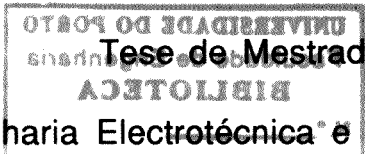
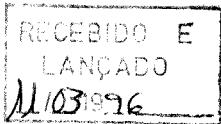


**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**  
**Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores**

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
TRANSMISSÃO DE AVARIAS  
EM PASSAGENS DE NÍVEL  
(SATA)**

 **Tese de Mestrado**    
em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Perfil de Telecomunicações

**Jorge Manuel de Macedo Martins Vidal**

**DEZEMBRO 1991**

Tese realizada sob a orientação do  
Prof. Dr. Eurico Manuel Carrapatoso  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e  
Computadores da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar os meus sinceros e profundos agradecimentos a todas as pessoas, que duma forma ou de outra, quer directa quer indirectamente, tornaram possível a realização deste trabalho.

A todas essas pessoas, o meu

Muito Obrigado.

## ÍNDICE

|                        |   |
|------------------------|---|
| LISTA DE FIGURAS ..... | V |
|------------------------|---|

|                |     |
|----------------|-----|
| GLOSSÁRIO..... | VII |
|----------------|-----|

|              |    |
|--------------|----|
| RESUMO ..... | IX |
|--------------|----|

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

## CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES, CONTROLO E COMANDO

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 - Introdução .....                                                              | 6  |
| 2.2 - O Centro de Comando .....                                                     | 9  |
| 2.3 - A Rede de Comunicações.....                                                   | 10 |
| 2.3.1 - LANs.....                                                                   | 11 |
| 2.3.2 - MANs .....                                                                  | 12 |
| 2.3.3 - WANs.....                                                                   | 13 |
| 2.3.3.1 - Difusão.....                                                              | 14 |
| 2.3.3.2 - Comutação de Circuitos.....                                               | 15 |
| 2.3.3.3 - Circuitos Dedicados Privados.....                                         | 17 |
| 2.3.3.4 - Comutação de Pacotes.....                                                 | 17 |
| 2.4 - Exemplos de Sistemas.....                                                     | 20 |
| 2.4.1 - Sistema de Gestão Remota para Cabines Telefónicas.....                      | 20 |
| 2.4.2 - Sistema de Observação de Serviço Centralizado de Apoio à Rede (OSCAR) ..... | 22 |
| 2.5 - Avaliação de Custos .....                                                     | 25 |
| 2.6 - Resumo .....                                                                  | 26 |

## CAPÍTULO 3 - ARQUITECTURA E FUNÇÕES DO SATA

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 3.1 - Introdução.....                     | 29 |
| 3.2 - Arquitectura do SATA.....           | 30 |
| 3.2.1 - Circuitos Dedicados Privados..... | 32 |
| 3.2.2 - Circuitos Comutados.....          | 37 |
| 3.2.3 - Definição duma Arquitectura.....  | 39 |

---

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 3.3 - Funções a desempenhar pelo CC.....     | 43 |
| 3.3.1 - Supervisão e Comando.....            | 43 |
| 3.3.2 - Visualização.....                    | 48 |
| 3.4 - Vantagens oferecidas pelo Sistema..... | 50 |
| 3.5 - Resumo.....                            | 51 |

## CAPÍTULO 4 - CONTROLO DE ERROS, CODIFICAÇÃO E DECODIFICAÇÃO

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 4.1 - Introdução.....                                 | 55 |
| 4.2 - Codificação de Canal.....                       | 55 |
| 4.3 - Ganho de Codificação.....                       | 56 |
| 4.4 - Controlo de Erros.....                          | 57 |
| 4.4.1 - ARQ (Automatic Repeat Request).....           | 57 |
| 4.4.2 - FEC (Forward Error Correction).....           | 60 |
| 4.4.3 - Procedimento Adoptado.....                    | 61 |
| 4.5 - Sequências Estruturadas.....                    | 62 |
| 4.5.1 - Código de Blocos Linear.....                  | 62 |
| 4.5.2 - Códigos Cíclicos.....                         | 63 |
| 4.5.3 - Códigos mais Comuns.....                      | 66 |
| 4.5.4 - Análise Comparativa.....                      | 66 |
| 4.5.5 - Desempenho em Códigos de Blocos Lineares..... | 66 |
| 4.5.6 - Alguns Exemplos Práticos.....                 | 68 |
| 4.5.7 - Códigos Convolucionais.....                   | 71 |
| 4.6 - Código Utilizado no SATA.....                   | 72 |
| 4.7 - Resumo.....                                     | 74 |

## CAPÍTULO 5 - PROTOCOLO DE COMUNICAÇÕES

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 5.1 - Introdução.....                        | 77 |
| 5.2 - Formato das Mensagens.....             | 79 |
| 5.3 - Tipo de Mensagens.....                 | 81 |
| 5.3.1 - Enviadas pelas UADs.....             | 81 |
| 5.3.2 - Enviadas pelo CC.....                | 83 |
| 5.4 - Características do Protocolo SATA..... | 85 |
| 5.4.1 - Sincronização de Trama.....          | 85 |
| 5.4.2 - Controlo de Fluxo.....               | 87 |
| 5.4.3 - Controlo de Erros.....               | 87 |
| 5.4.4 - Endereçamento.....                   | 88 |
| 5.4.5 - Considerações Finais.....            | 88 |
| 5.5 - Exemplos de Comunicações.....          | 90 |

---

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5.1 - Estabelecimento de Comunicação após Reinicialização do CC ..... | 90 |
| 5.5.2 - Pedido de Número de Telefone .....                              | 91 |
| 5.5.3 - Alteração do Período Máximo entre Comunicações .....            | 91 |
| 5.5.4 - UAD não Configurada no CC .....                                 | 92 |
| 5.5.5 - Inicialização numa UAD Configurada .....                        | 92 |

## CAPÍTULO 6 - ESTRUTURAÇÃO DO SOFTWARE

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1 - Introdução .....                                        | 94  |
| 6.2 - Estrutura do Software de Configuração .....             | 95  |
| 6.2.1 - Configuração da Base de Dados .....                   | 95  |
| 6.2.2 - Estrutura Básica da Informação na Base de Dados ..... | 96  |
| 6.3 - Estrutura do Software no CC .....                       | 98  |
| 6.3.1 - Ficheiro SATAPRN.C .....                              | 98  |
| 6.3.2 - Ficheiro SATACOM.C .....                              | 100 |
| 6.3.3 - Ficheiro SATACMD.C .....                              | 102 |
| 6.3.4 - Ficheiro SATACHEF.C .....                             | 103 |
| 6.3.5 - Ficheiro SATAPAC.C .....                              | 106 |
| 6.3.6 - Outros Ficheiros .....                                | 106 |
| 6.3.6.1 - Ficheiro SATA.H .....                               | 106 |
| 6.3.6.2 - Ficheiro SATABILD.C .....                           | 107 |
| 6.3.6.3 - Ficheiro SATA.C .....                               | 107 |
| 6.4 - Resumo .....                                            | 108 |

## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E EVOLUÇÃO FUTURA

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 7.1 - Conclusões .....      | 111 |
| 7.2 - Evolução Futura ..... | 113 |

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| APÊNDICE A - TARIFÁRIO DE CIRCUITOS DE TELECOMUNICAÇÕES ..... | 115 |
|---------------------------------------------------------------|-----|

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| APÊNDICE B - ÉCRANS DO CENTRO DE COMANDO DO SATA ..... | 120 |
|--------------------------------------------------------|-----|

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| APÊNDICE C - PROGRAMA AUXILIAR DE ENSAIOS E TESTE ..... | 131 |
|---------------------------------------------------------|-----|

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| APÊNDICE D - PROSPECTOS DO SATA ..... | 137 |
|---------------------------------------|-----|

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA ..... | 141 |
|----------------------------------|-----|

## LISTA DE FIGURAS

|             |                                                                                             |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1  | Diagrama genérico das tarefas principais a desempenhar pelos sistemas C <sup>3</sup> .....  | 7  |
| Figura 2.2  | Configuração básica dos sistemas C <sup>3</sup> .....                                       | 8  |
| Figura 2.3  | Áreas nos sistemas C <sup>3</sup> .....                                                     | 9  |
| Figura 2.4  | O Centro de Comando.....                                                                    | 10 |
| Figura 2.5  | Sistema de telecomando e supervisão utilizando a técnica da difusão.....                    | 15 |
| Figura 2.6  | Interligação através da rede telefónica pública comutada.....                               | 16 |
| Figura 2.7  | Datagramas internos.....                                                                    | 18 |
| Figura 2.8  | Circuito virtual interno.....                                                               | 18 |
| Figura 2.9  | Arquitectura do Sistema de Gestão Remota.....                                               | 22 |
| Figura 2.10 | Arquitectura da rede OSCAR.....                                                             | 24 |
| Figura 3.1  | Hierarquia nas redes de comunicações.....                                                   | 31 |
| Figura 3.2  | Configuração de rede em estrela.....                                                        | 32 |
| Figura 3.3  | Configuração de rede em estrela dupla.....                                                  | 33 |
| Figura 3.4  | Configuração típica duma rede multidrop.....                                                | 33 |
| Figura 3.5  | Configuração de rede multidrop a quatro fios.....                                           | 34 |
| Figura 3.6  | Configuração de rede de comunicações utilizando ambas as técnicas: estrela e multidrop..... | 35 |
| Figura 3.7  | Relacionamento "mestre-escravo" entre unidade central e unidades remotas.....               | 37 |
| Figura 3.8  | A rede pública comutada (circuitos ou pacotes).....                                         | 38 |
| Figura 3.9  | A Arquitectura adoptada para o SATA.....                                                    | 42 |
| Figura 3.10 | A função de Supervisão e Comando no CC do SATA.....                                         | 47 |
| Figura 3.11 | A função de Visualização no CC do SATA.....                                                 | 50 |
| Figura 4.1  | Desempenho de erros, para modulação PSK coerente, com vários códigos (n,k).....             | 57 |
| Figura 4.2  | Diagrama geral dum sistema de controlo de erros ARQ.....                                    | 58 |
| Figura 4.3  | Diagrama geral dum sistema de controlo de erros FEC.....                                    | 60 |
| Figura 4.4  | Shift register de (n-k) andares.....                                                        | 65 |
| Figura 4.5  | Picd para códigos com n=31, em função da probabilidade de erro por bit (p) no canal.....    | 69 |
| Figura 4.6  | Picd para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit (p) no canal.....    | 69 |

|             |                                                                                          |     |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.7  | Picd para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit (p) no canal..... | 70  |
| Figura 4.8  | Picd para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit (p) no canal..... | 70  |
| Figura 4.9  | Diagrama de blocos típico dum sistema com codificação/descodificação convolucional.....  | 71  |
| Figura 4.10 | Codificador convolucional genérico.....                                                  | 72  |
| Figura 5.1  | Princípios do modelo OSI em operação.....                                                | 78  |
| Figura 5.2  | Formato das mensagens enviadas pelas UADs.....                                           | 79  |
| Figura 5.3  | Formato das mensagens enviadas pelo CC.....                                              | 80  |
| Figura 5.4  | Bytes de dados correspondentes a uma Mensagem de Envio de Alarmes.....                   | 82  |
| Figura 5.5  | Bytes de dados correspondentes a uma Mensagem de Envio de Data e Hora.....               | 84  |
| Figura 5.6  | Sincronização de trama por detecção de erro e envio de NACK.....                         | 86  |
| Figura 5.7  | Sincronização de trama por actuação do mecanismo de temporização da UAD.....             | 86  |
| Figura 5.8  | Exemplo de estabelecimento de comunicação após uma reinicialização do CC.....            | 90  |
| Figura 5.9  | Exemplo de Pedido de Número de Telefone.....                                             | 91  |
| Figura 5.10 | Exemplo de alteração do período máximo entre comunicações.....                           | 91  |
| Figura 5.11 | Exemplo duma comunicação proveniente duma UAD não configurada no CC.....                 | 92  |
| Figura 5.12 | Exemplo duma comunicação relativa à inicialização duma UAD já configurada no CC.....     | 92  |
| Figura 6.1  | Diagrama relativo à configuração da base de dados.....                                   | 96  |
| Figura 6.2  | Diagrama de blocos representativo da tarefa "prntask".....                               | 99  |
| Figura 6.3  | Diagrama de blocos representativo da tarefa "com1task".....                              | 101 |
| Figura 6.4  | Diagrama de blocos representativo da tarefa "cmdtask" (1º nível).....                    | 102 |
| Figura 6.5  | Níveis envolvidos no processo referente às comunicações com os Chefes de Equipa.....     | 103 |
| Figura 6.6  | Processo "cheftask". Funções do primeiro nível.....                                      | 104 |
| Figura 6.7  | Processo "cheftask". Funções do segundo nível.....                                       | 105 |
| Figura 6.8  | Processo "cheftask". Funções do terceiro nível.....                                      | 105 |
| Figura 6.9  | Processo "cheftask". Funções do quarto nível.....                                        | 106 |
| Figura 6.10 | Representação dos vários processos envolvidos no sistema.....                            | 108 |

