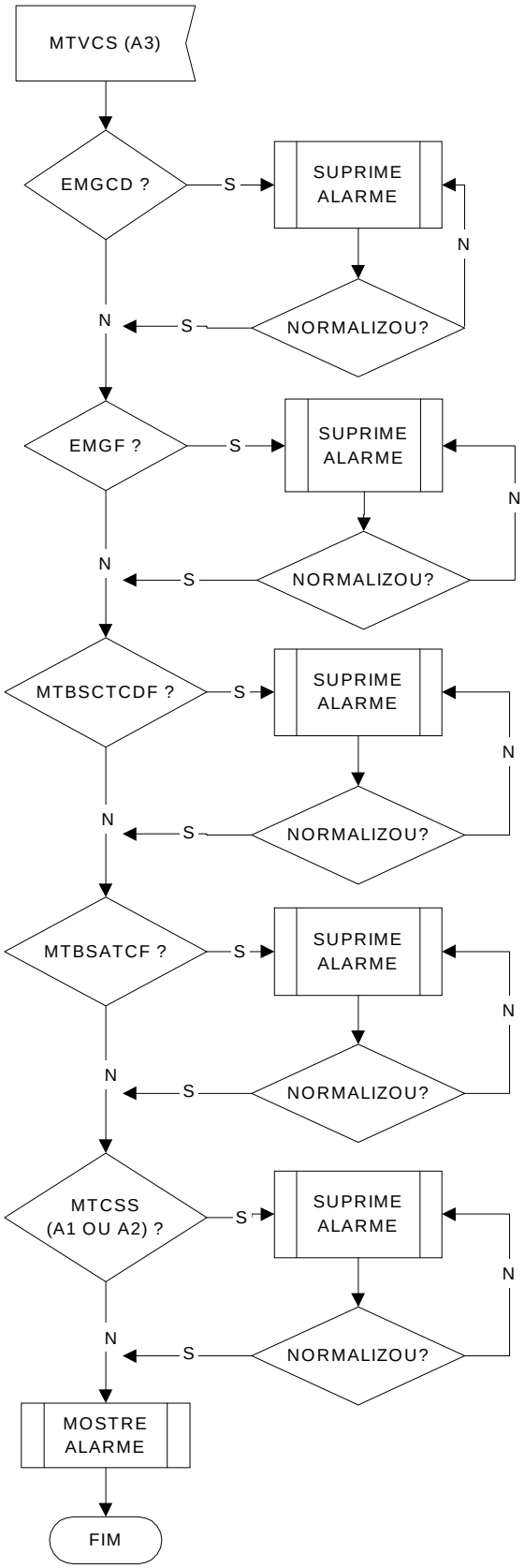


Figura 5.11 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A3)

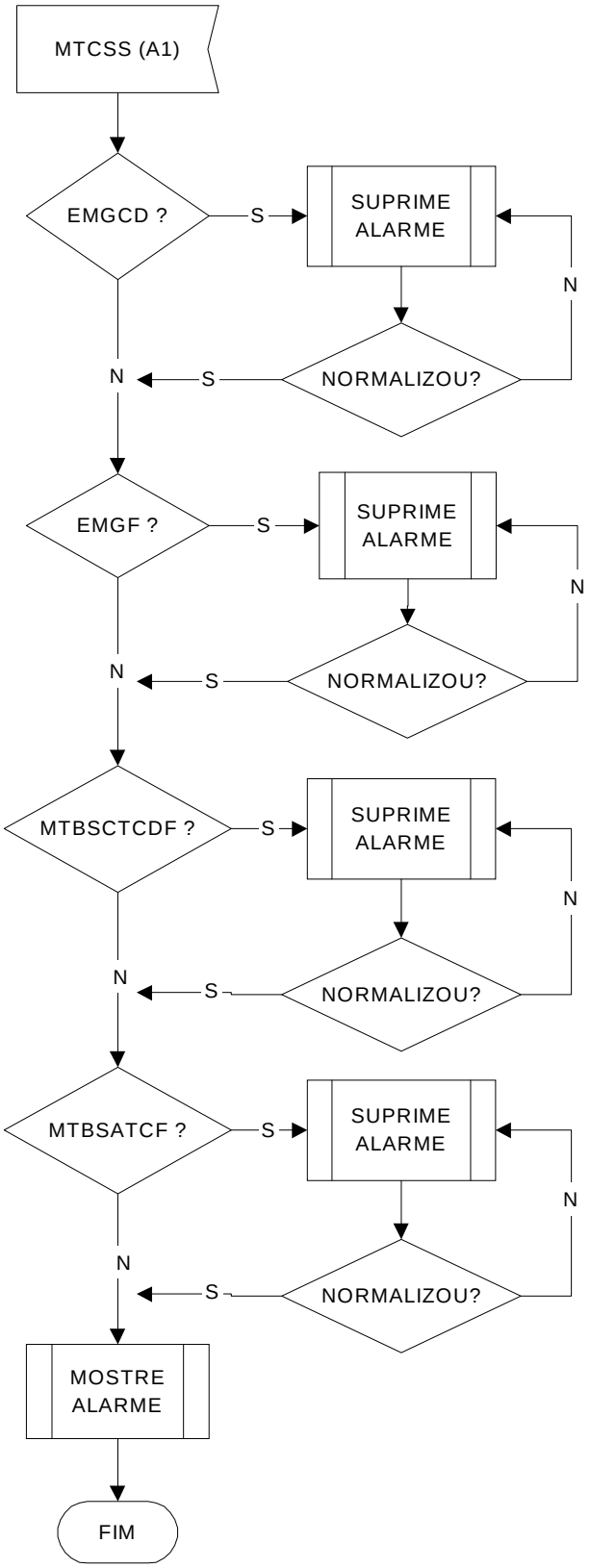


Figura 5.12 – Fluxograma para exibição do alarme MTCSS (A1)

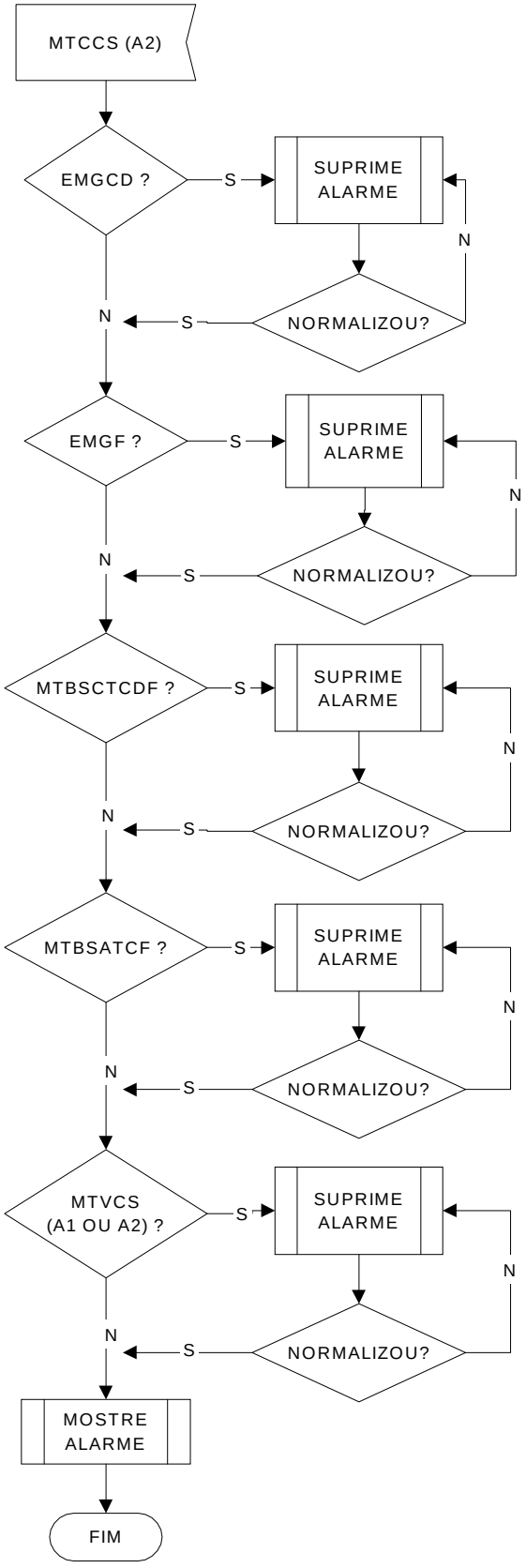


Figura 5.13 – Fluxograma para exibição do alarme MTCSS (A2)