**GLOSSÁRIO**

|                |   |                                                                 |
|----------------|---|-----------------------------------------------------------------|
| ADCCP          | - | Advanced Data Communication Control Procedures                  |
| ARQ            | - | Automatic Repeat Request                                        |
| BSC            | - | Canal Simétrico Binário (Binary Symmetric Channel)              |
| C <sup>3</sup> | - | Comunicações, Controlo e Comando                                |
| CATV           | - | Rede de Televisão por Cabo (Community Antenna TV)               |
| CC             | - | Centro de Comando                                               |
| CEPT           | - | Conference Europeenne des Postes et des Telecommu-<br>nications |
| CET            | - | Centro de Estudos de Telecomunicações                           |
| CP             | - | Caminhos de Ferro Portugueses                                   |
| CSMA/CD        | - | Carrier Sense Multiple Access with Collision<br>Detection       |
| CTT            | - | Correios e Telecomunicações de Portugal                         |
| EDP            | - | Electricidade de Portugal                                       |
| FEC            | - | Forward Error Correction                                        |
| HDLC           | - | High-level Data Link Control                                    |
| IEEE           | - | Institute of Electrical and Electronics Engineers               |
| ISO            | - | International Standards Organisation                            |
| LAN            | - | Rede Local (Local Area Network)                                 |
| LAP-B          | - | Link Access Procedure, Balanced                                 |
| LLC            | - | Logical Link Control                                            |

---

|       |   |                                                                      |
|-------|---|----------------------------------------------------------------------|
| MAC   | - | Medium Access Control                                                |
| MAN   | - | Rede Metropolitana (Metropolitan Area Network)                       |
| OMC   | - | Centro de Operação e Manutenção (Operation and Maintenance Center)   |
| OSCAR | - | Observação de Serviço Centralizado de Apoio à Rede                   |
| OSI   | - | Interligação de Sistemas Abertos (Open Systems Interconnection)      |
| PN    | - | Passagem de Nível                                                    |
| PSDN  | - | Rede de Comutação de Pacotes (Packet Switched Data Network)          |
| PSTN  | - | Rede Telefónica Pública Comutada (Public Switched Telephone Network) |
| RMS   | - | Sistema de Gestão Remota (Remote Management System)                  |
| SATA  | - | Sistema Automático de Transmissão de Avarias                         |
| TLP   | - | Telefones de Lisboa e Porto                                          |
| UAD   | - | Unidade de Aquisição de Dados                                        |
| WAN   | - | Rede de Área Superior à Metropolitana (Wide Area Network)            |

## RESUMO

Os sistemas de Comunicações, Controlo e Comando, aos quais se recorrem cada vez mais nos nossos dias, dadas as suas inúmeras vantagens, têm um campo de aplicação muito vasto. Uma das possíveis aplicações destes sistemas é na área da supervisão de instalações remotas, como auxiliares de manutenção.

Foi desenvolvido um sistema dirigido para a supervisão de alarmes gerados em Passagens de Nível, previamente automatizadas e distribuídas por todo o país.

A arquitectura deste sistema foi concebida tendo em conta a importância dos aspectos económicos, os quais determinam fortemente a realização de qualquer projecto. Procurou-se, contudo, que esses aspectos não implicassem numa diminuição da funcionalidade do sistema. Esta arquitectura utiliza a rede telefónica comutada para as comunicações entre as Unidades de Aquisição de Dados e o Centro de Comando, e para as comunicações entre este e os vários centros de manutenção. Para a comunicação do Centro de Comando com os diversos centros de estatística é utilizada a rede comutada de pacotes.

Estando a rede telefónica comutada existente sujeita a uma taxa de erros elevada, foi definida uma estratégia de controlo de erros, assim como um código de erros adequado a fim de se utilizar com o protocolo de comunicações (nível da ligação lógica). Este facto permite imprimir ao sistema uma melhoria significativa no seu desempenho final.

O protocolo de comunicações (nível da ligação lógica), simples e de características adequadas ao projecto realizado, prevê aspectos relevantes tais como a sincronização de trama, controlo de fluxo, controlo de erros e endereçamento.

O software desenvolvido para o CC assenta numa estrutura que tem por base as seguintes características: modularidade, flexibilidade, simplicidade e fiabilidade. Este software pode-se agrupar em duas partes distintas. Uma relativa à configuração da base de dados e a outra relativa ao Centro de Comando. Com esta separação obtiveram-se determinadas vantagens, das quais se destaca a simplicidade, conseguindo-se, com este facto, maior rapidez na realização do software. Este aspecto contribuiu significativamente para que o projecto entrasse em funcionamento em tempo devido, garantindo-se assim o prazo de entrega previsto inicialmente.

## **CAPÍTULO 1**

### **Introdução**

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A necessidade de modernização da Rede Ferroviária Portuguesa, levou os Caminhos de Ferro Portugueses (CP) a efectuar elevados investimentos, os quais incluíram, entre outros, a Automatização dum grande número de Passagens de Nível (PNs). Esta Automatização permite por um lado, eliminar a necessidade dum guarda permanente nas PNs com guarda, enquanto que, nas PNs sem guarda, permite melhorar a protecção dada aos utentes.

À empresa fabricante dos Sistemas de Automatização das PNs coube também a responsabilidade da manutenção, no local, desses sistemas. Estando as PNs dispersas por todo o país, este facto obrigaria à criação de numerosas equipas de manutenção distribuídas por diferentes áreas geográficas de modo a intervirem eficazmente, elevando assim os custos de manutenção. Procurou-se então desenvolver um Sistema Automático de Transmissão de Avarias (SATA) que não envolvesse um grande investimento e que permitisse basicamente o seguinte:

- Tempos de intervenção dos técnicos de manutenção suficientemente curtos
- Diminuição dos custos de manutenção através de:
  - \* Equipas de manutenção menos numerosas
  - \* Intervenções mais eficazes das equipas técnicas, por conhecimento prévio da causa do alarme
- Registo pormenorizado dos alarmes tendo em vista futuras consultas sempre que isso se verifique ser necessário (conhecimento do historial de alarmes).

Os objectivos desse sistema podem-se então definir, dum modo genérico, como sendo o de permitir a transmissão automática de determinados acontecimentos, considerados como alarmes ou anomalias, para um Centro de Manutenção, onde serão registados e arquivados. Estes serão também dados a conhecer a vigilantes, responsáveis pela manutenção no local, tendo em vista a sua eliminação.

Sendo a primeira aplicação deste sistema, a qual deu origem à sua especificação, dirigida à supervisão de alarmes gerados em cerca de 200 PNs da CP, previamente automatizadas, procurou-se também que o sistema referido possuísse a flexibilidade e a capacidade suficientes para poder ser utilizado noutras aplicações que não sejam as PNs mas que tenham por base

os objectivos referidos no parágrafo anterior. Uma das razões para tal prende-se com aspectos económicos e será referida no segundo capítulo.

O desenvolvimento desse sistema contou desde o seu início com uma equipa de pessoas, na qual o autor esteve integrado com a responsabilidade das especificações e desenvolvimento de todo o software para o Centro de Comando (CC).

Este trabalho procura evidenciar todos os aspectos que estiveram na base desse desenvolvimento, incluindo a arquitectura do sistema, referindo, para as soluções apresentadas, quais as várias opções que tiveram de ser feitas e as suas justificações.

Pensa-se que o presente estudo poderá vir a servir como auxiliar em futuros desenvolvimentos deste tipo de sistemas (ou mesmo na evolução deste sistema), uma vez que a bibliografia e literatura encontradas, neste campo, não são numerosas.

A ordem adoptada para os vários capítulos e secções, seguidamente referidos, pareceu ser aquela que melhor corresponderia a uma sequência lógica na apresentação dos aspectos e conceitos a evidenciar neste desenvolvimento. Procurou-se também que, ao longo de todo o trabalho, estes aspectos e conceitos ficassem sempre claros, recorrendo-se por vezes à utilização de notas complementares ou indicação de referências.

No segundo capítulo, designado por Sistemas de Comunicações, Controlo e Comando, faz-se uma caracterização da situação actual no que diz respeito a esses sistemas (Sistemas C<sup>3</sup>). Salientam-se, pela sua importância e porque são também a base deste trabalho, o CC e a rede de comunicações. Seguidamente, apresentam-se exemplos de alguns sistemas existentes e em operação, que serviram de modelo e, inclusivamente, de auxiliar na tomada de algumas opções, sempre que se justificou a sua aplicação ao SATA. Finalmente, tecem-se, ainda, algumas considerações sobre os custos normalmente associados a este tipo de sistemas. É muitas vezes a relação *vantagens/custos* do sistema (para o qual se deverá procurar maximizar as vantagens obtidas e minimizar os custos envolvidos) um factor preponderante para o sucesso de um projecto.

No terceiro capítulo, e com base no exposto anteriormente, chega-se à definição da arquitectura que melhor serve as funções requeridas pelo SATA e seus objectivos. São também apresentadas as funções que o sistema terá de desempenhar e vantagens obtidas com a realização deste projecto.

Antes de se descrever o software desenvolvido para o CC, aborda-se, pela sua importância, o controlo de erros e o protocolo de comunicações (nível da ligação lógica), no quarto e quinto capítulos respectivamente. O controlo de erros pela capacidade que dá ao sistema de contornar a elevada taxa de erros, muitas vezes verificada nas redes de comunicações, imprimindo-lhe uma melhoria significativa no desempenho final. O protocolo de

comunicações pela implicação directa que tem no desenvolvimento do software.

Assim, no quarto capítulo, dedicado ao controlo de erros, é abordada a codificação de sequências estruturadas, onde se incluem os códigos de blocos e os convolucionais, finalizando-se com a definição do código utilizado no SATA.

O quinto capítulo, dedicado ao protocolo de comunicações, descreve o formato e tipo das mensagens adoptadas; aborda também as características do protocolo, evidenciando os aspectos da sincronização de trama, controlo de fluxo, controlo de erros e endereçamento. A finalizar, apresentam-se alguns exemplos reais de comunicações.

Com base nos capítulos anteriores, apresenta-se no sexto capítulo a estruturação do software do sistema desenvolvido para o Centro de Comando. Sendo este desenvolvimento baseado em vários módulos de software, os quais se agrupam em duas partes distintas (os módulos referentes à configuração da base de dados e os módulos referentes ao CC) faz-se neste capítulo, e após uma breve introdução, uma descrição tanto do software de configuração como do software do CC.

Finalmente, o sétimo e último capítulo deste trabalho descreve algumas conclusões inerentes à realização deste projecto e debruça-se ainda sobre a possibilidade de adopção de novas soluções, com vista a trabalhos e desenvolvimentos futuros nesta área.

Será relevante mencionar que o sistema descrito se encontra já em fase de funcionamento (após um período experimental), existindo várias unidades remotas instaladas e podendo esse número ser aumentado sempre que tal se torne necessário.

## **CAPÍTULO 2**

### **Sistemas de Comunicações, Controlo e Comando**

## CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES, CONTROLO E COMANDO

### 2.1 - Introdução

Os sistemas de supervisão e telecontrolo simplificado, dirigidos para a área da vigilância e telemanutenção de instalações remotas, podem-se integrar nos chamados sistemas de Comunicações, Controlo e Comando [1], designados também por sistemas C<sup>3</sup>. Caracterizam-se por uma coordenação centralizada de recursos fisicamente localizados ao longo de uma vasta área geográfica e compreendem a aquisição de dados, o processamento, a actualização, a visualização e a tomada de decisões. As tarefas principais que estes sistemas têm normalmente de desempenhar estão indicadas na figura 2.1.

A execução de acções poderá traduzir-se, nalguns sistemas, pelo envio de comandos às unidades remotas, as quais actuarão as suas saídas de acordo com a informação recebida. Noutros sistemas, cuja função seja apenas a vigilância de instalações remotas, a execução de acções poderá traduzir-se, por exemplo, no envio de informação para centros de manutenção, que levam um técnico a intervir, a fim de regularizar a situação de alarme.

A configuração básica destes sistemas poderá ser idêntica ao modelo esquematizado na figura 2.2, onde um número de terminais remotos podem comunicar com o Computador principal. Nos casos mais simples o Centro de Comando e o Computador principal poderão ser uma única unidade, enquanto que nos casos mais complexos o sistema poderá compreender vários computadores organizados numa forma hierárquica de responsabilidades e operando independentemente uns dos outros. A complexidade destes sistemas aumenta com a distância dos terminais ao Centro, a utilização de vários tipos de terminais, o aumento do volume de informação e ainda a diversidade dos processos requeridos.

Os sistemas C<sup>3</sup> assentam, genericamente, num conjunto de áreas interligadas, colaborando em "uníssono" (num âmbito mais complexo cada uma dessas áreas pode-se considerar por si só um sub-sistema, comportando-se no conjunto total como uma unidade simples). Existem normalmente seis áreas distintas:

- Aquisição de Dados
- Execução de Acções
- Visualização
- Supervisão e Comando
- Rede de Comunicações
- Processamento Central.

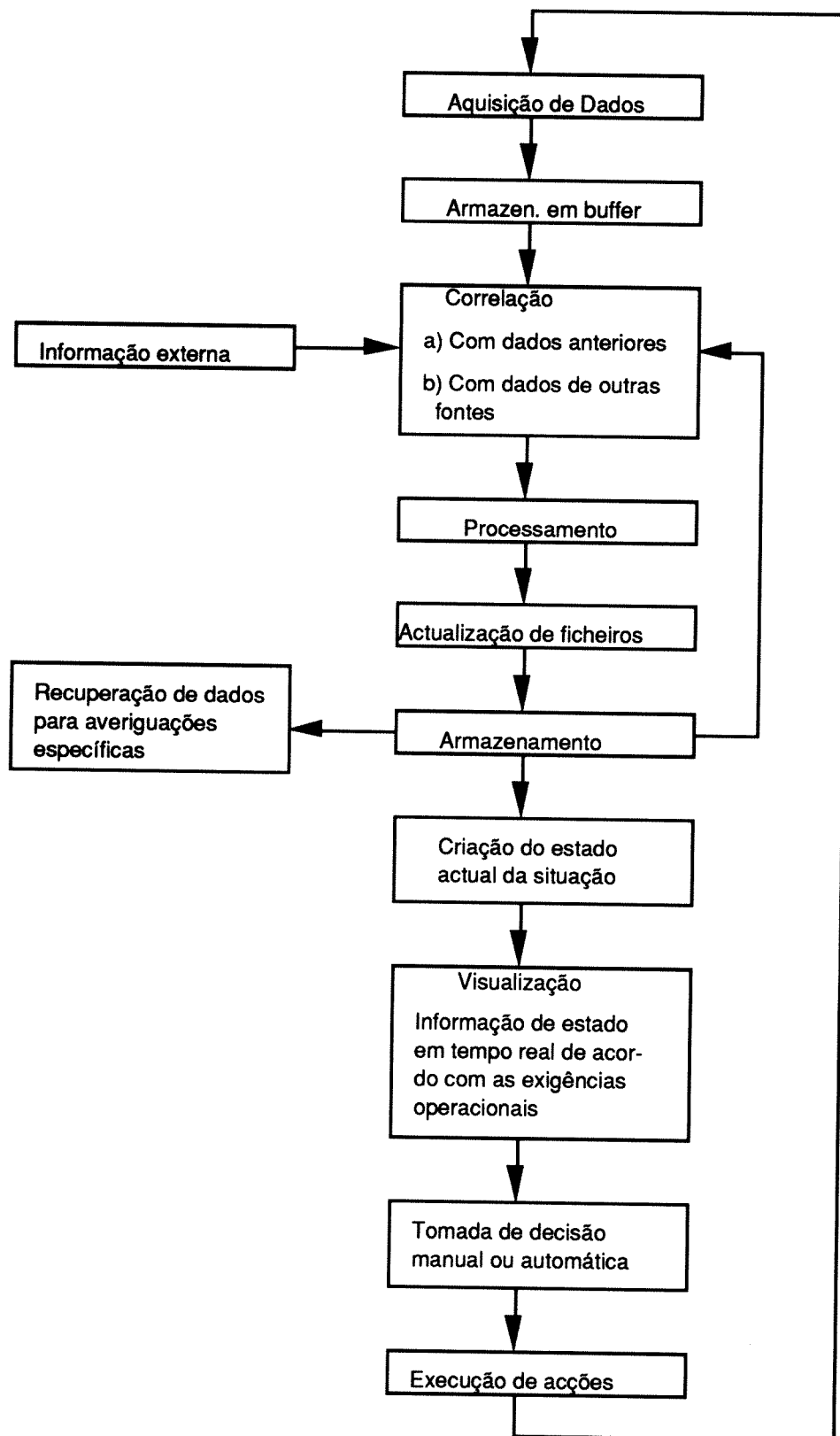
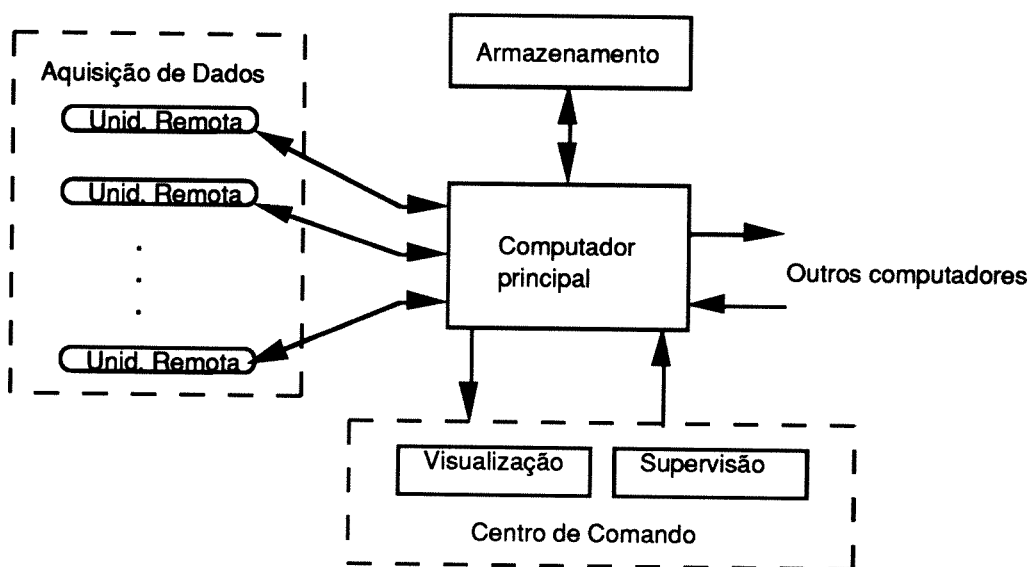
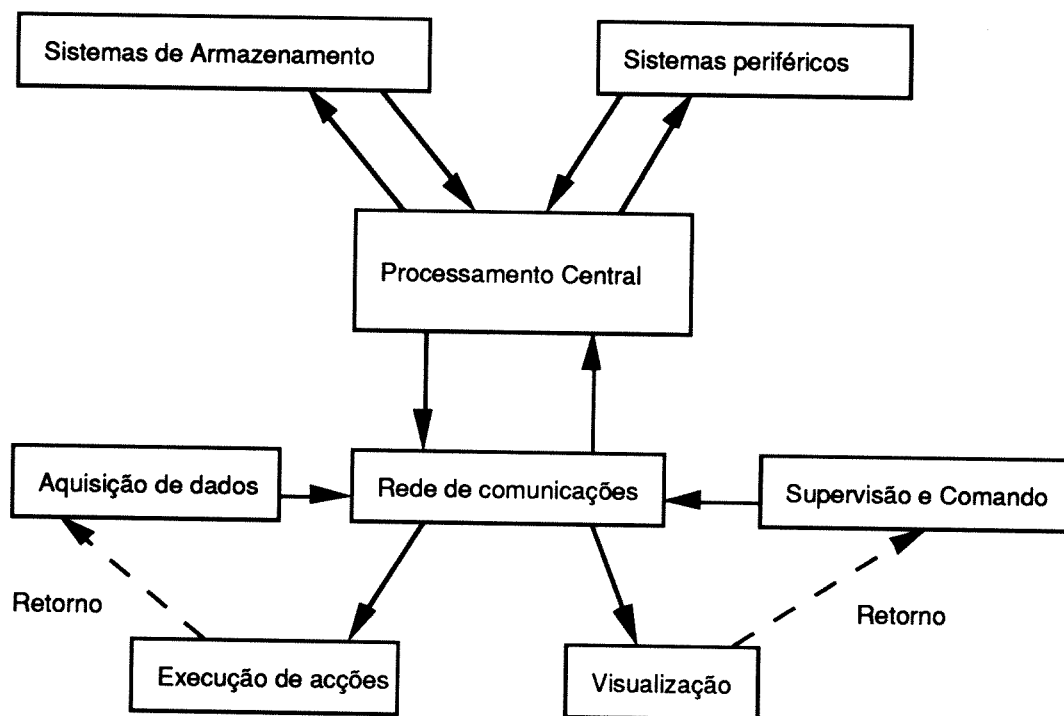


Figura 2.1 - Diagrama genérico das tarefas principais a desempenhar pelos sistemas C<sup>3</sup>

Figura 2.2 - Configuração básica dos sistemas C<sup>3</sup>

Estas áreas, representadas na figura 2.3, conferem ao sistema um aspecto modular, tendo cada uma delas a sua técnica de execução e características próprias.

Cada módulo assume a mesma importância no funcionamento do sistema global, visto a falha dum deles significar a falha total do sistema. Sobressai, contudo, a Rede de Comunicações, a qual desempenha um factor dominante do ponto de vista de concepção do sistema. A Rede de Comunicações, embora não referida na configuração básica dos sistemas C<sup>3</sup> representada na figura 2.2, encontra-se aí implícita, evidenciando-se logo que se define o conjunto de áreas em que estes sistemas assentam. Verifica-se, então, que a Rede de Comunicações é o elo comum a quase todas as áreas mencionadas, permitindo veicular os dados de informação, controlo e comando do sistema. Na secção 2.3 será abordada, em detalhe, a rede de comunicações.

Figura 2.3 - Áreas nos sistemas C<sup>3</sup>

## 2.2 - O Centro de Comando

A importância do Posto de Supervisão, normalmente designado por Centro de Comando (CC) neste tipo de sistemas, é seguidamente destacada.

O desempenho global dum sistema C<sup>3</sup> está centrado no CC - figura 2.4. Este é o braço activo do sistema onde é recebida e visualizada toda a informação relevante, e a qual é a base das decisões a tomar e comandos a emitir.

Ao longo deste trabalho será sobre o CC que nos iremos concentrar, pelo que será, pois, interessante definirmos as suas principais funções e tarefas dum modo geral e, mais adiante (Secção 3.3), dum modo mais particular para o SATA.

O CC poderá ser controlado tanto por agentes humanos como por computadores. A todo o momento deverá receber informação de modo a permitir adaptá-lo ao estado actual da situação. As suas principais funções, para além dos aspectos relativos à Visualização, são:

- Avaliação da situação
- Tomada de decisões
- Execução de acções
- Verificação das acções executadas.

A fim de conseguir executar todas as suas tarefas dum modo efectivo, o CC deverá ter acesso a vários tipos de dados:

- Dados estáticos: não se alteram frequentemente
- Dados dinâmicos: são actualizados em períodos frequentes e regulares, ou sempre que haja alterações significativas
- Dados novos de operação: são actualizados em tempo real e em modo "on-line"
- Dados de resposta à execução de acções
- Planos e intenções relativos à organização.