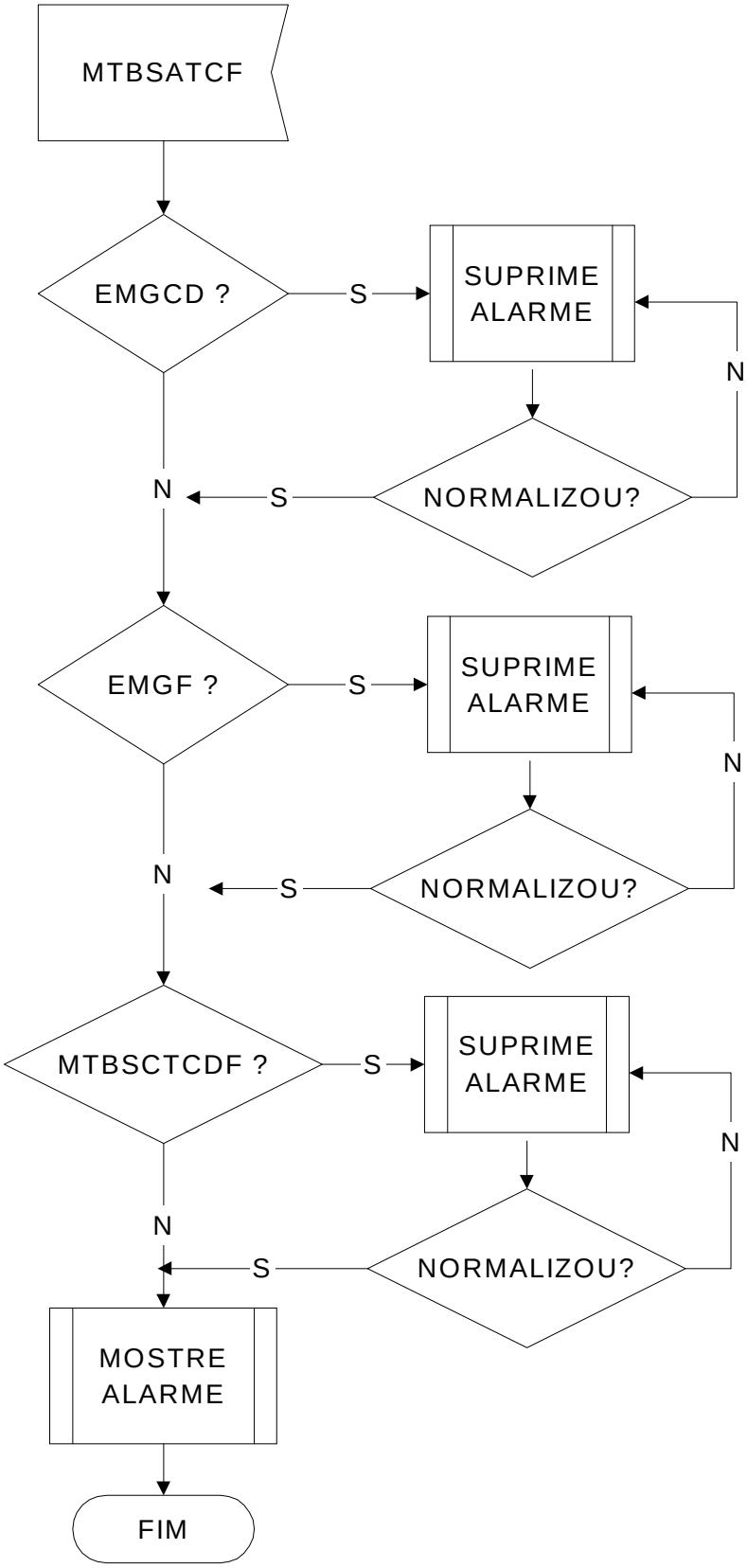


Figura 5.14 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSATCF

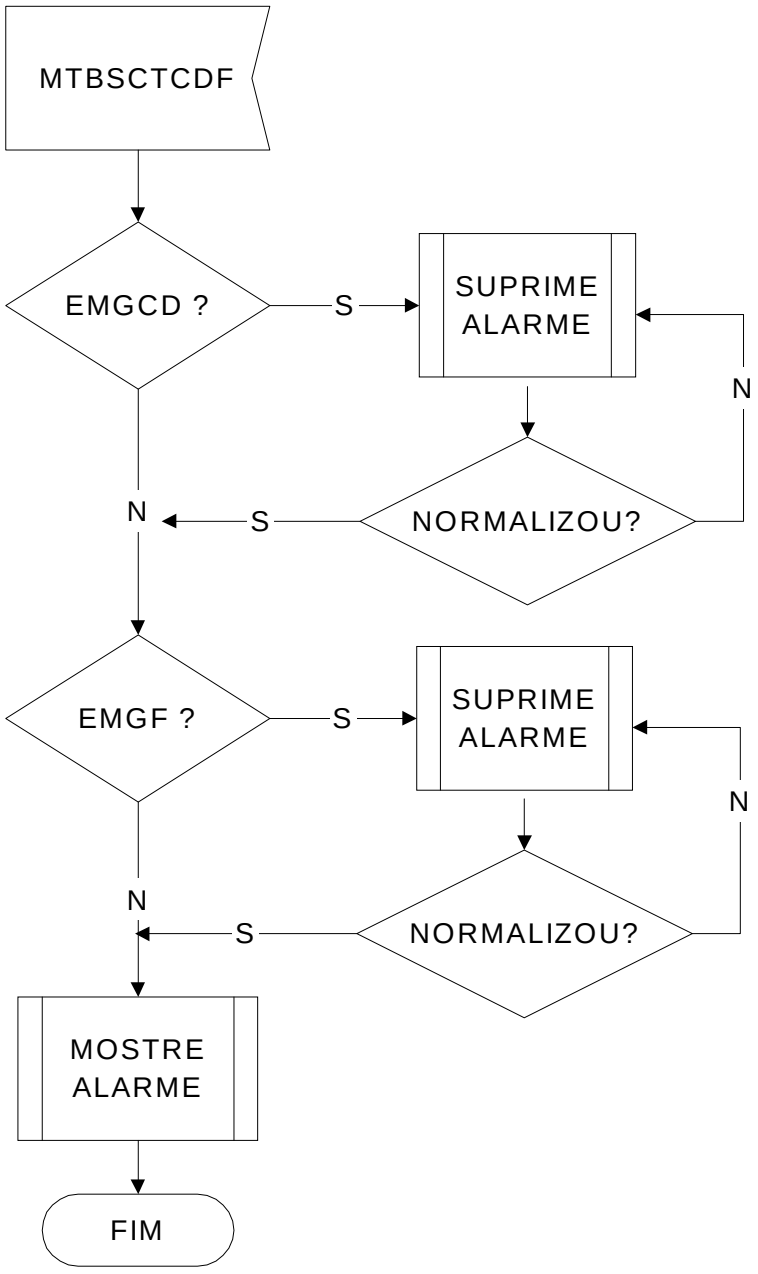


Figura 5.15 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSCTCDF

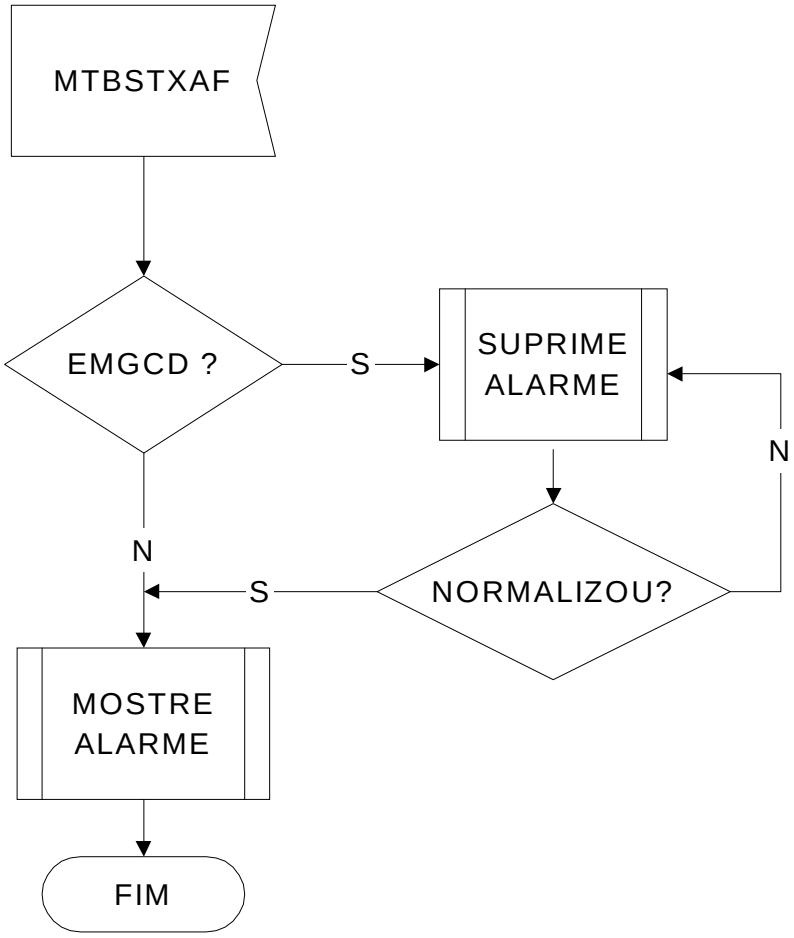


Figura 5.16 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSTXAF

Nos fluxogramas anteriores, a omissão do grau de severidade indica que qualquer que seja o grau de severidade do alarme recebido, o alarme será tratado igualmente.

Continuando a análise de propagação dos efeitos das falhas, será analisado o nível superior, o meio de transmissão. Para este nível serão verificados os relacionamentos funcionais de seus alarmes com os da ERB.

Do mesmo modo, os fluxogramas posteriores em que ocorrer a omissão do grau de severidade significará que seja qual for o grau de severidade do alarme recebido, este alarme será tratado de maneira igual.

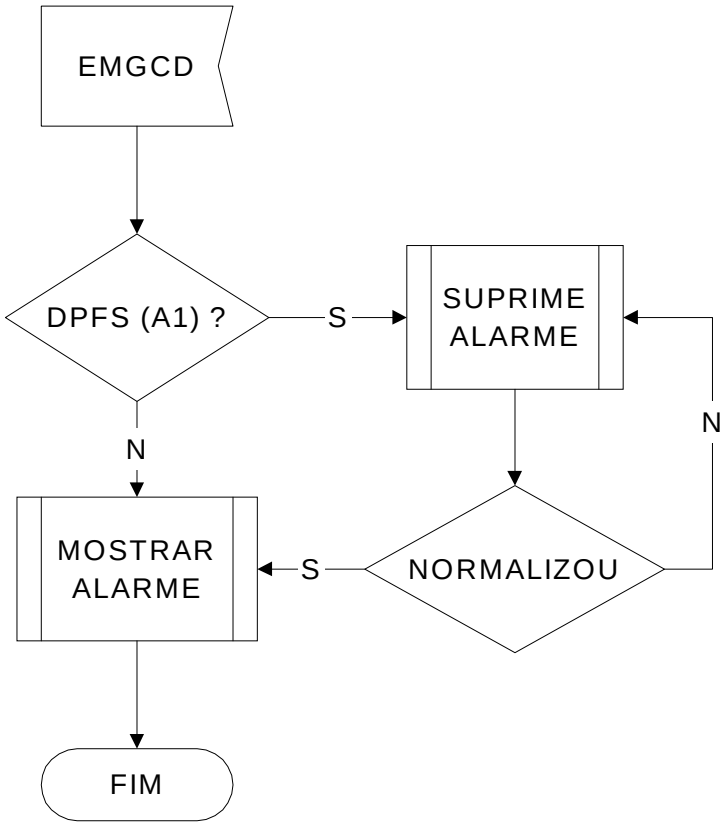


Figura 5.17 – Fluxograma para exibição do alarme EMGCD

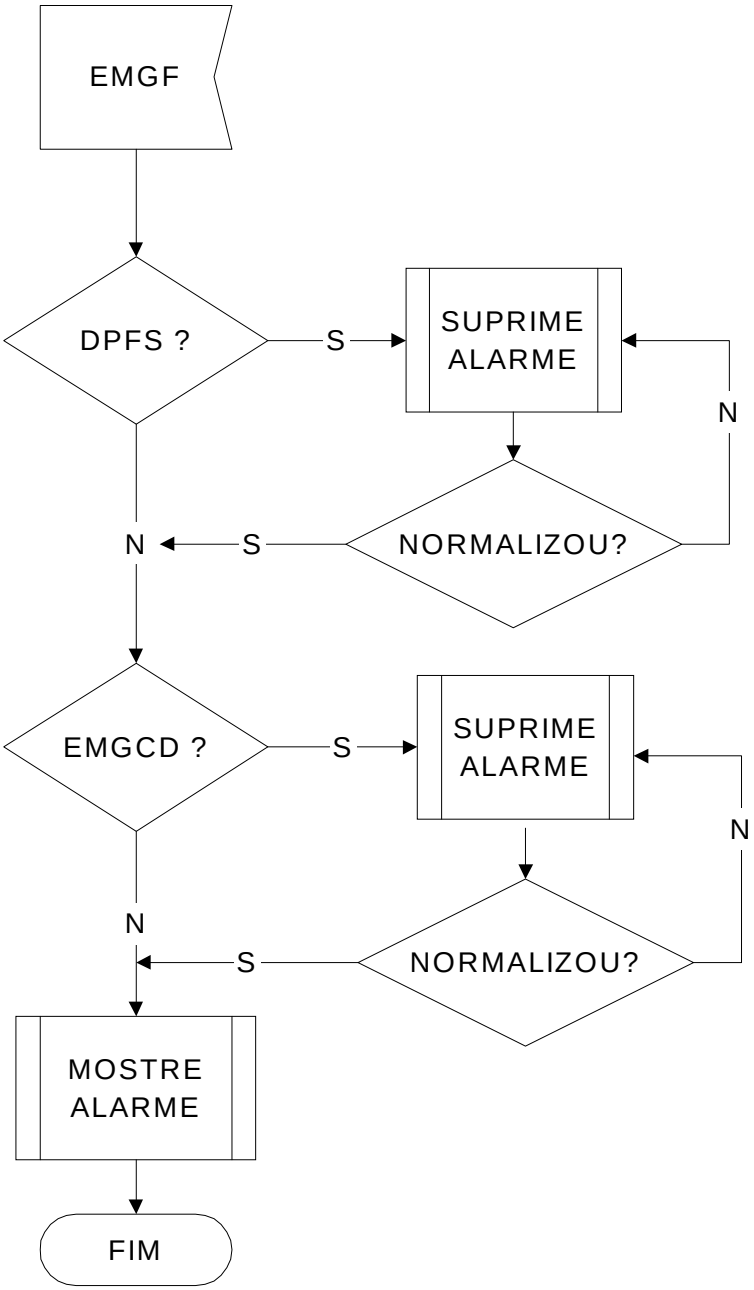


Figura 5.18 – Fluxograma para exibição do alarme EMGF

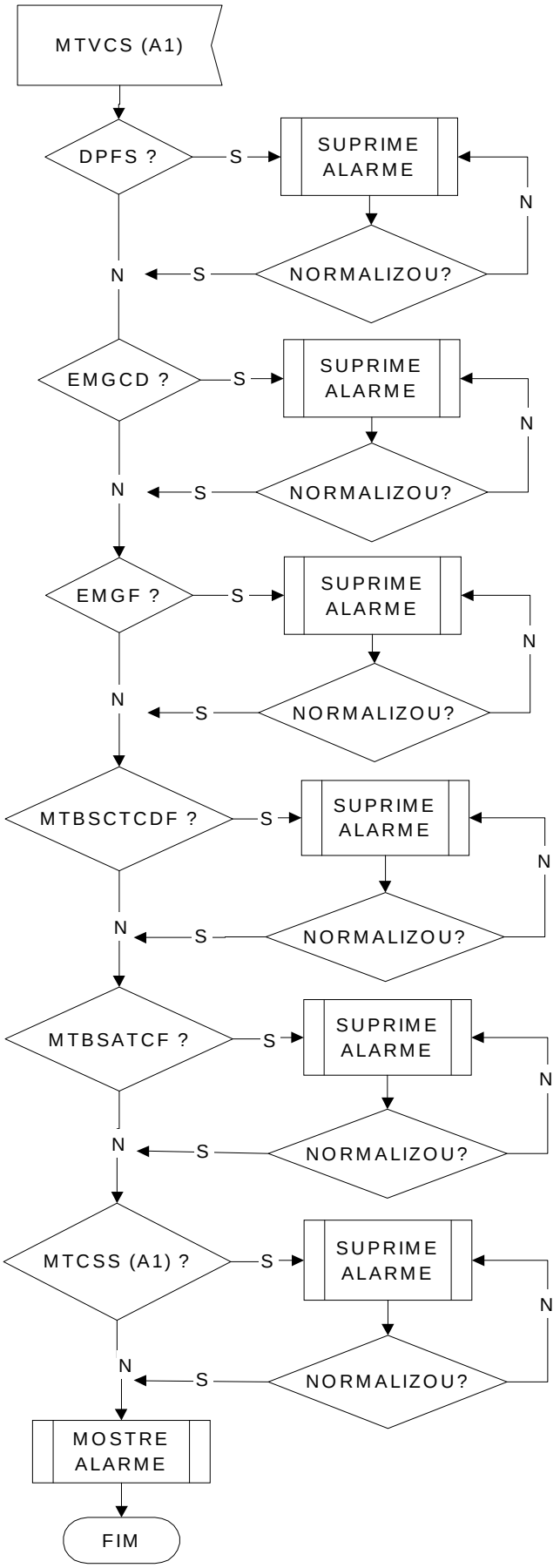


Figura 5.19 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A1)

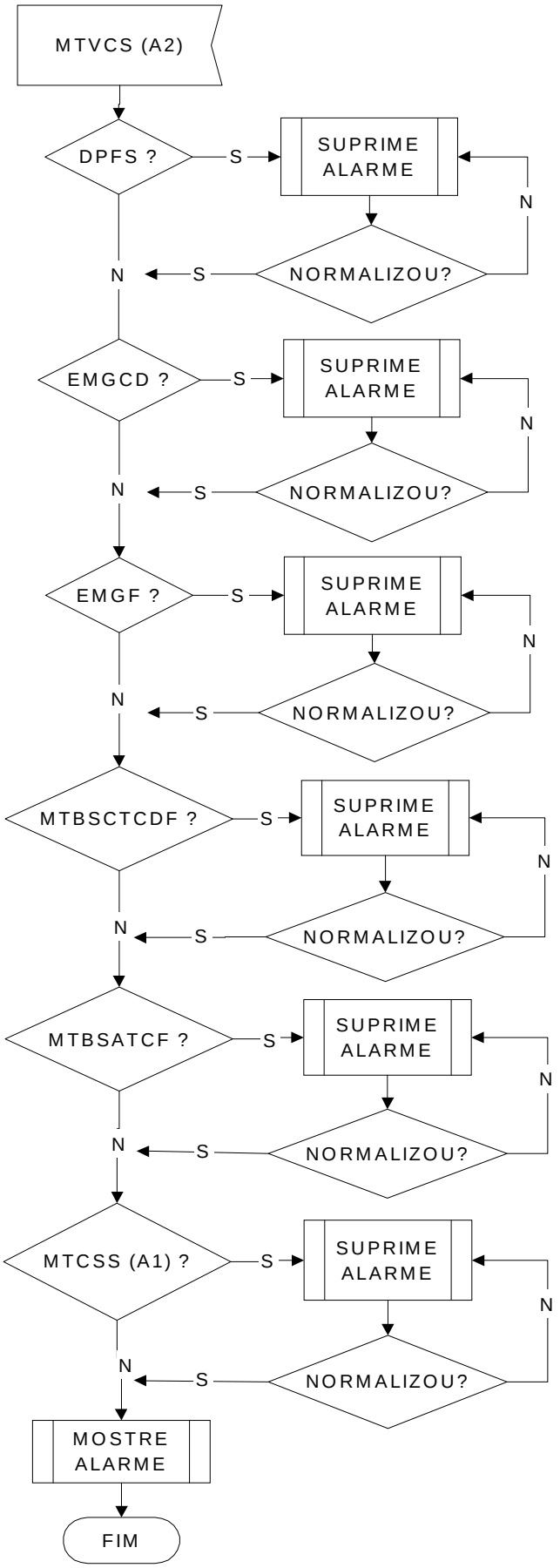


Figura 5.20 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A2)

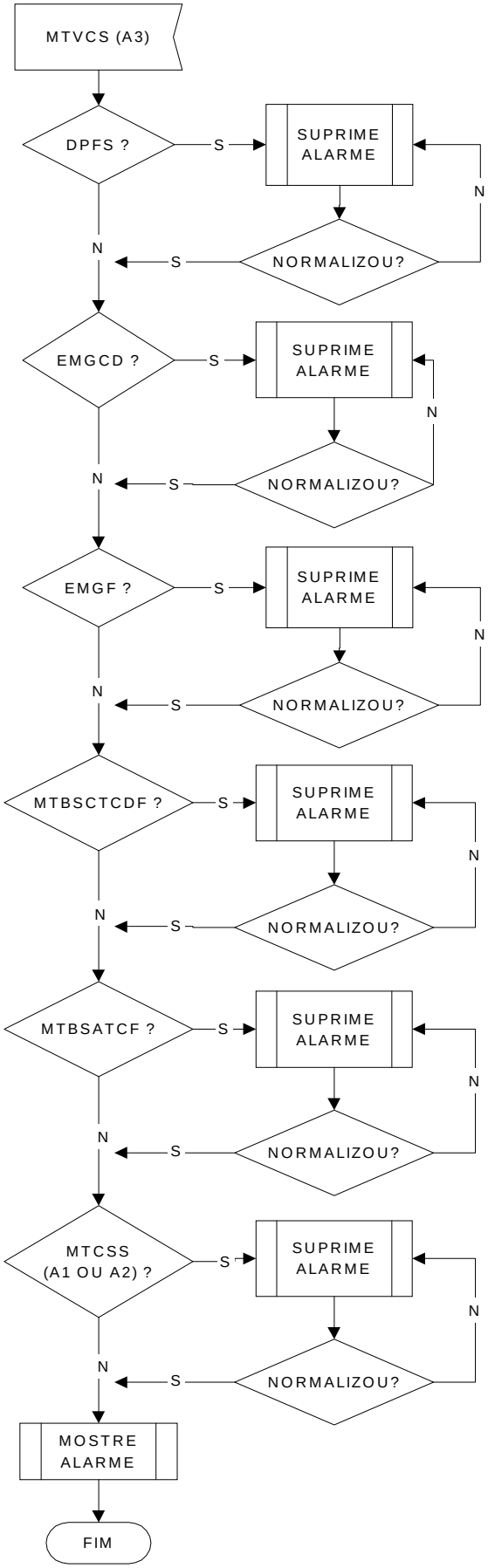


Figura 5.21 – Fluxograma para exibição do alarme MTVCS (A3)

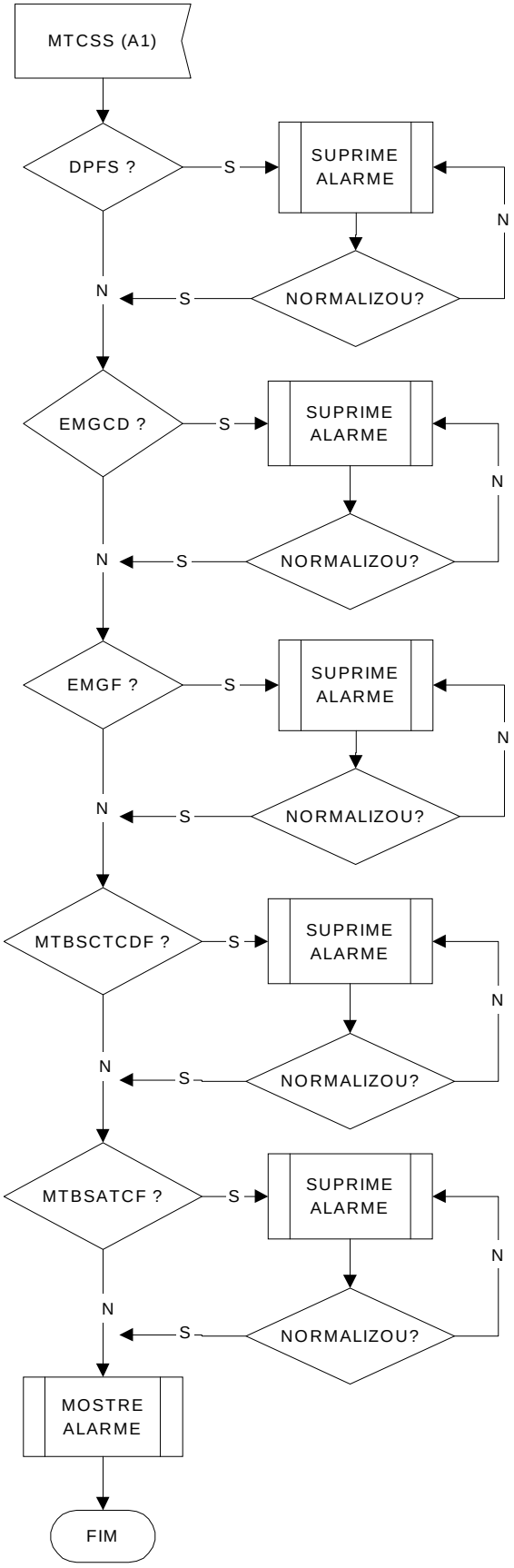


Figura 5.22 – Fluxograma para exibição do alarme MTCSS (A1)

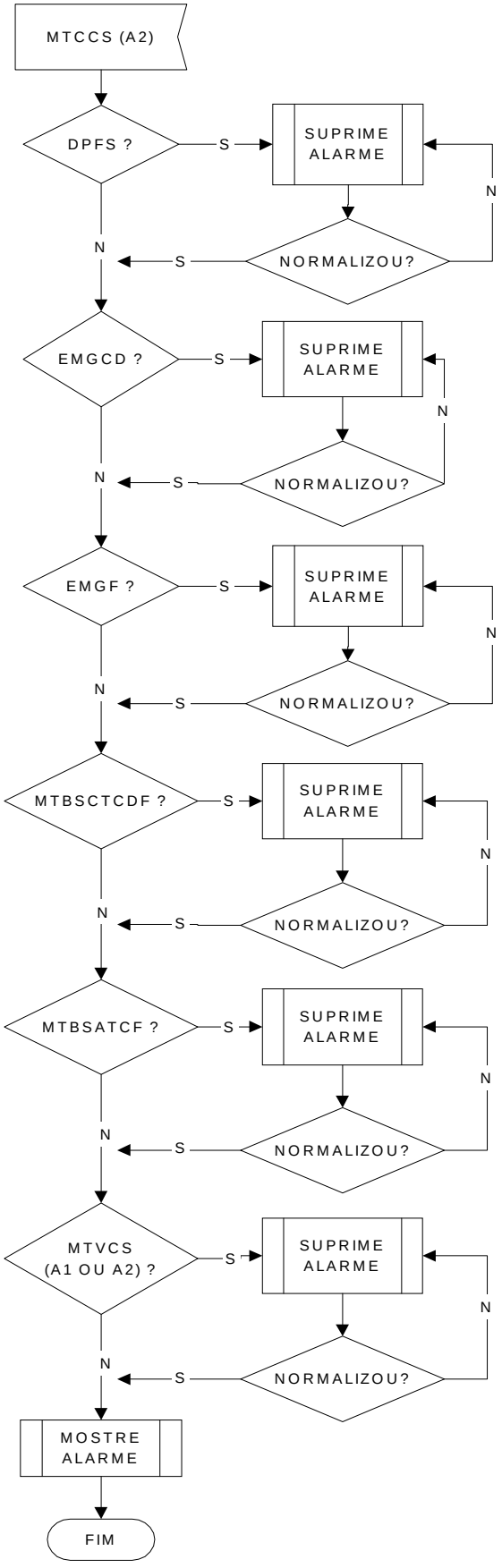


Figura 5.23 – Fluxograma para exibição do alarme MTCSS (A2)