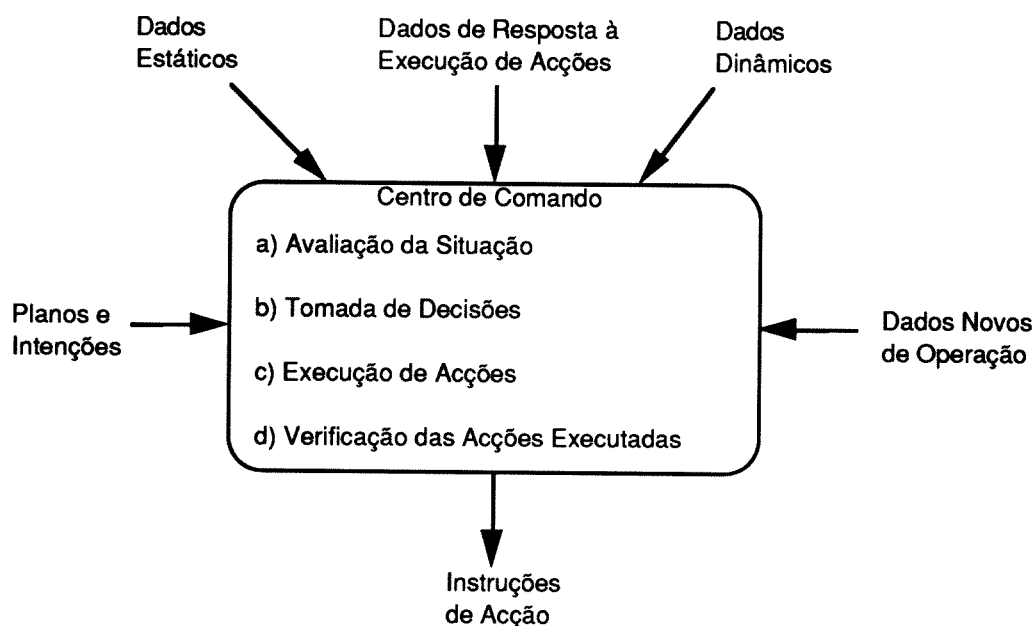


Figura 2.4 - O Centro de Comando

## 2.3 - A Rede de Comunicações

Pela importância que assume a rede de comunicações neste tipo de sistemas e a fim de perspectivarmos, desde já, a rede de comunicações que melhor se adaptará ao SATA, iremos neste ponto dar uma breve panorâmica do tipo de redes normalmente implementadas. As redes existentes podem classificar-se, quanto à sua extensão, em três grandes categorias [2]:

- Redes Locais (Local Area Networks-LANs )
- Redes Metropolitanas (Metropolitan Area Networks-MANs)
- Redes de Área Superior à Metropolitana (Wide Area Networks-WANs).

A nível internacional têm-se desenvolvido acções no sentido de normalizar as comunicações que têm por base as redes mencionadas. Uma dessas acções foi a criação do modelo OSI (Open Systems Interconnection), o qual é baseado numa proposta desenvolvida pela International Standards Organisation (ISO), e que representou um primeiro passo em direcção à normalização internacional dos vários protocolos em redes. Designa-se por Modelo de Referência OSI da ISO e define sete níveis para interligação entre sistemas abertos. Será referido mais em pormenor no capítulo 5 deste trabalho.

Seguidamente iremos caracterizar as redes existentes de acordo com as categorias referidas.

## 2.3.1 - LANs

Estas redes asseguram a cobertura de locais, tais como edifícios, escritórios, fábricas e Universidades, permitindo a interligação entre computadores, estações de trabalho e terminais através dum único meio partilhado para transmissão de dados. As LANs, sendo redes privadas, têm normalmente um único proprietário, não apresentando por isso grandes problemas de segurança, nem estando sujeitos a encargos de taxaço.

As LANs utilizam geralmente como meio de transmissão cabos de elevada largura de banda e equipamentos com alta fiabilidade. Nestas redes, as taxas de erros são normalmente muito baixas, não justificando um tratamento complexo de erros e, por este motivo, os protocolos utilizados podem ser simples.

Um organismo a nível mundial denominado Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) tem desenvolvido várias normas para LANs. Estas normas, conhecidas por IEEE 802, incluem o CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access Collision Detection), token bus e token ring, os quais diferem no nível físico e sub-nível MAC (Medium Access Control) do modelo OSI, sendo contudo compatíveis ao nível da ligação lógica.

Uma comparação entre os standards para LANs (estes standards são também conhecidos por ISO 8802) poderá ser observada em [3]-Sec. 3.4. Tendo sido adoptados por vários organismos de normalização (ANSI, NBS, ISO), encontram-se divididos em partes:

Standard 802.1 - Introdução ao conjunto de normas, e definição das primitivas de interface;

Standard 802.2 - Descrição da parte superior do nível de ligação lógica, o qual utiliza o protocolo LLC (Logical Link Control). Este protocolo é baseado no HDLC, sendo dados mais pormenores em [3]-Sec. 4.7;

Do Standard 802.3 ao 802.5 - Descrição de três standards das LANs: CSMA/CD, token bus e token ring, respectivamente, cobrindo o nível físico e protocolo do sub-nível MAC para cada um deles.

Os parâmetros de rede típicos para uma rede local são:

|                           |   |                     |
|---------------------------|---|---------------------|
| Distância                 | : | < 10 Km             |
| Largura de Banda          | : | 1 - 200 MHz         |
| Velocidade de Transmissão | : | $10^6$ - $10^8$ bps |
| Atraso                    | : | 1 ms.               |

### 2.3.2 - MANs

As redes metropolitanas são aquelas que podem assegurar a cobertura da área duma cidade e arredores. Estas redes atravessam locais públicos, pelo que se torna difícil para as empresas que as pretendem implementar obter licença para tal. Normalmente, utilizam-se as infra-estruturas existentes e pertencentes a serviços já implementados tais como a rede telefónica pública, a rede de dados ou as redes de televisão por cabo (Community Antenna TV - CATV).

As MANs podem ser de dois tipos: públicas e privadas. As privadas funcionam com base em linhas alugadas interligando, por exemplo, vários locais duma empresa (ou instituição), dentro de uma área metropolitana. Só veiculará nessas linhas dados e informação da empresa (ou instituição) alugada, não sendo muito problemática a questão da segurança na rede. A facturação é baseada normalmente num aluguer mensal de linha, independente do tráfego aí circulante. As MANs que utilizam como suporte as redes públicas (linhas partilhadas por várias entidades) terão que ter em linha de conta os aspectos da segurança e confidencialidade, pois deverão prever a possibilidade de um utilizador estranho à rede interferir no seu serviço acidentalmente ou maliciosamente. A facturação neste caso é baseada, essencialmente, no tempo de ocupação da rede.

Do ponto de vista do IEEE 802 [4] uma MAN é essencialmente vista como uma LAN de grandes dimensões, utilizando protocolos de acesso menos sensíveis à dimensão da rede. Tendo necessidade de servir mais utilizadores, interligando tanto LANs como grandes computadores, precisará de funcionar com velocidades elevadas. O diâmetro típico foi definido como sendo entre 5 Km e 50 Km.

Uma MAN poderá suportar mais serviços do que os que são suportados por uma LAN. Na primeira, grande parte do tráfego poderá ser voz digitalizada (ou mesmo imagem) e não somente dados de computador. Neste caso, o projecto duma MAN deverá ser ditado pelos requisitos inerentes, por exemplo, no caso da transmissão de voz digitalizada, tanto na largura de banda (64 Kbps por canal de voz) como no atraso (valor máximo com retorno é 2 ms). Estes requisitos não são satisfeitos pelas LANs convencionais, e terão que ser introduzidos tanto como uma capacidade fundamental do protocolo como no desenho da própria rede. Os parâmetros de rede típicos para uma rede metropolitana são:

|                           |   |                     |
|---------------------------|---|---------------------|
| Distância                 | : | < 50 Km             |
| Largura de Banda          | : | 10 KHz - 500 MHz    |
| Velocidade de Transmissão | : | $10^3$ - $10^8$ bps |
| Atraso                    | : | 10 ms.              |

### 2.3.3 - WANs

Estas redes oferecem uma cobertura de dimensão nacional ou internacional. Normalmente são implementadas por organizações de âmbito nacional, tais como os Operadores Públicos de Telecomunicações (CTT e TLP no caso português). Como as distâncias alcançadas podem ser elevadas, torna-se muito cara a atribuição de uma grande largura de banda a cada circuito. O projecto duma WAN é normalmente forçado (por razões legais, económicas ou políticas) a adoptar a utilização da rede telefónica pública, independentemente de ser ou não a melhor opção técnica. Deste modo, teremos neste tipo de redes larguras de banda inferiores às LANs e MANs, assim como maiores taxas de erros. Estes aspectos têm impacto ao nível dos protocolos, tornando-os mais elaborados para se conseguir alcançar o desempenho desejado. Os parâmetros de rede típicos para uma WAN são:

|                           |   |                     |
|---------------------------|---|---------------------|
| Distância                 | : | > $10^3$ Km         |
| Largura de Banda          | : | 4 KHz - 10 MHz      |
| Velocidade de Transmissão | : | $10^4$ - $10^6$ bps |
| Atraso                    | : | 300 ms.             |

Alguns exemplos deste tipo de redes são as redes de difusão de TV e rádio, rede telefónica pública comutada, redes de dados públicas e privadas.

Existem quatro técnicas fundamentais para veicular serviços de informação (dados, voz, imagem) [2]:

- Difusão
- Comutação de circuitos

- Circuitos dedicados privados
- Comutação de pacotes.

### 2.3.3.1 - Difusão

A técnica de difusão é utilizada quando é necessário transmitir informação duma única fonte para vários destinos. As redes que utilizam esta técnica comungam das seguintes características:

- Na arquitectura básica não existem dispositivos de comutação (embora possam existir redes alargadas, formadas por redes básicas ligadas por comutadores)
- Os dados transmitidos por uma estação são recebidos por várias, e muitas vezes por todas as outras estações da rede
- As estações partilham um meio de transmissão comum, devendo, por isso, existir uma técnica de controlo de acessos.

Uma aplicação da técnica da Difusão é a distribuição multicanal de programas de televisão. Esta técnica pode também ser aplicada à distribuição simultânea de dados, duma única fonte para múltiplos destinos, por adição, aos dados, do endereço comum dos destinos. Com lógica adicional no destino, serão descartados todos os dados que não contenham o endereço correcto, e serão apenas seleccionados os dados com endereço de destino correcto. Temos, neste caso, a difusão de programas de televisão (imagem) com páginas de teletexto (dados). No destino um utilizador pode instruir o receptor para seleccionar a página de dados identificada com um endereço específico.

Salienta-se também como aplicação, algumas redes privadas que utilizam ligações via rádio (VHF, UHF, etc.). Temos o caso de algumas entidades públicas (p. ex. a EDP) que utilizam sistemas rádio como meio de transmissão para os seus sistemas de supervisão e telecomando. Estas redes englobam-se mais dentro das MANs, embora por vezes assegurem uma cobertura com dimensão superior à área duma cidade e arredores.

A utilização destes sistemas - figura 2.5 - não é pacífica: para além dos equipamentos serem dispendiosos (exigindo muitas vezes a utilização de repetidores, a fim de ultrapassar algumas limitações, tais como a geografia do terreno e a área de cobertura dos equipamentos), há questões de ordem legal, pois para a utilização de qualquer frequência dentro do espectro radioeléctrico é necessário obter a devida licença. Esta não é fácil de conseguir, se não impossível, no caso de se pretender uma cobertura a nível nacional.