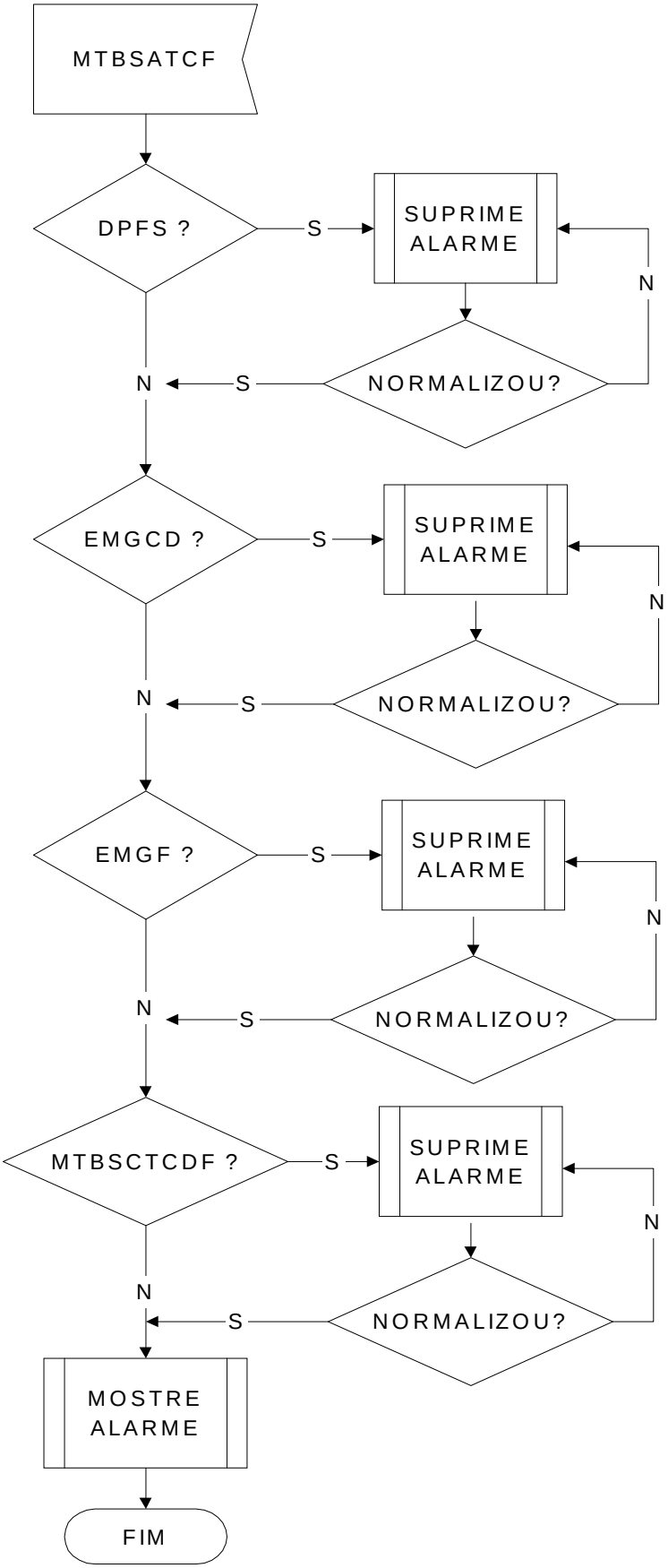


Figura 5.24 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSATCF

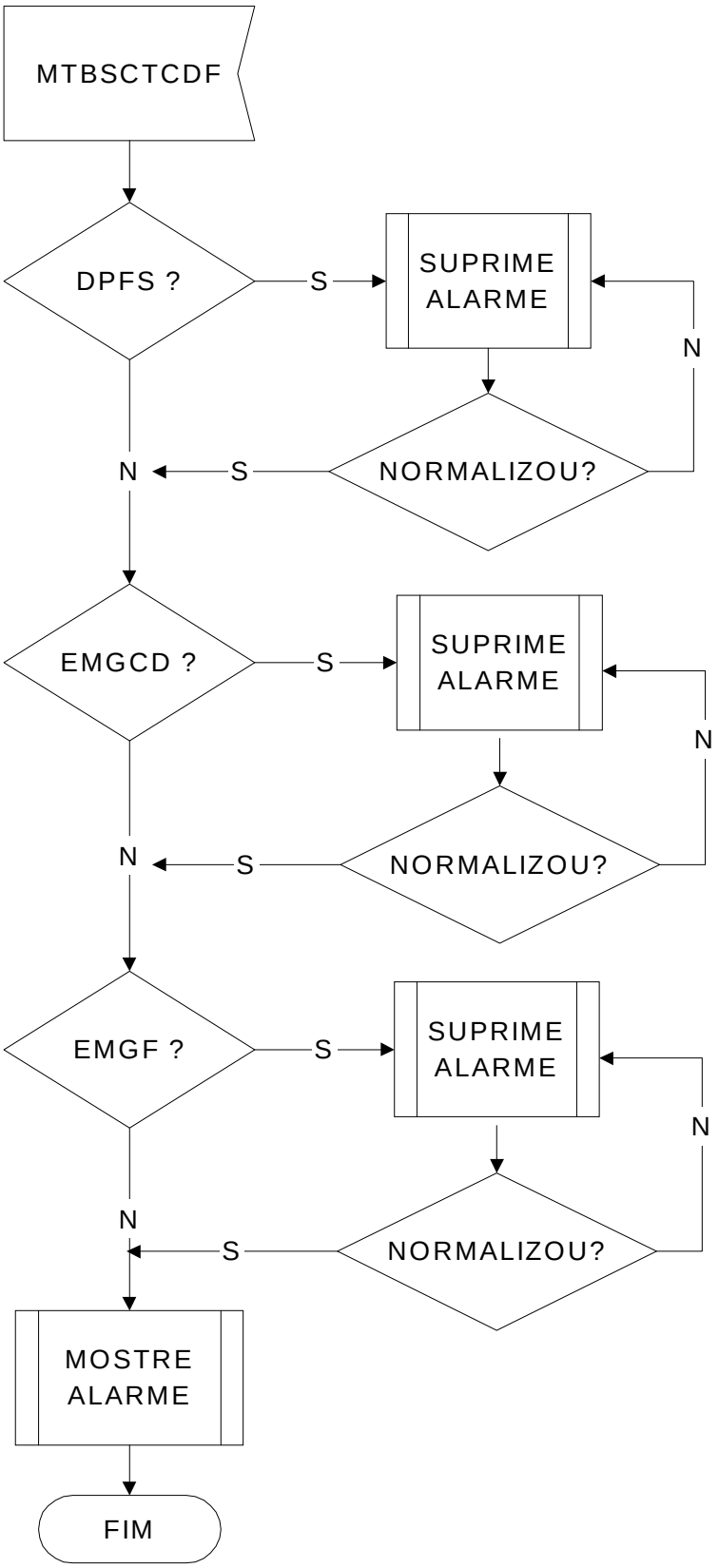


Figura 5.25 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSCTCDF

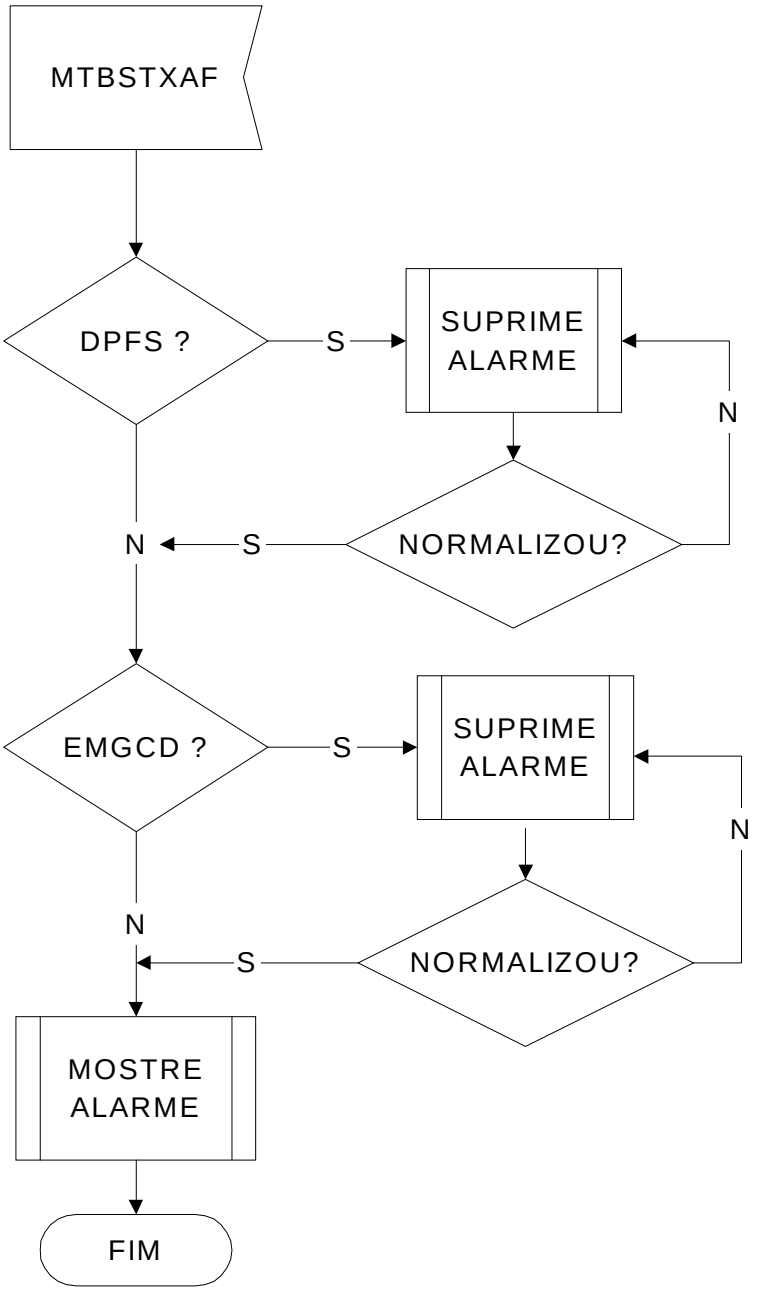


Figura 5.26 – Fluxograma para exibição do alarme MTBSTXAF (A1)

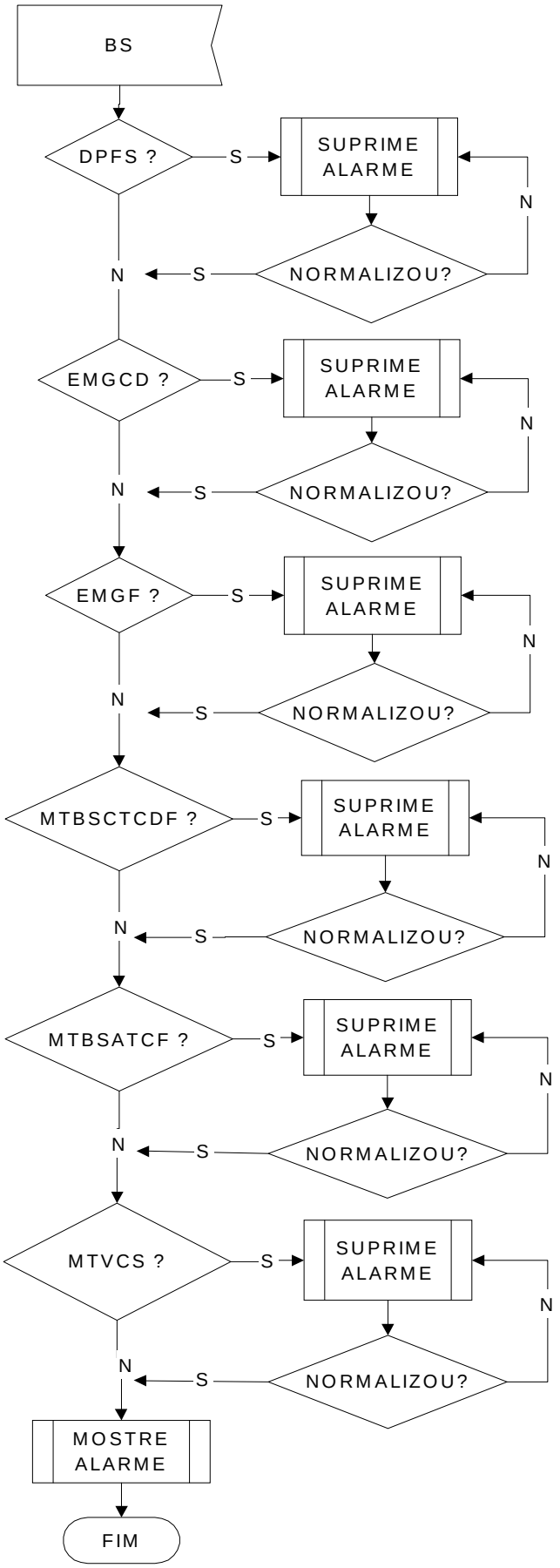


Figura 5.27 – Fluxograma para exibição do alarme BS

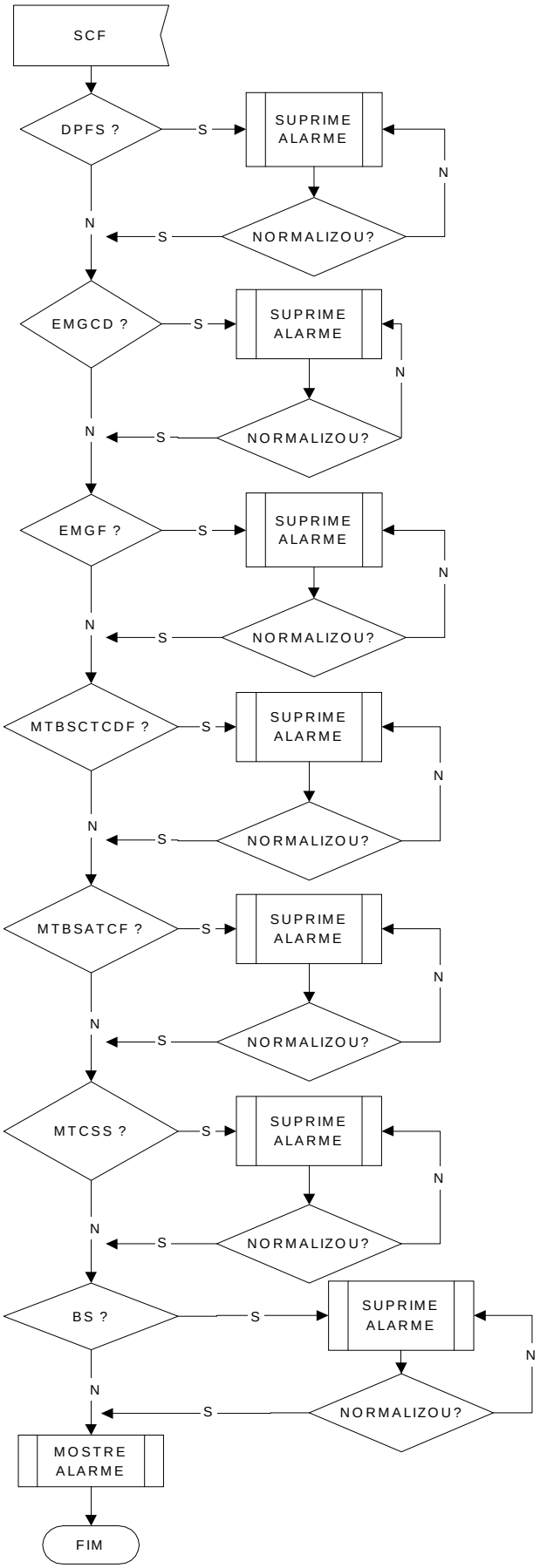


Figura 5.28 – Fluxograma para exibição do alarme SCF

5.1.7. Passo 7: Definição de tarefas

Após o processamento de correlação de alarmes (ver item 5.1.6), surgirá no ALP o alarme, que segundo os especialistas, deverá ser solucionado em primeiro lugar. Assim, será definida neste passo a tarefa de manutenção que deverá ser aplicada para solucionar a falha ocorrida. Os alarmes suprimidos que irão surgindo serão solucionados até que seja eliminado todo o problema existente.

Baseado nos conhecimentos dos especialistas, foram definidas as tarefas para cada um dos alarmes (ver tabela 5.20).