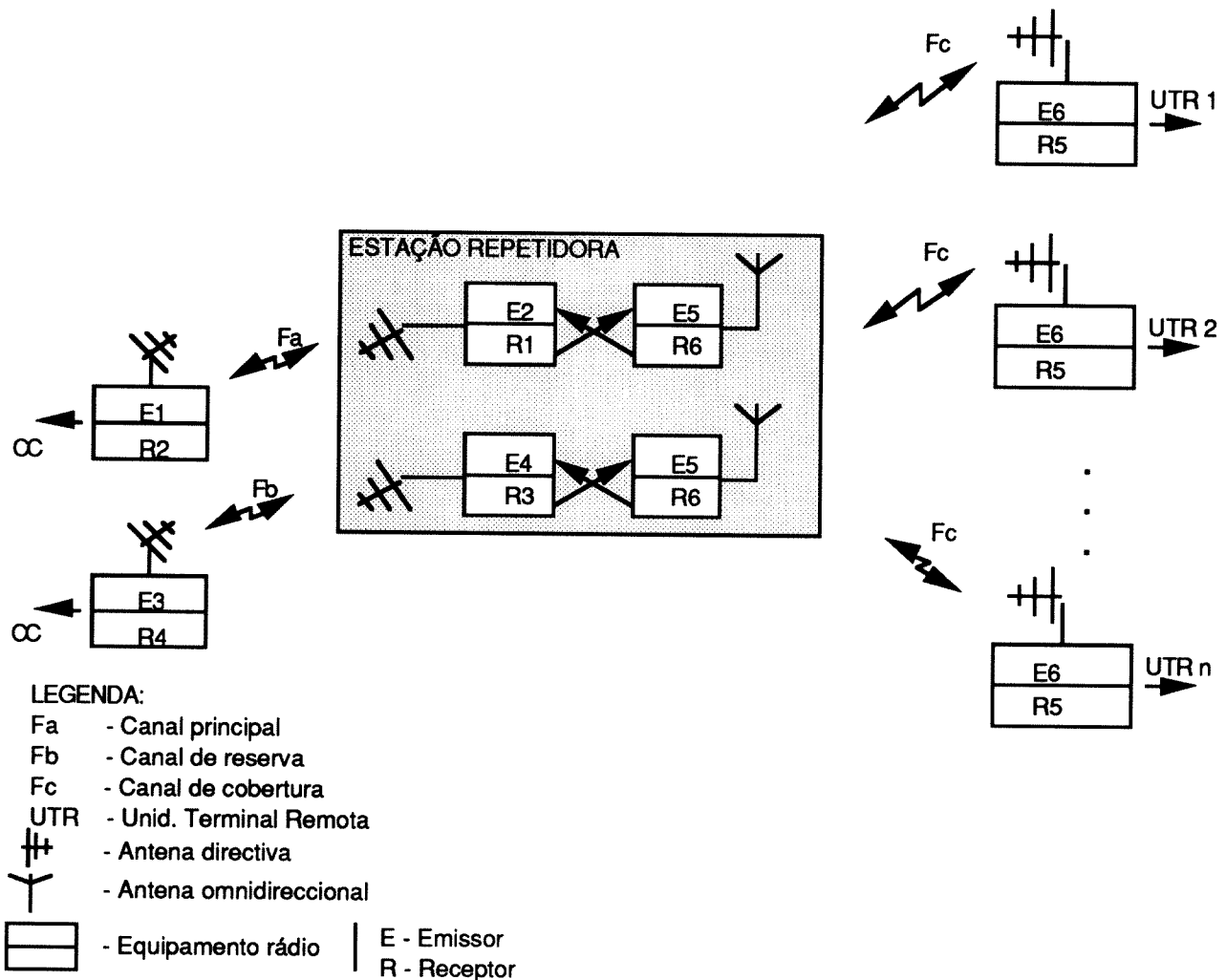


Figura 2.5 - Sistema de telecomando e supervisão utilizando a técnica da difusão

### 2.3.3.2 - Comutação de Circuitos

A técnica de comutação de circuitos permite a ligação entre dois assinantes através duma rede, onde, uma vez estabelecida a ligação, os assinantes podem disfrutar, em uso dedicado, de toda a largura de banda fornecida pela rede para essa ligação ou circuito particular. As comunicações através da técnica de comutação de circuitos envolvem três fases distintas:

- Estabelecimento do circuito
- Transferência de voz/dados
- Desligar do circuito.

A WAN mais comum, que utiliza esta técnica, é a rede telefónica pública comutada (Public Switched Telephone Network - PSTN) - figura 2.6 -. Esta rede é normalmente utilizada para comunicação de voz, podendo também ser usada para transmissão de dados entre dois assinantes. Neste caso, será necessário converter dados codificados digitalmente em sinais audio, de modo a que a informação possa ser transportada por uma rede com características próprias para comunicações de voz.

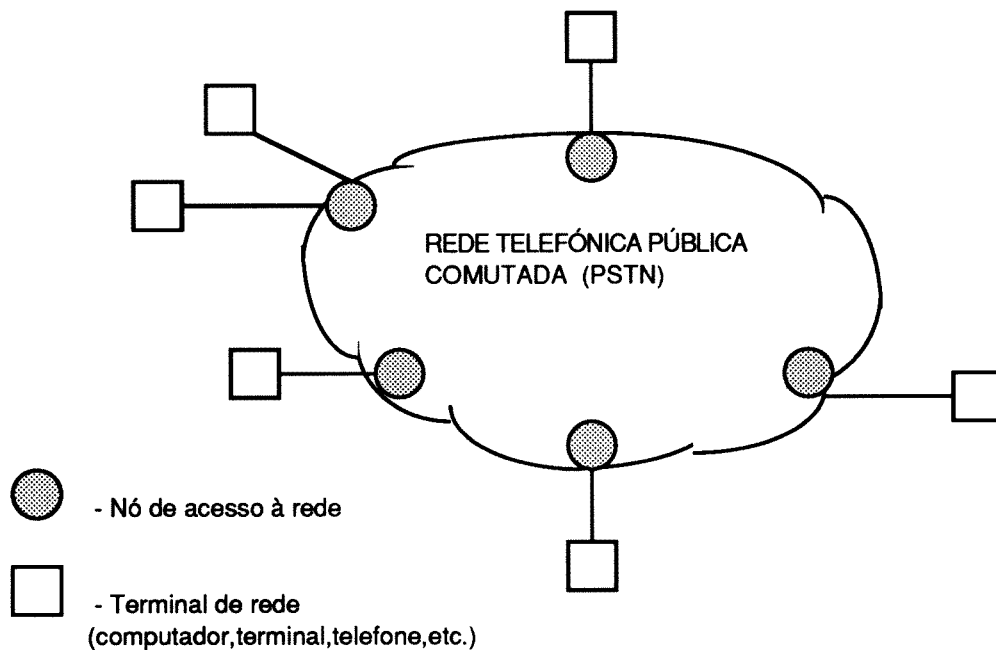


Figura 2.6 - Interligação através da rede telefónica pública comutada

Uma vez que esta rede foi projectada inicialmente apenas para a transmissão de voz, se quisermos utilizá-la para a transmissão de dados dever-se-á ter em conta a sua elevada taxa de erros [14], assim como a pequena largura de banda disponível. Os protocolos deverão ser mais elaborados, incluindo técnicas de detecção e correcção de erros adequadas, e as velocidades de transmissão terão de ser relativamente baixas (normalmente inferiores a 2400bps). Existem, contudo, algumas vantagens na sua utilização:

- Fácil acesso a esta rede, praticamente em qualquer ponto do país
- Economicamente vantajosa, principalmente se a informação a transmitir for reduzida e com intervalos, entre dados a transmitir, muito grandes.

### 2.3.3.3 - Circuitos Dedicados Privados

Estes circuitos privados, são circuitos especiais, sempre dedicados para utilização de dois utentes, nunca sendo comutados pela rede e podem ser usados para tráfego de voz ou dados.

As WANs normalmente existentes com esta técnica utilizam linhas alugadas aos operadores públicos, estando, geralmente, também sujeitas às limitações referidas anteriormente.

Aplicações que poderão levar à utilização destes circuitos envolvem habitualmente sistemas com grande tráfego de dados, pois neste caso torna-se do ponto de vista económico mais vantajosa a utilização destes circuitos. É normal que o aluguer destes circuitos seja facturado por uma taxa mensal, independentemente do tráfego que neles circula.

### 2.3.3.4 - Comutação de Pacotes

Esta técnica, em vez de manter um circuito dedicado após o estabelecimento da chamada como no caso da comutação de circuitos, divide a 'mensagem' em quantidades discretas, tratadas separadamente, com informação adicional e enviadas através da rede como entidades distintas denominadas *pacotes*. Os pacotes são entregues no local de destino, sendo a informação de controlo retirada e a mensagem ordenada na sua forma original.

A vantagem deste método é que os pacotes de várias fontes podem ser intervalados, partilhando os mesmos caminhos de transmissão sempre que circulam na rede. Estes caminhos são melhor aproveitados, conseguindo-se que o tráfego suportado utilize com maior eficiência a capacidade disponível.

No caso duma WAN, a comutação de pacotes é implementada pela interligação de nós de encaminhamento, os quais examinam o endereço de destino e informação de controlo adicionados ao bloco de dados, e encaminham o pacote através de nós adicionais até ao seu destino. Os pacotes são armazenados e conduzidos, via nós de encaminhamento intermédios, até ao seu destino final.

Relativamente ao modo como a rede internamente trata os pacotes recebidos, há duas maneiras diferentes: datagrama e circuito virtual. Deve no entanto notar-se que o conceito de serviço de datagramas e circuito virtual se poderá também aplicar do ponto de vista externo.

No caso de datagramas, cada pacote duma mensagem é tratado independentemente. Os pacotes embora com o mesmo endereço de destino poderão tomar caminhos diferentes, podendo chegar ao destino final numa sequência diferente da enviada inicialmente. Nesta técnica cada pacote, tratado independentemente, é referido como sendo um datagrama. Representa-se este conceito na figura 2.7.

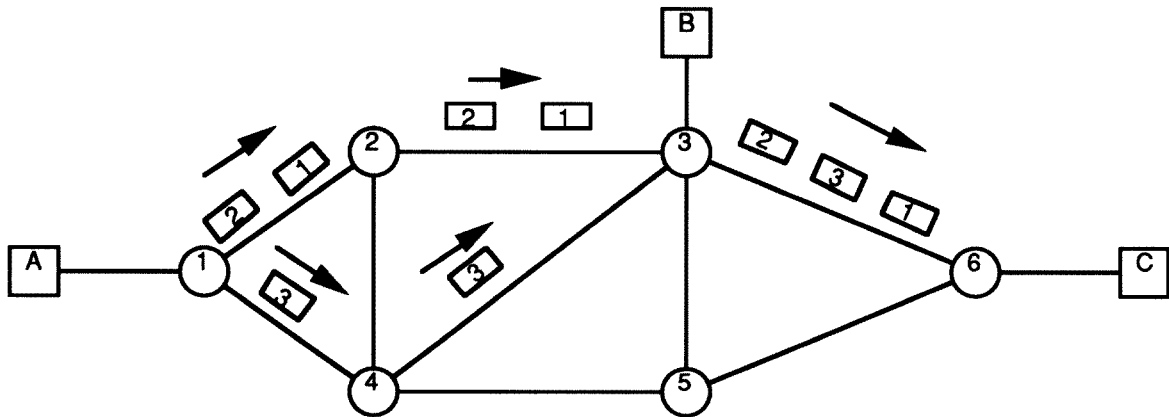


Figura 2.7 - Datagramas internos. Cada pacote é tratado independentemente pela rede. Nos pacotes é incluído o endereço de destino, podendo chegar ao nó de destino fora da sequência inicial

No caso do circuito virtual, é estabelecida uma ligação lógica, antes de se enviar qualquer pacote. Cada pacote conterá, então, um identificador do circuito virtual, permitindo a cada nó do trajecto pré-estabelecido conhecer para onde deverá dirigir os pacotes. Neste caso os nós de encaminhamento, não terão necessidade de tomar decisões quanto ao percurso a tomar, como nos datagramas, fazendo-o apenas uma vez na altura do estabelecimento da ligação - figura 2.8.

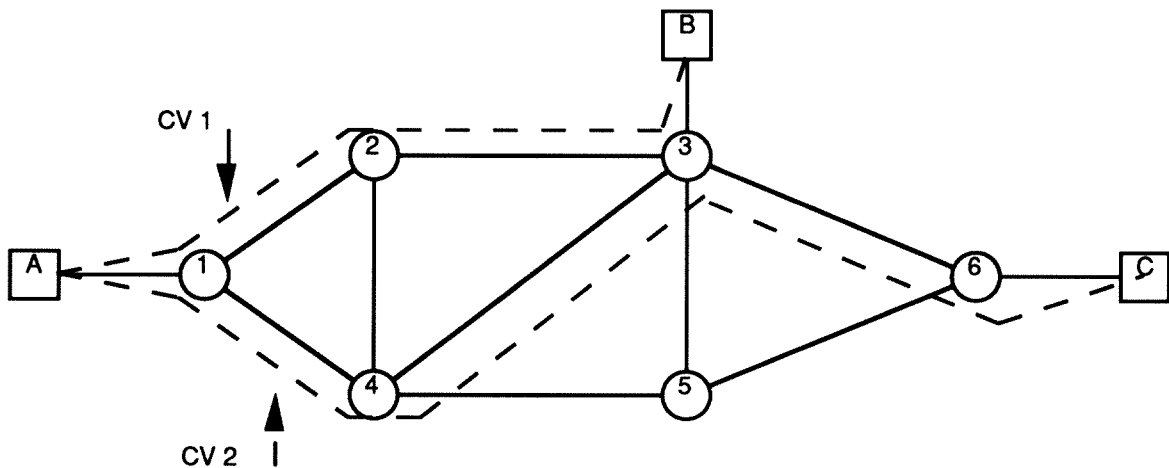


Figura 2.8 - Circuito virtual interno. É definido e registado um encaminhamento para os pacotes entre duas estações

As vantagens duma e de outra técnica são referidas em [5] Sec. 7-4. Salientam-se, contudo, certas vantagens que os circuitos virtuais podem apresentar, tais como uma variedade de serviços que incluem garantia de sequência, controlo de erros e controlo de fluxo.

A técnica de comutação de pacotes é utilizada pela rede TELEPAC (serviço público dirigido essencialmente para a comunicação de dados). Esta rede oferece uma variedade de facilidades, gratuitas ou taxáveis, das quais se salientam:

- Grupo fechado de utilizadores: Em aplicações que exijam confidencialidade ou uma difusão restrita da informação, pode constituir-se um grupo fechado de utilizadores. Impede-se assim um acesso indevido, visto que a rede apenas autoriza a comunicação entre os elementos do grupo.

- Grupo de busca automática: Ao constituir-se um grupo de busca automática o utilizador garantirá o estabelecimento da comunicação mesmo que o endereço originalmente chamado esteja ocupado. A rede transfere sucessiva e automaticamente a chamada para o primeiro endereço disponível naquele grupo. Esta facilidade permite tirar mais partido da utilização da rede.

- Chamada directa: Esta facilidade permite que um terminal ao iniciar uma determinada chamada não tenha de incluir o endereço do destinatário.

Para além das referidas, existem ainda um conjunto de facilidades adicionais:

- Negociações de parâmetros de controlo de fluxo
- Negociação de classe de débito
- Barramento de chamadas de entrada
- Barramento de chamadas de saída
- Canal lógico de sentido único
- Tamanho de janela não standard
- Tamanho de pacote não standard
- Selecção de grupo fechado de utilizadores
- Pedido de taxação no destinatário
- Reencaminhamento da chamada
- Níveis de prioridade
- Selecção rápida.

## 2.4 - Exemplos de Sistemas

Existem alguns sistemas já desenvolvidos na área da gestão e supervisão, que iremos seguidamente descrever. Pela sua complexidade nalguns casos, e pela sua especificidade noutros, estes sistemas não se adaptam com facilidade ao projecto em análise; contudo, poderão servir de modelo e auxiliar sempre que tal se justifique. Muitos destes sistemas são também desenvolvidos pelos centros de desenvolvimento de entidades privadas, as quais não tornam acessíveis esses desenvolvimentos, sendo por vezes necessário recriar o que já foi criado.

### 2.4.1 - Sistema de Gestão Remota para Cabines Telefónicas

A Landis & Gyr Communications apresentou um sistema de gestão remota para cabines telefónicas [6], designando-o por RMS (Remote Management System), o qual permite que uma cabine comunique uma falha sempre que esta ocorra. Por consulta da base de dados do sistema, pode-se saber qual o tipo de cabine, a sua versão de software, o seu local e respectiva área administrativa. No dia da reparação é possível solicitar ao sistema a indicação de mais avarias na mesma área, a fim de também serem visitadas. O sistema permite ainda informar o operador se um determinado telefone gerou um volume de tráfego fora do normal, permitindo que se possa decidir se numa determinada área deverão ser instaladas mais cabines.

A função primária deste sistema é receber e armazenar mensagens originadas pelo equipamento supervisionado e torná-las disponíveis, para um operador, numa forma conveniente. O coração do sistema é a base de dados das cabines, a qual fornece toda a informação importante da rede de cabines telefónicas, tais como os locais de instalação, datas de entrada ao serviço ou versões de software. Este facto permite ao operador definir, modificar, consultar e arquivar estes dados como desejar.

A supervisão do estado técnico permite uma avaliação contínua e actualizada do estado de todas as cabines telefónicas. A necessidade, por vezes, de documentação de confirmação leva a que o sistema possa efectuar a impressão das mensagens que chegam. É possível também efectuar a actualização remota de parâmetros de operação e de software, nas cabines telefónicas, através da linha telefónica. Funções especiais incluem o controlo das caixas do dinheiro, a detecção de cabines fora de serviço e procedimentos especiais a fim de facilitarem a fase de instalação e inicialização. Algumas funções gerais incluem: administração da base de dados; várias classes de utilizadores com privilégios diferentes; acesso a dados através dum poderoso critério de selecção; interface homem/máquina à base de menus "user-friendly" e Ajuda (Help) "on-line".

## Princípio de Operação

O RMS é um sistema descentralizado, tirando partido de bases de dados distribuídas. A sua arquitectura baseia-se em dois elementos chave: os centros de manutenção e de supervisão. Deste modo, e combinando as necessidades de gestão e geográficas, a configuração deste sistema é a representada na figura 2.9.

Os centros de manutenção estão dedicados à rotina diária de operação das cabines telefónicas, podendo também fornecer análises estatísticas avançadas e funções de arquivo. As cabines telefónicas comunicam com o centro de manutenção RMS, através da rede telefónica pública comutada (PSTN), sempre que uma falta ou alteração de estado ocorra, transmitindo a sua identificação e falta/código de estado. Na ausência de faltas, é transmitido o estado actual a intervalos regulares, confirmando o funcionamento correcto dos equipamentos. O centro de manutenção é um sistema multitarefa e multi-utilizador, permitindo que vários operadores trabalhem simultaneamente num centro.

Os centros de supervisão:

- consolidam os dados estatísticos e de configuração dos centros de manutenção
- distribuem o software e parâmetros de operação aos centros de manutenção
- têm um acesso transparente aos centros de manutenção.

## Transferência de Dados

Há basicamente dois tipos de transferência de dados entre as cabines telefónicas e o RMS: os que são enviados das cabines telefónicas para o sistema e aqueles do RMS para as cabines telefónicas. Os primeiros incluem as seguintes mensagens:

- *ID*, ou seja a identificação da cabine
- *release*, indicação da versão de software instalada
- *OK*, mensagem indicadora de "estou vivo"
- *fault*, identificação do tipo de falha ocorrida
- *cashbox*, indicação do total em caixa
- *counters*, informação estatística sobre o tipo de chamadas e métodos de pagamento utilizado
- *initialization*, permite a entrada duma nova cabine no sistema, carregando automaticamente os parâmetros de operação.

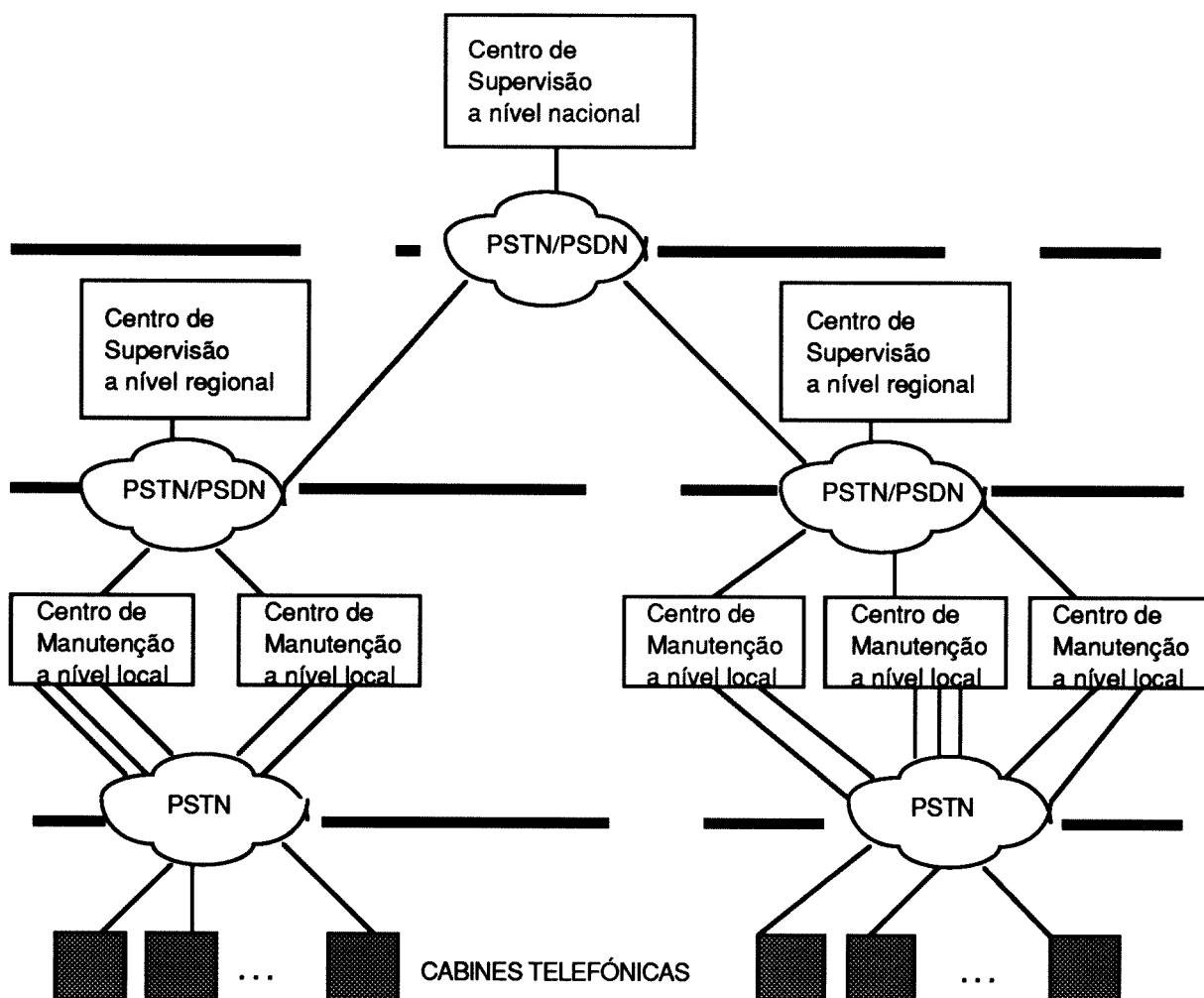


Figura 2.9 - Arquitectura do Sistema de Gestão Remota

Os segundos incluem as seguintes mensagens:

- *parameters*, indicando a taxa dos impulsos das chamadas, taxa de chamada mínima, etc
- *tariff tables*, mensagem especial para as redes que não fornecem contagem periódica dos impulsos
- *software*, permite a introdução de novas partes de software.

#### 2.4.2 - Sistema de Observação de Serviço Centralizado de Apoio à Rede (OSCAR)

O Centro de Estudos de Telecomunicações de Aveiro (CET) (organismo dos CTT que se dedica ao desenvolvimento de equipamentos e sistemas, com

vista à sua utilização na rede telefónica pública) desenvolveu um sistema de Observação de Serviço Centralizado de Apoio à Rede de telecomunicações dos CTT, denominado por OSCAR e actualmente em fase de implementação, dirigido essencialmente para a supervisão das centrais analógicas e electromecânicas, cujos aspectos mais salientes são [7]:

- Permitir a detecção de anomalias em tempo útil
- Estabelecer programas intensivos de ensaio
- Tratar a informação resultante.

Deste modo consegue-se um melhor conhecimento do estado de funcionamento dos equipamentos da rede, evitando-se a degradação da qualidade de serviço abaixo de certos níveis. A rede OSCAR tem ainda possibilidade de recolher dados de base necessários ao planeamento e gestão técnica da rede de telecomunicações, distribuindo-os automaticamente pelos órgãos responsáveis por estas actividades.

Esta rede é essencialmente constituída por terminais de recolha (terminais OSCAR de 3ª hierarquia), a colocar junto dos equipamentos, e por órgãos coordenadores centralizados designados por Centros OSCAR. Com vista a serem possíveis acções correctivas, rápidas e expeditas, existem mais dois níveis para a rede: os terminais OSCAR de 1ª hierarquia e os terminais OSCAR de 2ª hierarquia, donde partirão as brigadas de reparação da rede.

Os Centros OSCAR são minicomputadores, dotados de memória de massa suficiente ao armazenamento do grande volume de dados. É neles que residem os programas de controlo e tratamento da informação da rede. Estes Centros evoluirão para os futuros Centros de Operação e Manutenção (Operation and Maintenance Centers - OMC) definidos pela Conference Europeenne des Postes et des Telecommunications (CEPT). A figura 2.10 dá uma ideia dos diferentes níveis hierárquicos da rede, da sua interligação e dos equipamentos previstos.

**NÍVEL 1** - corresponde aos Centros OSCAR, constituído por minicomputadores.

**NÍVEL 2** - corresponde aos centros operacionais de conservação com facilidades e pessoal para tratamento da informação.