Tabela 5.6 – Tarefas de manutenção

Alarme	Tarefa de Manutenção	
DPFS	1	Efetuar testes com a gerência de redes da operadora responsável pelo meio de transmissão.
	2	Acionar técnico.
EMGCD	1	Testar o hardware e carregar software no sistema em falha.
	2	Acionar técnico.
EMGF	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTCSS	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTVCS	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTBSCTCDF	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTBSATCF	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTBSTXAF	1	Acionar técnico.
SCF	1	Analisar configuração da ligação semipermanente alarmada.

5.2. RESULTADOS OBTIDOS

Considerando uma ERB que possui na interface de ar cinco canais analógicos, onze canais digitais, e a hipótese de uma falha na saída do sinal digital desta. O ALP receberá dois alarmes de MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION, quatro alarmes de MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION, um alarme EMG FAULT, um alarme EMG CONTROL DOWN, onze alarmes SEMIPERMANENT CONNECTION

FAULT, dois alarmes BLOKING SUPERVISION, um alarme DIGITAL PATH FAULT SUPERVISION. Assim, utilizando o resultado obtido no exemplo de aplicação, estes 22 alarmes seriam reduzidos a apenas um alarme, o DIGITAL PATH FAULT SUPERVISION.

Assim, o resultado obtido foi a redução sistemática do número de alarmes recebidos no centro de gerência em análise, facilitando o trabalho dos analistas de falhas no desempenho de suas funções diárias.

A correlação baseada em regras é bem mais simples, mais modularizado e mais fácil de manter, por ser organizada em três níveis: uma máquina de inferência, uma base de conhecimento, uma memória de trabalho. Contudo, em redes que se modificam rapidamente, este tipo de correlação tende a ficar obsoleto. As desvantagens desta correlação são:

- ✓ O não aproveitamento de experiências passadas, isto é, falta de memória:
- ✓ Seu conhecimento está limitado as regras do banco de dados;
- ✓ Esta correlação não consegue lidar com situações onde as regras não se aplicam, afetando sua robustez;

A incerteza está sempre presente no funcionamento normal de qualquer sistema ou equipamento. Como esta correlação tem como limitação as dependências relatadas nas relações de causa e efeito, esta limitação contribuirá na elevação da incerteza no processo.

6. ESTUDO DE CASO 2

Será efetuada uma nova aplicação numérica da metodologia MBCA na ERB 884 macro LP, utilizando apenas o elemento rede ERB. Neste novo estudo será utilizado na correlação multi-focal recursiva (passo 6) a rede bayesiana. Neste exemplo serão considerados apenas os alarmes que indiquem a ocorrência de falha no sistema, não sendo analisados os alarmes que indiquem falha na qualidade do sistema.

No procedimento desta análise, os passos 1 ao 4 são idênticos ao estudo de caso 1 (ver itens 5.1.1 à 5.1.4), levando em consideração apenas o elemento de rede ERB. Assim, para evitar uma repetição destes passos, a apresentação deste estudo de caso irá iniciar no passo 5.

6.1. PASSO 5: ANÁLISE DOS ALARMES GERADOS

O procedimento deste passo é idêntico ao item 5.1.5, exceto na matriz de falhas funcionais, pois nesta análise apenas serão considerados os alarmes com severidade urgente (ver item 5.2.2). Assim, para este exemplo teremos a tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Matriz de falhas funcionais

Alarme	Falha Funcional	Port At	Dim Port IA	Sem Port IA	Sem PCM	Sem CLC
EMGCD				X	X	X
EMGF			X	X		X
MTVCS			X	X		
MTCSS			X	X		
MTBSTXAF		X				

Neste passo não será feita a descrição dos alarmes, pois os mesmos já foram descritos no item 5.1.5.

6.2. PASSO 6: CORRELAÇÃO DOS ALARMES

A modelagem da correlação dos alarmes da ERB 884 utilizará rede bayesiana, definindo o conjunto **D** de alarmes composto por {EMGCD, EMGF, MTVCS, MTCSS, MTBSTXAF} que são os acrônimos dos alarmes que uma ERB pode enviar ao CMOS no caso de ocorrência de falha.

A regra para a correlação dos alarmes será aplicada por ERB, ou seja, será admitida como limitação espacial à estação. A janela de tempo para aplicação do alarme será de um minuto para esta correlação, caso apareça um novo alarme na ERB na qual ocorreu a correlação, esta correlação será atualizada com a chegada do novo alarme.

Nesta correlação, por questão de simplicidade, será considerada a limitação por grau de severidade A1 (grave), ou seja, todos os alarmes de grau de severidades inferiores estarão excluídas na análise da correlação.

A figura abaixo apresenta o elemento de rede ERB, pode ser visto que não existem conexões causais diretas entre a variável MBSTXAF e as variáveis EMGCD, EMGF do fluxo de alarmes que ocorrem na ERB.

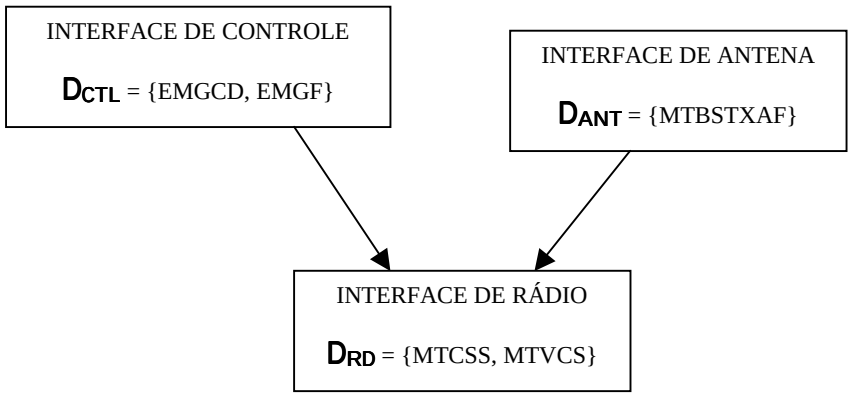


Figura 6.1: Relação causal da ERB

Considerando a relação causal da figura 6.1 será efetuada uma entrevista aos especialistas, para obter o conhecimento a priori destes. Após esta entrevista, foram obtidas as probabilidades de ocorrência dos alarmes na ERB, considerando a relação de causa e efeito dos alarmes. Assim, foi obtida a figura 6.2.

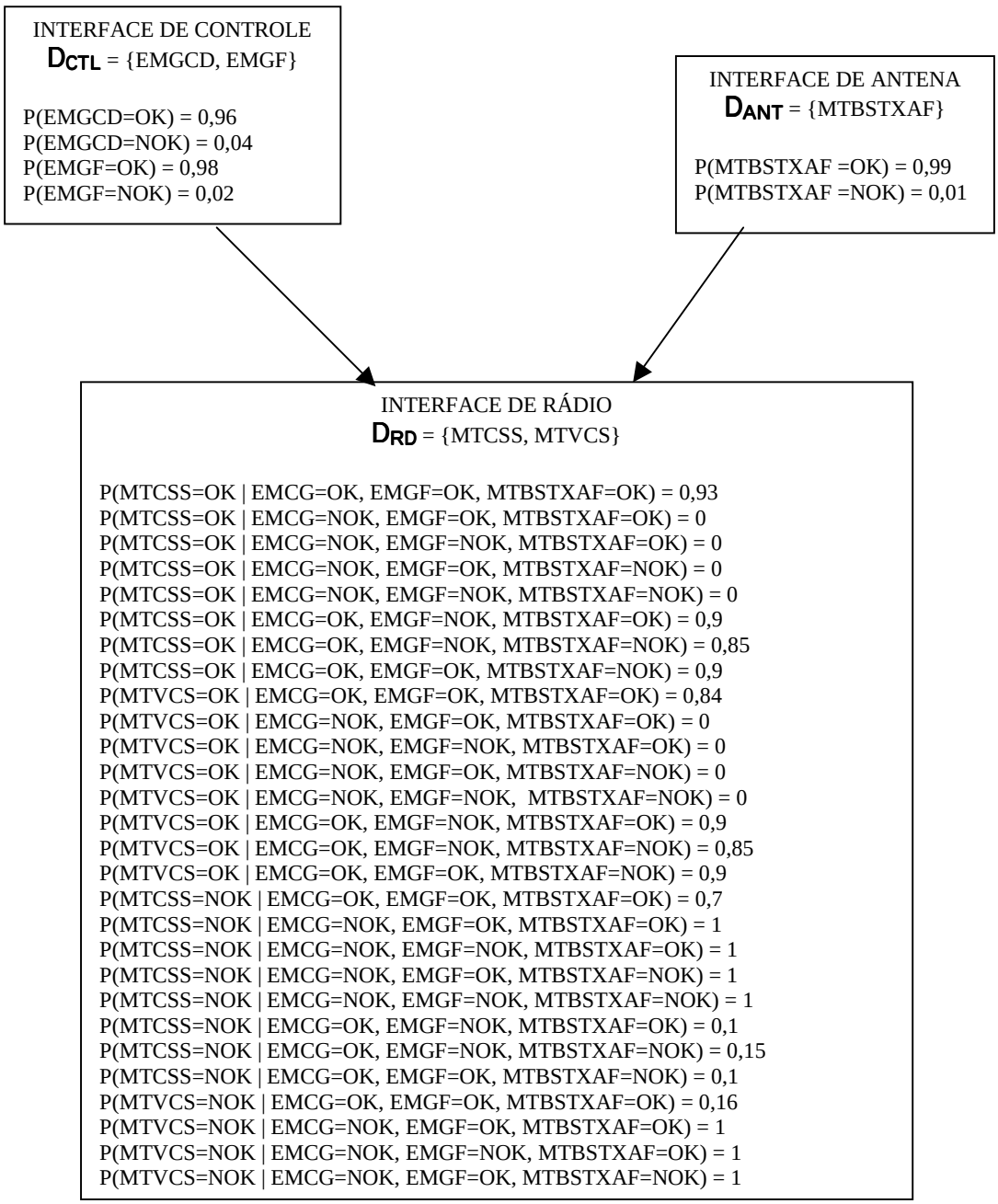


Figura 6.2 – Probabilidades associada aos alarmes da ERB

A probabilidade de P(EMGCD=NOK) = 0,04 significa que a probabilidade da ocorrência de falha *Emg Control Down* é de 0,04, analogamente P(EMGCD=OK) = 0,96 indica que a probabilidade de não ocorrer a falha *Emg Control Down* é de 0,96.

Assim em relação a uma dada ERB da rede em análise, pode ser observado que a P(EMGCD=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK, MTCSS=OK, MTCSS=OK)=

P(EMGCD=OK) . P(EMGF=OK) . P(MTBSTXAF =OK) . P(MTCSS=OK | EMCG=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK) = 0,87.

De acordo com a figura 5.30, a probabilidade para que não se receba um alarme de *Mobile Telephony Cell Service Supervision* numa dada ERB pode ser calculada da seguinte forma:

P(MTCSS=OK) =

P(MTCSS=OK, EMGCD=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=OK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=OK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=OK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTCSS=OK, EMGCD=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=NOK) =
0,93 . 0,96 . 0,98 . 0,99 + 0 . 0,04 . 0,98 . 0,99 + 0 . 0,04 . 0,02 . 0,99 +
0 . 0,04 . 0,98 . 0,01 + 0 . 0,04 . 0,02 . 0,01 + 0,9 . 0,96 . 0,02 . 0,99 +
0,85 . 0,96 . 0,02 . 0,01 + 0,9 . 0,96 . 0,98 . 0,01 = 0,89

Assim, a probabilidade de que seja recebido o alarme de *Mobile Telephony Cell Service Supervision* numa ERB é de: P(MTCSS=NOK) = 1 - P(MTCSS=OK) = 0,11.

Continuando a análise para os demais alarmes tem-se:

P(MTVCS=OK) =

P(MTVCS=OK, EMGCD=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=OK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=OK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=NOK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=OK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=OK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=OK, EMGF=NOK, MTBSTXAF=NOK) +
P(MTVCS=OK, EMGCD=OK, EMGF=OK, MTBSTXAF=NOK) =
0,96 . 0,98 . 0,99 . 0,84 + 0,04 . 0,98 . 0,99 . 0 + 0,04 . 0,02 . 0,99 . 0 +
0,04 . 0,98 . 0,01 . 0 + 0,04 . 0,02 . 0,01 . 0 + 0,96 . 0,02 . 0,99 . 0,9 +
0,96 . 0,02 . 0,01 . 0,85 + 0,96 . 0,98 . 0,01 . 0,9 = 0,81

P(MTVCS=NOK) = 1 – P(MTVCS=OK) = 0,19

De posse dos dados acima, pode ser calculado que a probabilidade que a ERB encontre-se em perfeito funcionamento e a probabilidade que a mesma esteja com falha:

P(ERB=OK) = P(EMGCD=OK) . P(EMGF=OK) . P(MTBSTXAF =OK) .
P(MTVCS=OK) . P(MTVCS=OK) = 0,63

P(ERB=NOK) = 1 - P(ERB=OK) = 0,37

Assim, após ser efetuado o processamento de correlação de alarmes, pode ser criado o alarme ERB FAULT com grau de severidade A1, que será enviado ao ALP indicando a probabilidade da ocorrência da provável causa da falha.

6.3. PASSO 7: DEFINIÇÃO DE TAREFAS

De acordo com o passo anterior, caso ocorresse uma falha na ERB, o ALP receberia o alarme ERB FAULT, onde a sua provável causa apresentaria as probabilidades das possíveis falhas. Por exemplo, na ocorrência da falha sem CLC, a ERB enviaria o conjunto de falhas D_1 = {EMGCD, EMGF, MTVCS, MTCSS}, e este alarme mostraria como sua provável causa a figura 6.3.