**NÍVEL 3** - corresponde aos pontos do tipo operacional, onde o tratamento da informação será bastante reduzido.

**NÍVEL 4** - corresponde às estações automáticas convencionais onde ficarão colocados os equipamentos de recolha (MTGC, MTPA 250, DETA TERMI-

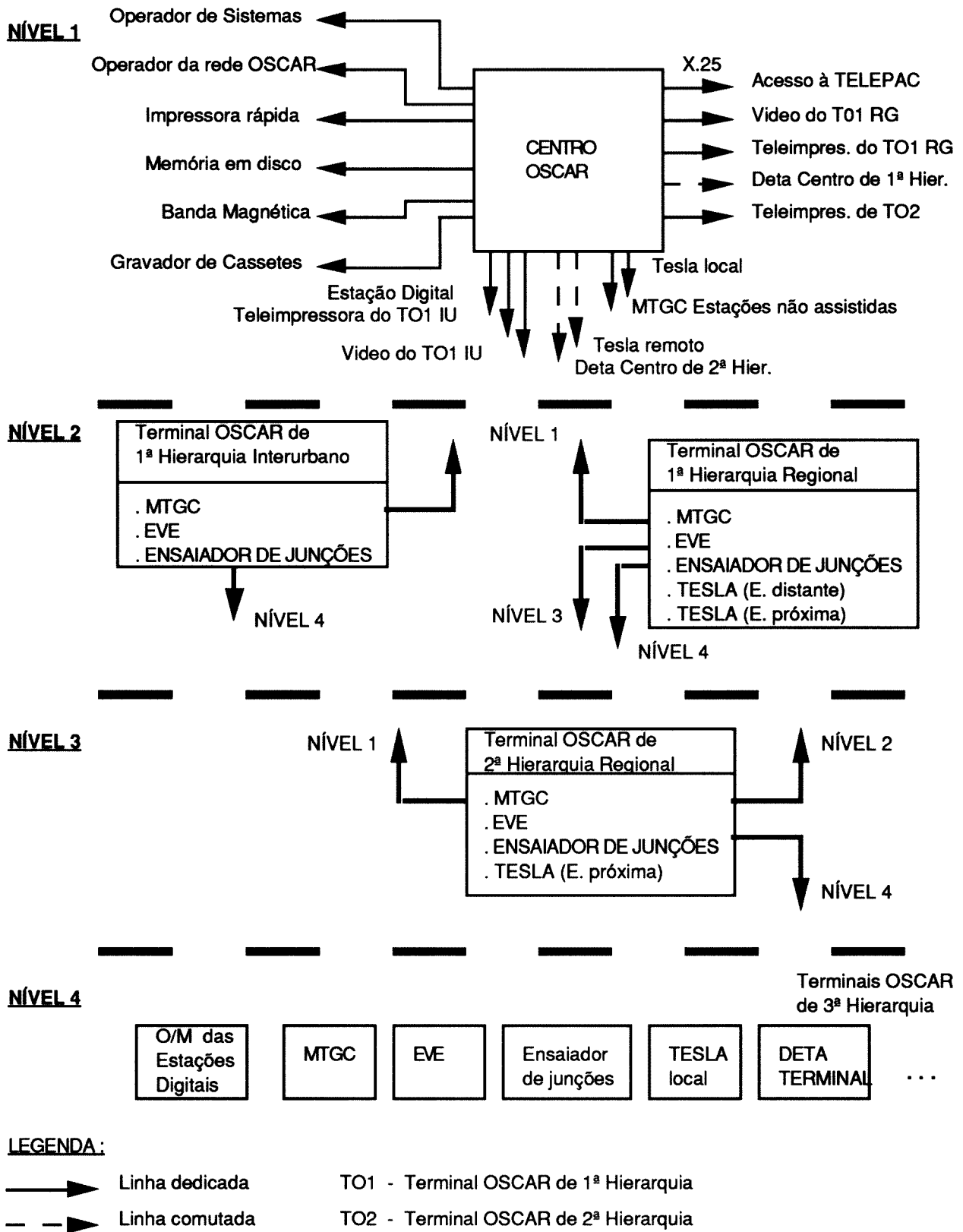


Figura 2.10 - Arquitectura da rede OSCAR

NAL), ensaio (EVE, EAR) ou medida (TESLA, ENSAIADOR DE JUNÇÕES), designados genericamente por terminais OSCAR de 3ª hierarquia.

### Interligação na rede OSCAR

A interligação entre os diferentes órgãos do sistema OSCAR assenta numa rede multiponto de linhas dedicadas a 4 fios, com modems de 1200 bps. O adaptador de multiponto reúne as linhas de vários terminais numa linha principal, a qual se encontra ligada ao interface-série do minicomputador funcionando como Centro OSCAR. Este centraliza o controlo da rede interrogando sequencialmente os terminais sobre se estão disponíveis para receber informação ou se, por outro lado, possuem informação para transmitir.

O protocolo que suporta as trocas de informação é do tipo bissíncrono tornado transparente pela utilização de caracteres ASCII na zona de dados. A zona do cabeçalho contém a codificação dos comandos ou os títulos dos relatórios/mensagens, correspondendo-lhe sempre uma resposta indicativa da sua aceitação ou não, por parte do destinatário, indicando o eventual tipo de erro. O comprimento máximo de cada bloco a transmitir é de 128 bytes.

A interligação entre os Centros OSCAR é feita através da rede TELEPAC. Existem ainda algumas ligações, entre o Centro OSCAR e os terminais OSCAR, por linha directa síncrona, assíncrona e linha comutada a 1200 bps.

## **2.5 - Avaliação de Custos**

Um factor muito importante a ter em conta em qualquer projecto deste tipo são os seus custos efectivos. Estes, contudo, não são fáceis de obter, pois não existe um parâmetro simples para o seu cálculo, e qualquer equação matemática que se pretenda aplicar poderá não corresponder verdadeiramente à realidade. Referem-se seguidamente três factores principais (inclui-se o projecto das unidades remotas) que influenciarão muito decisivamente esses custos:

### - Custos relativos ao Projecto do sistema

Estes incluem os salários dos engenheiros e técnicos envolvidos no projecto, elaboração de protótipos e ensaios (os quais nem sempre correm como se desejaria, implicando custos suplementares em equipamentos, materiais, deslocações e tempo gasto), compra de materiais e ferramentas de apoio ao projecto, etc.

- Custos relativos à Produção do sistema

Para além dos custos de materiais e mão-de-obra envolvidos, existem ainda os custos de engenharia de produção, verificação de qualidade, amortização de investimentos efectuados tendo em vista a sua produção, etc.

- Custos relativos à Instalação, Operação e Manutenção do sistema

Estes envolvem os salários dos engenheiros e técnicos responsáveis pela instalação, operação e manutenção do sistema, salários dos operadores e intervenientes, treino do pessoal, formação, etc.

É evidente que o projecto, no caso do SATA, se tornará mais rentável se o seu campo de aplicação for mais vasto que aquele já referido, ou seja a simples utilização nas PNs da CP. Deste modo, será possível atenuar cada um dos custos referidos, principalmente os relativos ao projecto, tanto mais, quanto maior a sua aplicação. Por este motivo, procurou-se que o sistema possua flexibilidade e capacidade para utilização noutras aplicações, dentro dos objectivos pretendidos.

É, pois, a relação entre as vantagens conseguidas pelo sistema e os custos nele envolvidos que determinarão, em grande parte, a realização do projecto. Pelo que será conveniente, por um lado, e sempre que isso seja possível, procurar maximizar as vantagens obtidas com a sua realização, enquanto que por outro lado se deverão minimizar os seus custos.

## 2.6 - Resumo

Os sistemas englobados na área dos sistemas de Comunicações, Controlo e Comando (sistemas C<sup>3</sup>) executam várias tarefas, tais como a aquisição de dados, o seu processamento, actualização, visualização, tomada de decisões e ainda a execução de acções. A sua configuração poderá ser mais ou menos complexa dependendo essencialmente da distância das Unidades Remotas ao Centro de Comando, do tipo de Unidades Remotas utilizadas, do volume de informação e da diversidade dos processos requeridos.

Nestes sistemas sobressaem o CC e a rede de comunicações. O CC permite, através do acesso que tem a vários tipos de dados, visualizar toda a informação relevante que dará origem às decisões a tomar e comandos a emitir; possibilita ainda avaliar a situação, tomar decisões, executar acções e verificar se as acções foram devidamente executadas.

As redes de comunicações podem-se classificar, quanto à sua extensão, em três grandes categorias: LANs, MANs e WANs. Várias normas para as

LANs, conhecidas por IEEE 802, têm sido desenvolvidas por organismos internacionais de normalização, existindo actualmente produtos comerciais já de acordo com essas normas. Mais recentemente começaram também a ser desenvolvidas normas para MANs as quais, do ponto de vista do IEEE 802, poderão ser vistas como LANs de grandes dimensões utilizando protocolos de acesso menos sensíveis à dimensão da rede. Uma WAN, caracterizada por uma cobertura de dimensão nacional, poderá veicular serviços de informação pelas técnicas da difusão, comutação de circuitos, circuitos dedicados privados e comutação de pacotes. A técnica da Difusão utilizando ligações via rádio, à semelhança de alguns sistemas de supervisão e telecomando já existentes, levanta alguns problemas de ordem legal e económica. A necessidade de obtenção duma licença para autorização de actuação dentro do espectro radioeléctrico e os gastos económicos envolvidos na implementação duma rede com cobertura nacional, tornam esta técnica a maior parte das vezes impraticável. A WAN mais comum, utilizando a técnica de comutação de circuitos, é a rede telefónica pública comutada (PSTN) operada pelos CTT e TLP. Embora esta rede seja normalmente utilizada para a transmissão de voz, pode também ser utilizada para a transmissão de dados. A utilização de circuitos dedicados privados poderá ainda ser considerada, desde que as características do sistema a implementar tornem a utilização dessa técnica economicamente vantajosa. A WAN que utiliza a técnica de comutação de pacotes é a rede TELEPAC, a qual é dirigida, essencialmente, para a comunicação de dados.

Existem já alguns sistemas desenvolvidos na área da gestão e supervisão: o sistema RMS da Landis & Gyr Communications dirigido para a gestão remota de cabines telefónicas e o sistema de Observação de Serviço Centralizado de Apoio à Rede (OSCAR) desenvolvido pelos CTT, vocacionado essencialmente para a supervisão das centrais analógicas e electromecânicas da rede telefónica dos CTT. Estes sistemas são complexos e de grande especificidade, utilizando na sua arquitectura vários níveis hierárquicos com capacidade de processamento, os quais tornam os custos envolvidos muito elevados.

Os custos inerentes ao desenvolvimento de qualquer sistema deste tipo não são fáceis de avaliar, sendo de considerar custos relativos ao Projecto, Produção, Instalação, Operação e Manutenção do sistema. Estes deverão conseguir-se minimizar a fim de se maximizar a relação vantagens/custos, pois esta, em parte, determinará a viabilidade do projecto.

## **CAPÍTULO 3**

### **Arquitectura e Funções do SATA**

## CAPÍTULO 3 - ARQUITECTURA E FUNÇÕES DO SATA

### 3.1 - Introdução

No primeiro capítulo foram definidos, dum modo genérico, os objectivos desejados para o SATA. Iremos agora particularizá-los para a primeira aplicação a que se destina, ou seja, a supervisão de alarmes gerados em Passagens de Nível dos Caminhos de Ferro Portugueses, previamente automatizadas.

É, então, objectivo deste sistema a transmissão, para um Centro de Comando (CC), através duma rede de comunicações adequada, das anomalias verificadas nas várias PNs existentes ao longo do país e que se encontram automatizadas. Simultaneamente deverão ser enviados "ecos" para:

- O chefe da equipa de manutenção da zona respectiva, com vista à eliminação da anomalia
- Determinados centros da CP (um ou mais), a fim de tomarem conhecimento das avarias ocorridas e para fins estatísticos.

Os centros da CP que deverão receber os "ecos" são sete, e estarão situados em diversos locais, enquanto que as zonas por onde se dividem as equipas de manutenção são também sete, distribuídas pelo país.

Os sete Centros da CP, para onde deverão ser enviadas as anomalias ocorridas, foram definidos em número e local pela própria CP (Campanhã, Rossio, Entroncamento, Barreiro, Santa Apolónia, Coimbra e Faro). A divisão do país em sete zonas com equipas de manutenção foi feita com base nas linhas ferroviárias que têm PNs automatizadas (Linha do Minho, Linha do Douro, Linha da Póvoa, Ramal da Lousã, Ramal de Alfarelos, Linha do Oeste, Ramal de Tomar, Linha da Beira Baixa, Linha do Leste, Ramal de Cáceres, Linha do Sado, Linha do Sul, Ramal de Lagos).