EMGCD = 0,67 EMGF = 0,07 MTVCS = 0 MTCSS = 0

Figura 6.3 – Ocorrência da falha no CLC

Onde:

P(ERB=Sem CLC) = 1 – [1 – P(EMGCD=NOK)] . [1 – P(EMGF=NOK)] = 0,06

$$P(EMGCD = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = \frac{P(ERB = Sem\ CLC \mid EMGCD = NOK).P(EMGCD = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Segundo a crença do especialista, P(ERB=Sem CLC| EMGCD=NOK) = 1. Mas, P(ERB=NOK) = 0,06 e P(EMGCD=NOK) = 0,04; tem-se que:

$$P(EMGCD = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = 0,67$$

$$P(EMGF = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = \frac{P(ERB = Sem\ CLC \mid EMGF = NOK).P(EMGF = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Mas, P(ERB=NOK) = 0,06 e P(EMG=NOK) = 0,02; e segundo o especialista P(ERB= Sem CLC| EMGF=NOK) = 0,2; então:

$$P(EMGF = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = 0{,}07$$

$$P(MTVCS = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = \frac{P(ERB = Sem\ CLC \mid MTVCS = NOK).P(MTVCS = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Devido a P(ERB=Sem CLC| MTVCS=NOK) = 0, P(ERB= NOK) = 0,06 e P(MTVCS=NOK) = 0,19; tem-se que:

$$P(MTVCS = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = 0$$

$$P(MTCSS = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = \frac{P(ERB = Sem\ CLC \mid MTCSS = NOK).P(MTCSS = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Como P(ERB=Sem CLC| MTCSS=NOK) = 0, P(ERB= NOK) = 0,06 e P(MTCSS=NOK) = 0,11; então:

$$P(MTCSS = NOK \mid ERB = Sem\ CLC) = 0$$

No caso da ocorrência da falha diminuição de portadoras na interface de ar na ERB, o ALP receberia o alarme ERB FAULT, e enviaria o conjunto de falhas D_2 = {EMGF, MTVCS, MTCSS}, e este alarme mostraria como sua provável causa a figura 6.4.

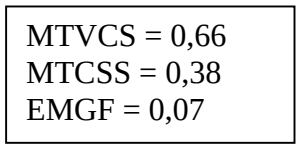


Figura 6.4 – Ocorrência da falha diminuição de portadoras na interface de ar

Onde:

P(ERB=NOK) = 1 – [1 – P(EMGFCD=NOK)] . [1 – P(MTVCS=NOK)] . [1 – P(MTCSS=NOK)] = 0,29

$$P(EMGF = NOK \mid ERB = Dim.\ Port.\ IA) = \frac{P(ERB = NOK \mid EMGF = NOK).P(EMGF = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Mas, P(ERB=Dim. Port. IA| EMGF=NOK) = 1, P(ERB=NOK) = 0,29 e P(EMG=NOK) = 0,02; então:

$$P(EMGF = NOK \mid ERB = Dim.\ Port.\ IA) = 0{,}07$$

$$P(MTVCS = NOK \mid ERB = Dim.\,Port.\,IA) = \frac{P(ERB = Dim.\,Port.\,IA \mid MTVCS = NOK).P(MTVCS = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Devido a P(ERB=Dim. Port. IA| MTVCS=NOK) = 1, P(ERB= NOK) = 0,29 e P(MTVCS=NOK) = 0,19; tem-se que:

$$P(MTVCS = NOK \mid ERB = Dim.\,Port.\,IA) = 0{,}66$$

$$P(MTCSS = NOK \mid ERB = Dim.\,Port.\,IA) = \frac{P(ERB = Dim.\,Port.\,IA \mid MTCSS = NOK).P(MTCSS = NOK)}{P(ERB = NOK)}$$

Como P(ERB=Dim. Port. IA| MTCSS=NOK) = 0, P(ERB= NOK) = 0,29 e P(MTCSS=NOK) = 0,11; então:

$$P(MTCSS = NOK \mid ERB = Dim.\,Port.\,IA) = 0{,}38$$

O uso da rede bayesiana possibilita uma combinação dos dados estatísticos levantados empiricamente durante o funcionamento da rede e das probabilidades subjetivas fornecidas pelos especialistas, os relacionamentos de independência condicional existentes na rede. A vantagem de seu uso está na abordagem probabilística, aproveitando as experiências passadas no processo dedutivo, obtendo respostas aproximadas mesmo quando as informações existentes forem incompletas e imprecisas. À medida que novas informações tornam-se disponíveis, ocorre uma melhoria correspondente na precisão dos resultados. Com isso, as redes bayesiana não apresentam problema na sua robustez.

A tabela 6.2 apresenta as definições das tarefas de manutenção que deverá ser aplicada pelo analista de falha no centro de gerência para a solução da falha ocorrida.

Tabela 6.2 – Tarefas de manutenção

Alarme	Tarefa de Manutenção	
EMGCD	1	Testar o hardware e carregar software no sistema em falha.
	2	Acionar técnico.
EMGF	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTCSS	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTVCS	1	Testar e carregar software no equipamento com falha.
	2	Acionar técnico.
MTBSTXAF	1	Acionar técnico.

6.4. RESULTADOS OBTIDOS

Considerando um exemplo de uma ERB que possui na interface de ar cinco canais analógicos, oito canais digitais, e a hipótese de uma falha na saída do sinal digital desta. O ALP receberá dois alarmes de MOBILE TELEPHONY VOICE CHANNEL SUPERVISION, quatro alarmes de MOBILE TELEPHONY CELL SERVICE SUPERVISION, um alarme EMG FAULT, um alarme EMG CONTROL DOWN. Assim, utilizando o resultado obtido no exemplo de aplicação, estes 8 alarmes seriam reduzidos a apenas um alarme, o ERB FAULT, indicando a maior probabilidade da causa da falha.

Assim, foi obtido como resultado a redução sistemática do número de alarmes recebidos no centro de gerência em análise com a indicação da causa mais provável da falha, facilitando o trabalho dos analistas de falhas no desempenho de suas funções diárias.

O uso da correlação por redes bayesiana a probabilidade é vista como o grau de crença do especialista, e as probabilidades associadas a um nó que não possui antecessores diretos são as probabilidades locais a priori.

Esta correlação possui uma lógica simples, pois podem ser obtidas as probabilidades a posteriori (probabilidades associadas aos nós que possuem antecessores diretos) para as variáveis desejadas.

Contudo esta correlação apresenta como desvantagem a imprecisão, devido a existência de informações a priori que não são precisas, o conhecimento vago. Além disto, as regras para a combinação das crenças dos especialistas são arbitrárias, e as informações a cerca das discordâncias e conflitos entre os especialistas são descartados.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento dos modernos sistemas de gerência de redes, o desafio que existe atualmente consiste na redução do volume de informações recebidos disponibilizados nos centros de gerência, sem afetar o conteúdo semântico destas informações. O uso da correlação de alarme nestes centros, possibilita esta redução de alarmes.

O método estruturado da Manutenção Centrada em Confiabilidade foi modificado e adaptado neste trabalho para uso numa gerência de rede qualquer, desde que os elementos gerenciados possam enviar informações em tempo real sobre o seu atual estado de funcionamento, ou seja, um alarme no caso de falha.

O uso da Correlação Multi-focal Recursiva permite o uso combinado dos diferentes métodos e algoritmos de correlação visto no item 2.4 e possibilita que o número de alarmes recebidos sejam reduzidos, para que o analista de falha possa tratar mais rapidamente a falha ocorrida.

Assim, a Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes permite o estabelecimento de tarefas de manutenção numa gerência de rede, possibilitando uma rápida visualização da causa da falha e o estabelecimento de tarefas padronizadas a serem aplicadas para a solução da mesma.

O modelo MBCA contribui para o desenvolvimento de um método que elabora tarefas padronizadas de manutenção a serem utilizadas numa gerência de rede, apresentando como vantagem, a diminuição no tempo de reparo do equipamento em falha.

A escolha da correlação baseada em regras no primeiro estudo de caso foi motivada pela simplicidade da arquitetura da rede, o sistema em análise não sofria rápidas modificações em sua topologia de rede, pois para acrescentar uma ERB na rede seria necessário alugar mais um link de 2Mbps para a empresa prestadora de serviço, não causando maiores problemas na topologia do seu sistema. Além do mais, iria utilizar a potencialidade do FMX, disponível no sistema em análise.

A desvantagem é que este método usa uma abordagem determinística, considerando apenas a relação de causa e efeito segundo a crença dos especialistas na escolha do alarme causador da falha. Este método também não aproveita as experiências passadas no processo dedutivo, ou seja, disparará novamente as mesmas regras sempre que for submetido ao mesmo conjunto de alarmes, chegando mais uma vez à mesma conclusão.

Outra desvantagem dele é que o seu conhecimento está limitado às regras do seu banco de dados, o sistema não consegue lidar com as situações em que as regras não são aplicadas, afetando assim sua robustez, já que o sistema pode ficar sem alternativas diante de muitas situações comuns num ambiente TMN.

Considerando a topologia de rede da TIM Nordeste, o uso da correlação baseada em regras é o mais apropriado. Pois, esta empresa possui uma arquitetura de rede simples que não sofre rápidas modificações, devido a maioria dos seus links de transmissão serem alugados.

No segundo estudo de caso foi utilizada a rede bayesiana na correlação de alarme, esta correlação incorpora, a partir da combinação de dados estatísticos levantados empiricamente durante o funcionamento da rede e das probabilidades subjetivas fornecidas pelos especialistas, os relacionamentos de independência condicional existentes na rede. A vantagem de seu uso está na abordagem probabilística, aproveitando as experiências passadas no processo dedutivo.

Com as redes bayesianas é possível obter respostas aproximadas mesmo quando as informações existentes forem incompletas e imprecisas, à medida que novas informações tornam-se disponíveis ocorre uma melhoria correspondente na precisão dos resultados. Com isso, as redes bayesiana não apresentam problema na sua robustez.

A desvantagem desta correlação é a imprecisão, devido a existência de informações a priori que não são precisas (o conhecimento vago). Além disto, as regras para a combinação das crenças dos especialistas são arbitrárias, e as informações a cerca das discordâncias e conflitos entre os especialistas são descartados.

Outra desvantagem para a aplicação deste tipo de correlação na empresa em análise é que a mesma não possui uma ferramenta disponível para o seu uso na MBCA, sendo necessário elaborar ou adquirir esta, ou seja, acréscimo de custo na empresa.

Levando em consideração a TELEMAR, o uso das redes Bayesiana no passo seis é o mais indicado. Pois, esta empresa possui uma arquitetura de rede complexa, e seu sistema sofre rápida modificação com o tempo, devido a ampliações na sua rede.

Conforme pôde ser observado na aplicação do MBCA nos capítulos 5 e 6, a aplicação desta metodologia aos elementos de rede gerenciados permite uma diminuição no tempo de análise de falha, devido à redução de alarme que foi efetuada no passo seis (itens 5.1.6 e 6.2), observando o relacionamento funcional entre as sub-redes e a propagação dos efeitos das falhas, facilitando o estabelecimento das tarefas no passo sete (itens 5.1.7 e 5.3).

Este trabalho utilizou a MBCA na rede de telecomunicações (ver capítulos 5 e 6), mais isto não implica na perda de generalidade na aplicação deste modelo na rede de computadores. Segundo Tanenbaum (1996) uma rede de computadores pode ser vista como um conjunto de computadores autônomos interconectados, isto é, aptos a trocarem informações entre si. Desta forma muitos sub-subsistemas de telecomunicações modernos, como exemplo, as redes de sinalização do ITU-T (ITU-T, 1993), as redes inteligentes, as redes de gerência, podem ser vistas como grandes redes de computadores.

Este modelo (ver capítulo 4) apresenta uma limitação que é a possibilidade de inconsistência que pode ocorrer no processo de correlação, devido à possibilidade de que haja um atraso na chegada do alarme no elemento de rede com falha, o não entendimento do rótulo da falha devidos a problemas na transmissão do alarme, ou a ausência do mesmo pela falha de transmissão elevando a incerteza no processo de análise da falha.

O modelo proposto no capítulo 5 é robusto, podendo ser facilmente adaptado para refletir expansões, alterações arquiteturais e tecnológicas na rede modelada. A implementação do mesmo num protótipo, utilizando uma rede de telecomunicações, obteve como resultado a redução do número de alarmes, facilidade de visualização da causa da falha, facilitando o trabalho dos analista de falhas no desempenho de suas funções diárias e diminuindo o tempo de reparo.

Assim, este trabalho contribuiu para o desenvolvimento de uma metodologia de manutenção utilizando a correlação de alarmes que pode ser aplicada, a princípio, a qualquer tipo de rede, desde que os elementos gerenciados possam enviar alarmes em tempo real no caso da ocorrência de alguma alteração no seu estado normal de funcionamento.

7.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A empresa, que foi tomada como modelo para a aplicação do MBCA, possuía a característica de utilizar o meio de transmissão de outra empresa para interconectar as ERB a CCC, tendo como conseqüência uma diminuição na complexidade da rede analisada, favorecendo a utilização de métodos mais simples, a correlação baseada em regras. Assim, poderia ser efetuada uma aplicação da MBCA em redes mais complexas, utilizando os métodos que foram descritos no item 2.4.2 e avaliando as vantagens e desvantagens de cada um destes num exemplo de aplicação.

Nos exemplos de aplicação foram apenas considerado a aplicação do MBCA em equipamentos em falha, assim poderia ser feito uma aplicação desta ferramenta em alarmes

que apresentam uma degradação no funcionamento da rede, ou seja, nos alarmes que apresentam uma falha na qualidade do seu funcionamento.

No estudo de caso 2, foi utilizado as probabilidades de estado, probabilidades discretas, poderia ser efetuado um estudo para a introdução de funções de distribuição no modelo MBCA.

Em continuidade a esta linha de pesquisa, também poder-se-ia utilizar a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) como apoio à decisão do alarme causador da falha, correlacionando os alarmes recebidos na rede em análise.

Poderia ser elaborado um software capaz de aplicar o processo MBCA nos equipamentos que permitam o acesso remoto e sejam capazes de enviar informações sobre o seu estado atual de funcionamento, e que utilize na correlação de alarmes quaisquer um dos métodos descritos na seção 2.4.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. *Recomendação NBR-5462 - Confiabilidade e mantenabilidade.* 1997.

ANSI. *Recommendation TIA/EIA-553-A: Mobile Station - Base Station Compatibility Standard.* Nov, 1999.

ANSI *Recommendation T1.217-1991(R1998): ISDN Management - Primary Rate Physical Layer.* 1998

AIDAROUS, SALAH AND PLEVYAK, Thomas. *Principles of Network Management.* In: Aidarous, SALAH AND PLEVYAK ed. *Telecomunications Network Management into the 21st Century.* IEEE PRESS, 1993, cap.1, p. 1-18.

ALMEIDA, ADIEL T., CAMPELLO SOUZA, F. M. *Gestão da Manutenção na Direção da Competitividade.* Ed. Universitária. Recife, 2001.

ALMEIDA, ADIEL T. *Engenharia da Manutenção – Visão Conceitual – II.* XII Seminário Nacional de Produção e Trasmissão de Energia Elétrica, Recife, 1993.

BERGER, JAMES O. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis.* Springer, 1985.

CAMPELLO DE SOUZA, F. M. *Edução do Conhecimento a Priori – Notas de Aula.* UFPE, Recife, 2001.

CARTER, A. D. S.; *Mechanical Reliability.* London, Macmillian,1986.

COSTA, DIAMANTINO JOSÉ GONÇALVES. *Avaliação do Impacto de Falhas em Nós de Sistemas Paralelos.* Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra, Portugal. Dezembro, 1996

DAVENPORT, WILBUR B. *Probability and Random Process: an Introduction for applied scientists and engineers.* McGraw Hill, 1996.

DELZELL, J., PITHAN, J., RIKER, J., SPOONER, C. AND SMITH, A. M. *RCM process yields surprising results*. Power Engineering. Barrington, Nov. 1996.

DUNDICS, DESI G. *Reliability-Centered Maintenance Returns Benefits.* Quality. Wheaton, Feb. 2000.

ERICSSON. *Cellular Network Operation: XM/TMOS.* Vol.1, 2. LZU 115 104/53, Rev. C (98-04-28).

ERICSSON. *Cellular Network Operation: OSS.* LZU 108 4575/53, Rev. D (98-12-07).

ERICSSON. *ERB 884 Macro O&M.* LZU 108 3350/53, Rev. E (99-02-12).

ERICSSON. *ERB 884 Macro Integração.* LZBB 108 4537/3. Rev. B (99-03-31)

ERICSSON. *Application Module – Fault Management.* Vol. 2. LZB 134 40/1. Rev. B (98-04-28)

FERREIRA, LUÍS ANDRADE. *Novas Estratégias da Manutenção.* EXPONOR. Porto, Nov-4, 2001.

FRÖHLICH, P. AND JOBMANN, K. AND NEJDL, W. *Model-Based Alarm Correlation in Cellular Phone Networks.* International Symposium on Mod-elling Analysis and Simulation of Computers and Telecommunication Systems. Haifa, Israel. Jan. 1997.

GOMES, L.F.A.M. *Apoio Multicritério à Decisão - Notas de Aula* – IX CLAIO, Buenos Aires, Argentina, ago-31/set-4, 1998.

ITU-T. *Recommendation G.774. Synchronous Digital Hierarchy SDH: Management Information Model for Network Element View.* Set, 1992a.

ITU-T. *Recommendation Q.700: Introduction to CCITT Signalling System nº 7.* Mar, 1993.

ITU-T. *Recommendation M.3000: Overview of TMN Recommendations.* Oct. 1994.

ITU-T. *Recommendation M.3010: Principles for a Telecommunication Management Networks.* May.1996.

ITU-T. *Recommendation M.3020: TMN Interfaces Specifications Methodology.* Oct. 1992b.

ITU-T. *Recommendation M.3180: Catalogue of TMN Management Information.* Oct. 1992c.

ITU-T. *Recommendation M.3200: TMN Management Services – Overview.* Oct.1992d.

ITU-T. *Recommendation M.3400: TMN Management Functions.* Oct.1992e.

ITU-T. *Recommendation X.200: Information Technology – Open System Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model.* Jul, 1994.

ITU-T. *Recommendation X.700: Management Framework for Open System Interconnection for CCITT Applications.* Set, 1992b.

ITU-T. *Recommendation X.710: Common Management Information Service Definition for CCITT applications.* 1991.

ITU-T. *Recommendation X.733. Information Technology – Open System Interconnection – System Management: Object Management Function.* Set, 1992c.

ITU-T. *Recommendation Z.100. Specification and description language (SDL). Nov, 1999.*

LATINO, MARK. *RCFA + RCM = Formula for Successful Maintenance*. Plant Engineering. Barrington, Dec.1999.

MARTZ, HARRY F. and WALLER RAY A.; *Bayesian Reability Analysis.* John Willey & Sons, 1982.

MEHROTRA, ASHA. *Analog and Digital System.* Artech House, 1994.

MEHROTRA, ASHA. *Cellular Radio Performance Engineering.* Artech House, 1994.

MEIRA, DILMAR MEDEIROS. Um Modelo para Correlação de Alarmes em Redes de Telecomunicações. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Nov, 1997.

MICHAELIS. *Dicionário Eletrônico Michaelis.* São Paulo, Brasil. DTS Software, 2000.

MOREIRA, DANIEL A. *Administração da Produção e Operações.* São Paulo, Brasil. Ed. Pioneira, 2000.

MOUBRAY, JOHN. *Maintenance Manegement: A New Paradigm.* 1995

O'CONNOR, PATRICK D. T.; *Practical Reliability Engineering.* John Willey & Sons, 1989.

OLSON, D.L.; *Decision Aids for Election Problems*; Springer 1996.

PYE, ANDY. *Maintaining expectations.* Works Management. Horton Kirby, Spring 2000

ROY,B. *Mulcriteria Methodology for Decision Aiding.* Netherlands, Kluwer Academic Plublishers, 1996

SAHIN, VELI. *Telecommunications Management Network: Principles, Models, and Applications.* In: Aidarous, SALAH AND PLEVYAK ed. *Telecomunications Network Management into the 21st Century.* IEEE PRESS, 1993, cap.3, p. 72-121.

SLACK, NIGUEL; CHAMBERS, STUART; HARLAND, CHRISTINE; HARRISON, ALAN; JOHNSTON, ROBERT. *Administração da Produção.* São Paulo, Brasil. Ed. Atlas, 1996.

SMITH, ANTHONY M.; *Reliability-Centered Maintenance*. McGraw Hill, 1992.

TANENBAUM, ANDREW S. *Computer networks.* Prentice Hall,1996.

TUCHS, KLAUS-DIETER AND TONDL, PETER AND RADIMIRSCH, MARKUS AND JOBMANN, KLAUS. *Automatic Search for Correlated Alarms.* München, Apr, 2000.

VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, 1992

WIETGREFE, H. AND TUCHS, K. D. AND JOBMANN, K., et.al: *Using Neural Networks for Alarm Correlation in Cellular Phone Systems.* International Workshop on Applications of Neural Networks to Telecommunications. Melbourne, Australia. Jun. 1997.

WILMETH, RANDALL G. and USREY, MICHAEL W. *Reliability-Centered Maintenance: A Case Study*. Engineering Management Journal, Dec. 2000.

ANEXO 1 – LISTA DE ACRÔNIMOS

Assim, abaixo se encontram as siglas que são utilizadas neste trabalho listado em ordem alfabética:

$\pi(\theta \mid x)$ – Distribuição a posteriori

$\pi(\theta)$ – Probabilidade a priori

ABLOCK – Automatically Block

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACA – Adaptive Channel Allocation

ALM – Alarm Module

ALP – Alarm List Presentation

aammdd – ano, mês, dia

AMPS – Advanced Mobile Phone System

ANA – Analógico

ANN – Artificial Neural Network

ANP – Antenna Near Port

ANPC – Antenna Near Port Cabinet

ANSI – American National Standarts Institute

ATC – Autotuned Combiner

ATCC – Autotuned Combiner Cabinet

ATM – Asynchronous Transfer Mode

BFF – Bit Fault Frequency

BGS-SM – Business Group System

BLO – Number of blocked devices

BS – Blocking Supervision

BSPR – Basic System of Preference Relations

CBLOCK – Control Block

CC – Control Channel

CCC – Central de Comutação Celular.

CCTYPE – Control Channel Type

CGSA – Cellular Geographic Service Area

C-Link – Control Link

CLC – Control Link Channel

CMOS – Cellular Management Operations System

CMS – Cellular Management System

CNC – Cellular Network Configuration

CNO – Cellular Network Operation

CNP – Cellular Network Performance

CRI – Control and Radio Interface

CTC- Control Tuning Controller

D_{ANT} – Domínio da Interface de Antena

D_{CTL} – Domínio da Interface de Controle

D_{RD} – Domínio da Interface de Rádio

D-AMPS – Digital Advanced Mobile Phone System

dBm – Unidade de medida logarítmica em relação a 1mW

DPFS – Digital Path Fault Supervision

DPQS – Digital Path Quality Supervision

DC – Direct Current

DCCH – Digital Control Channel

DCN – Data Communications Network

DCON – Data Connection

DEV – Device

DEVTYPE – Device Type

DIG – Digital.

Dim. Port. IA – Diminuição da Portadora na Interface de Ar

DIP - Digital Path Name

DOD – Department of Defense

DPFS – Digital Path Fault Supervision

E1 – Feixe PCM do padrão europeu com 2,048 Mbps

EIA – Electronics Industry Association

EMG – Extension Module Group

EMGCD – Emg Control Down

EMGF – Emg Fault

EMRP – Extension Module Regional Processor

EMRPS – Extension Module Regional Processor Speech

EM – Estação Móvel

EPRI – Electric Power Research Institute

ERB – Estação Rádio Base

ETB – Extension Terminal Module

f.d.p. – função de densidade de probabilidade.

FAA – Federal American Aircraft

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

FMA – Fault Management Application

FMK – Fault Management Kernel

FMX – Fault Management Expert

FOG – File Operation Gateway

f(t) – função em relação ao tempo

FAA – Federal Aviation Administration

FMAS – Facility Management System

$f(y \mid \theta)$ – função de probabilidade de ocorrência de y dado que θ ocorreu

HLR – Home Location System

hhmmss – hora, minuto, segundo

HP – Hight Power

ITU-T – International Telecommunication Union

L – Likelihood

LAN – Local Area Network

LVB – Limit Value Blocking

LP – Low Power

MAN – Metropolitan Area Network

MAUT – Multiple Attribute Utility Theory

Mbps – 10^6 bits por segundo.

MC – Manutenção Corretiva.

MCA – Multicoupler Branch A

MCB – Multicoupler Branch B

MBCA – Manutenção Baseada na Correlação de Alarmes

MCC – Mobile Control Channel

NCD – Number of fully Connected Devices

MCU – Measurement Coupler Unit

MD – Mediation Device

MDCC – Mobile Digital Control Channel

MDVC – Mobile Digital Voice Channel

MLOC – Mobile Location

MML – Man-Machine Language

MTBSATCF – Mobile Telephony Base Station Auto Tuned Combiner Fault

MTBSCTCDF – Mobile Telephony Base Station Combiner Tuning Controller Device Fault

MTBSMF – Mobile Telephony Base Station Multicoupler Fault

MTBSTXAF – Mobile Telephony Base Station Tx Antenna Fault

MTCSS – Mobile Telephony Cell Service Supervision

MTVCS – Mobile Telephony Voice Channel Supervision

MVC – Mobile Voice Channel

MVER – Mobile Verification Device

MP – Medium Power

NCVC – Number of Fully Connected Voice Channel

NBD – Number Blocked

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

NDV –Number of Devices

NDVC – Number of Disturbed Voice Channel

NE – Network Element

NHVC – Hardware blocked Voice Channel

NMVC – Manual blocked Voice Channel

OAM – Operations, Administrations and Maintenance

OAM&P – Operations, Administrations, Maintenance and Provisioning

OEM – Original Equipment Manufacture

O&M – Operação e Manutenção

OS – Operation System

OSS – Operation and Support System

OSI – Open System Interconnection

PCM – Pulse Code Modulation

PCS – Personal Communication Service

PDC – Personal Digital Cellular

PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy

Port. At. – Portadora Atenuada

Pr(*A*) – Probabilidade do evento *A*

PSP – Power Splitter

PSTN – Public Switched Telephone Network

PTS – Ponto Terminal de Sinalização

QA – Q-adapter

R – Route designation

R(*t*) – Reliability

RCM – Reliability-Centered Maintenance

RDSI – Rede Digital de Serviços Integrados

RF – Sinal de Radio Freqüência

RFTL – Radio Frequency Test Loop

RITSW – Remote Interface Time Switch

RTT – Radio Transceiver Terminal

RXBP – Receiver Bandpass Filter

SCF – Semipermanent Connection Fault

SDH – Synchronous Digital Hierarchy

SDL – Specification and Description Language

SEV – Severity Level

SFL – Slip Frequency Limit

SID – System Identification

SMAS – Service Management System

SS7 – Signalling System Number 7

SS – Signal Strength

SSR – Signal Strength Receiver

STC – Signaling Terminal Regional

T1 – Feixe PCM no padrão americano com 1,536 Mbps

TIA – Telecommunications Industry Association

TCB – Transceiver Cabinet

TDMA – Time Division Multiple Access

TMN – Telecommunications Management Network

TMOS - Telecommunications Management Operations Support

TRX – Transceiver

TXBP – Transmitter Bandpass Filter

V.24 – Interface padrão V.24

VER – Verification Device

VLR – Visited Location Register

VSWR – Voltage Standing Wave Ratio

WAN – Wide Area Network

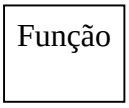
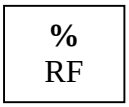
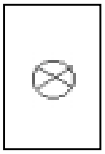
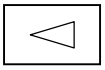
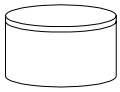
XM-CNO - Exchange Management System

WS – Workstation

ANEXO 2 – SIMBOLOGIA UTILIZADA

Neste trabalho existem alguns diagramas em bloco que são utilizados para melhor visualizar a explicação de um determinado equipamento ou sistema, assim para melhor compreensão da simbologia utilizada, na próxima página encontram-se os símbolos gráficos utilizados neste trabalho.

Tabela 8.1 – Simbologia utilizada

Símbolo	Função
	Indica a função que o Bloco desempenha
	Divisor de RF
	Combinador de RF
	Filtro passa-faixa
	Amplificador
	Banco de dados
	Decisão
	Entrada
	Procedimento

ANEXO 3 – DIAGRAMAS E FIGURAS

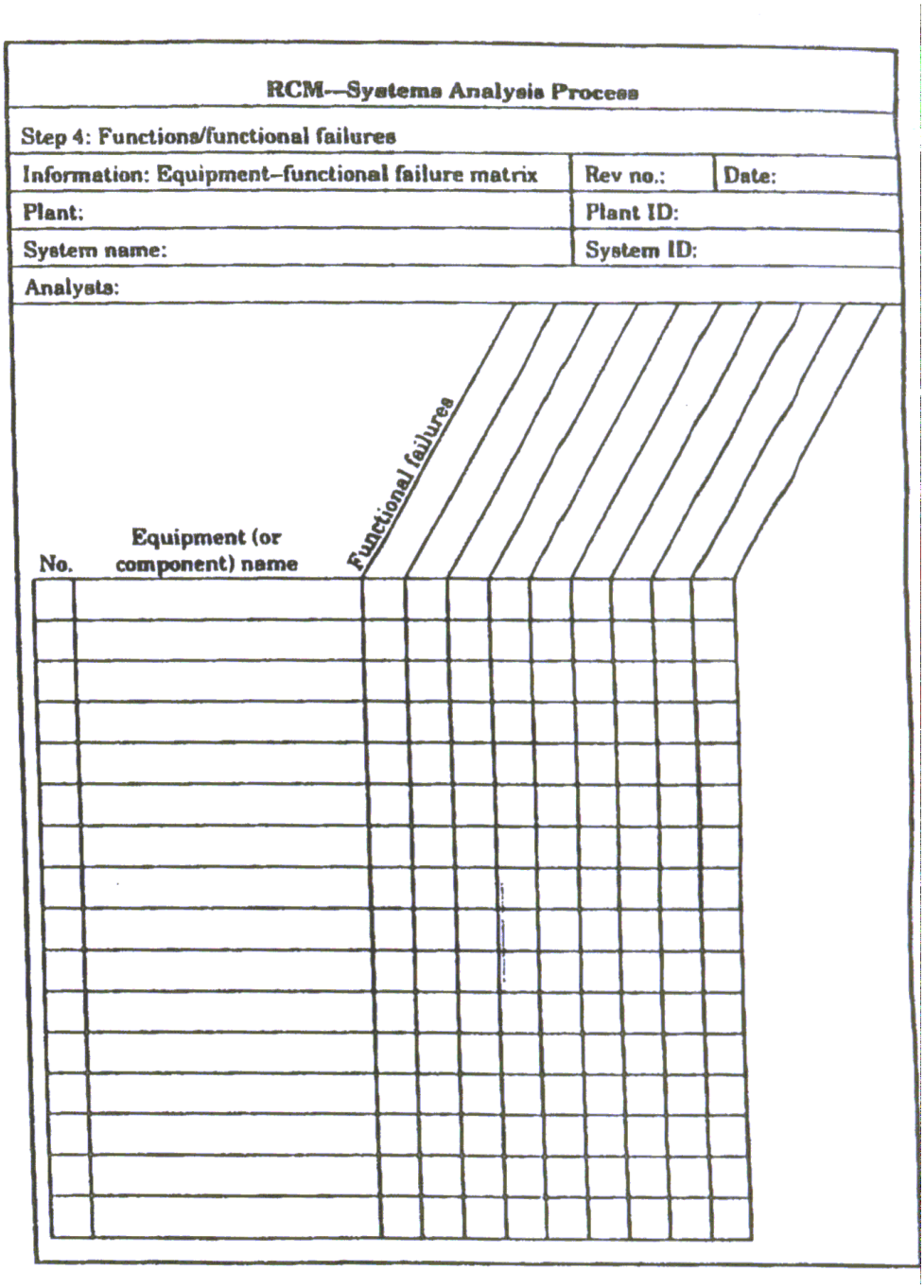


Figura 1- Matriz de equipamento x falhas funcionais (adaptação de Smithl,1992)

RCM—Systems Analysis Process		
Step 5: Failure mode and effects analysis	Rev no.:	Date:
Functional failure no.:	FF title:	
Plant:	Plant ID:	
System name:	System ID:	
Analysts:		

Component	Failure mode	Failure cause	Failure effect			LTA
			Local	System	Plant	

Figura 2 – Planilha de modo de falha específico, componente e causa de falha (adaptação de Smithl,1992)

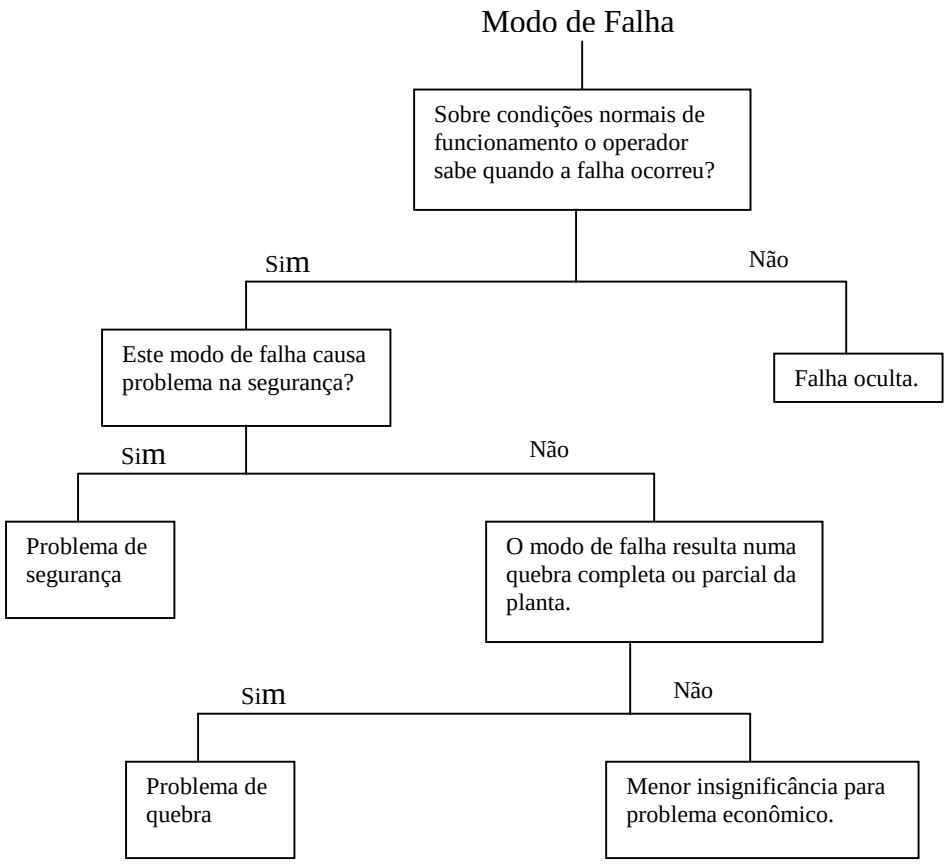


Figura 3 – Diagrama de bloco esquemático deste processo de decisão

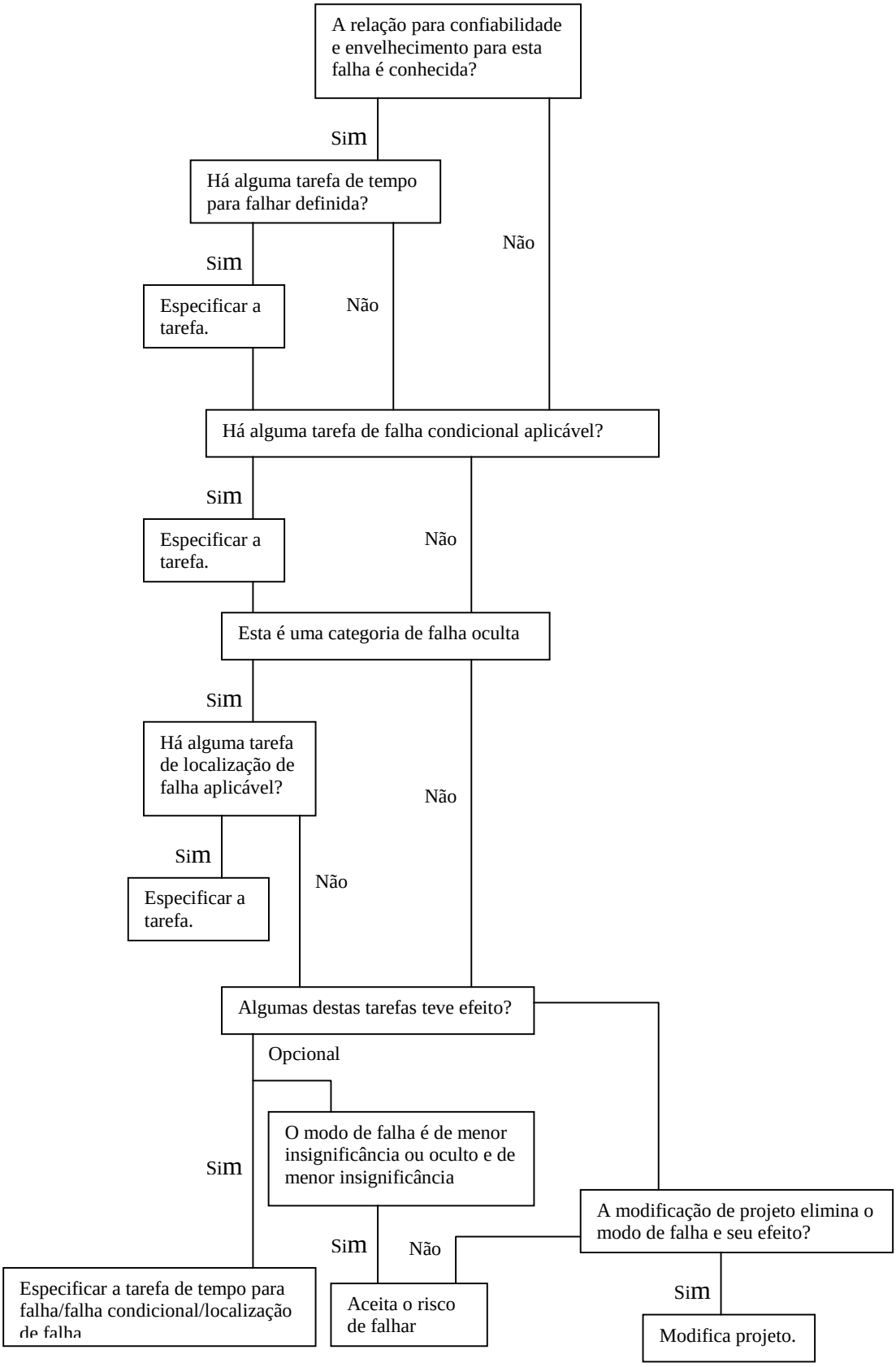


Figura 4 – Modelo estruturado de seleção de tarefa para a manutenção preventiva

MBCA - Processo de Analise do Sistema									
Informação: Matriz de Alarme-Falha Funcional						Rev.:		Data:	
Planta:						ID da Planta:			
Nome do Sistema:						ID do Sistema:			
Analista:									
Alarmes / Falha Funcional									

Figura 5 – Matriz de alarmes x falhas funcionais