Em cada PN automatizada será instalada uma Unidade de Aquisição de Dados (UAD), baseada em microcontrolador e com várias entradas digitais, onde serão recebidas as informações das anomalias da PN; essas entradas digitais encontram-se convenientemente ligadas ao sistema de automatização da PN. A UAD inclui, ainda, um buffer de transmissão com capacidade para armazenar até um máximo de 16 alarmes.

Este sistema deverá ser simples, a fim de diminuir tanto quanto possível os custos envolvidos, pretendendo-se que na sua fase inicial seja constituído do seguinte modo:

- 1 CC, constituído por um PC 286, IBM compatível, a instalar na Maia/Porto (local onde se situa a Empresa fornecedora do Sistema de Automatização das PNs, e responsável pela manutenção deste)

- 214 UADs a instalar nas várias PNs

- 7 "Unidades Escravas" constituídas por uma impressora, onde serão registadas as anomalias, e as quais serão instaladas nas sedes das equipas de assistência

- 7 "Unidades Escravas" constituídas por uma impressora, onde serão registadas as anomalias, e as quais serão instaladas nos centros da CP.

A colocação de "Unidades Escravas" constituídas por impressoras, em alternativa a unidades com capacidade de processamento, é uma solução que permite alcançar plenamente os objectivos pretendidos (informar as equipas de manutenção do tipo de alarmes que ocorreram, quando e onde) reduzindo os custos envolvidos, simultaneamente pela utilização de equipamentos mais económicos e eliminando a necessidade de operadores especializados, capazes de operarem essas unidades.

### 3.2 - Arquitectura do SATA

Nesta secção procuraremos definir uma arquitectura que satisfaça os requisitos do SATA, tendo como objectivo central a diminuição da globalidade dos seus custos, não deixando, contudo que isso leve a uma diminuição da funcionalidade do sistema. Começaremos por apresentar uma panorâmica de algumas configurações normalmente utilizadas em redes de comunicações e que nos permitirão definir uma arquitectura final para o SATA e suas características.

A arquitectura duma rede de comunicações poderá utilizar várias técnicas de concentração de dados, através de níveis hierárquicos de diferente complexidade. É, principalmente, o crescimento dum sistema de comunicações de dados com elevado tráfego que leva à criação de técnicas capazes de conseguirem o máximo fluxo de tráfego de mensagens no menor tempo possível. Uma estrutura hierárquica típica mostrando quatro níveis, representa-se na figura 3.1 (na Secção 2.4 - Exemplos de Sistemas - já se tinham ilustrado estruturas com diferentes níveis hierárquicos).

A utilização duma arquitectura de rede com vários níveis hierárquicos poder-se-á mostrar vantajosa, principalmente se o número de terminais for grande e o fluxo de informação a transmitir elevado. Apresenta como principais desvantagens o atraso produzido com o tratamento das mensagens (normalmente são utilizadas conversões de velocidade e de

código), a necessidade de utilizar equipamento caro, e de operadores com maior formação.

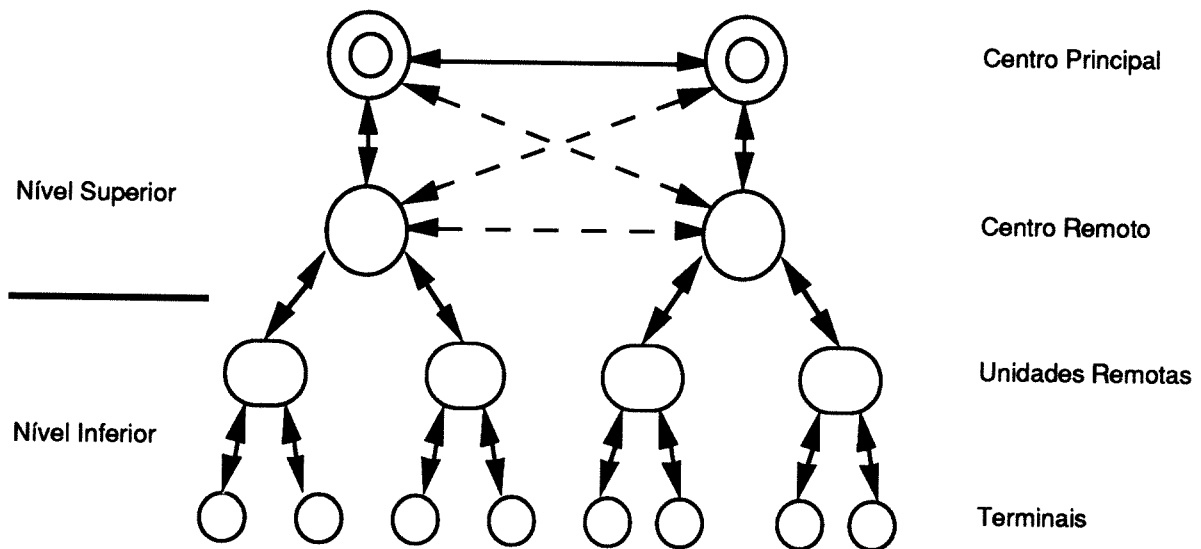


Figura 3.1 - Hierarquia nas redes de comunicações

No SATA iremos ter vários tipos de comunicações:

- Comunicações entre as UADs e o CC
- Comunicações do CC para as zonas de manutenção ("ecos" das ocorrências)
- Comunicações do CC para os diferentes locais da CP ("ecos" das ocorrências)

De acordo com o tipo das redes analisadas no segundo capítulo, o SATA não utilizará uma LAN ou MAN, uma vez que deverá ter uma cobertura de âmbito nacional. Os alarmes ocorrerão junto das PNs, as quais estarão localizadas ao longo do país, assim como as zonas de manutenção e locais da CP. Poderíamos, contudo, pensar na utilização duma LAN se o sistema a desenvolver fosse por exemplo um sistema de Controlo e Comando situado dentro de um edifício, com pontos a supervisionar localizados à sua volta. Um exemplo duma aplicação recente, neste caso, são os sistemas na área da Gestão de Edifícios.

A rede a utilizar será então do tipo WAN, sendo excluída uma solução que utilize a técnica da Difusão, pelas dificuldades que estas levantam e anteriormente referidas - Secção 2.3. Restam então três técnicas que, em princípio, poderiam ser aplicadas no SATA: circuitos dedicados privados (linhas alugadas aos CTT/TLP), comutação de circuitos (rede telefónica

pública dos CTT/TLP) ou comutação de pacotes (rede pública de dados da TELEPAC). Teremos primeiramente em atenção a comunicação entre as UADs e o CC.

### 3.2.1 - Circuitos Dedicados Privados

Nos sistemas de Controlo e Comando mais comuns utilizando unidades remotas distribuídas por grandes áreas geográficas, poderemos encontrar configurações de rede multiponto, multidrop ou mistas [1].

#### REDES MULTIPONTO

A configuração duma rede multiponto (várias ligações ponto-a-ponto) genérica baseia-se numa rede em estrela, como representado na figura 3.2, onde o centro da estrela é a unidade de comando central (eventualmente ligada através de um ou vários concentradores) e os pontos exteriores são as unidades remotas. As ligações entre as unidades remotas e o centro da estrela podem ser vistas como ligações separadas ponto-a-ponto, utilizando linhas de transmissão separadas.

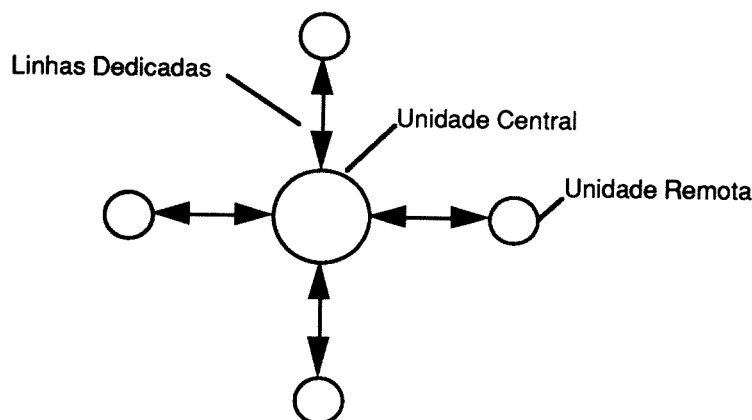


Figura 3.2 - Configuração de rede em estrela

Quando o número de unidades remotas é grande, a rede multiponto poderá tomar formas idênticas à representada na figura 3.3.

Uma rede em estrela multiponto, poderá não ser a configuração de rede mais económica, pois há a necessidade de utilizar uma linha dedicada entre cada uma das unidades remotas e a unidade central. A sua utilização poderá tornar-se interessante quando o tráfego de dados é muito elevado, permitindo compensar o preço normalmente caro do aluguer das linhas, relativamente a outras opções que se possam tomar.

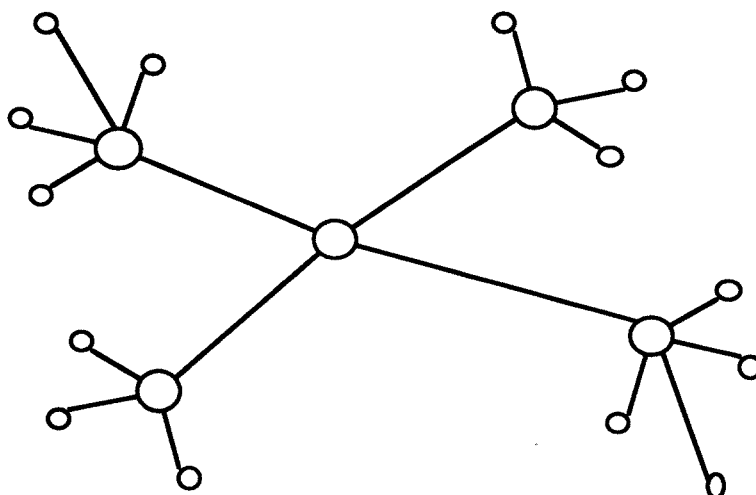


Figura 3.3 - Configuração de rede em estrela dupla

## REDES MULTIDROP

Um outro arranjo possível é ter as várias unidades remotas ligadas numa mesma linha, numa configuração conhecida por multidrop (figura 3.4). Uma rede multidrop utiliza uma única linha de transmissão à qual todas as unidades remotas se ligam. A linha de transmissão vai desde a unidade central, através de todas as unidades remotas, até à mais distante. Esta configuração poderá, comparativamente com a configuração em estrela, tornar-se tanto mais económica quanto maiores forem as distâncias entre as unidades remotas e a unidade central (a taxa de assinatura mensal duma linha dedicada é função do comprimento real da linha alugada - APÊNDICE A).

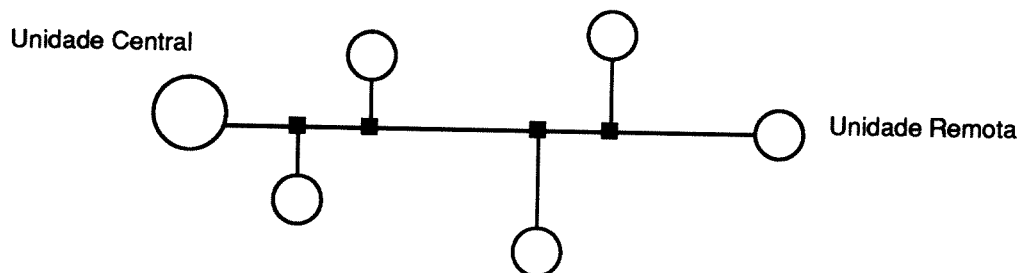


Figura 3.4 - Configuração típica duma rede multidrop

O tráfego numa configuração multidrop flui apenas entre a unidade central e as unidades remotas, não havendo comunicação directa entre unidades remotas. Só uma unidade remota pode comunicar dentro dum determi-

nado período, enquanto que as outras terão que aguardar a disponibilidade da linha. A unidade central actua como um controlador de tráfego, permitindo ou não, que as unidades remotas tenham acesso à linha. Deverá ser necessário prever métodos de disciplina de controlo de linha, pois somente uma unidade remota poderá transmitir ou receber informação num dado momento. Um dos grandes problemas operacionais das redes multidrop é que, no caso do fluxo de informação a transmitir ser muito elevado, se podem verificar atrasos nas unidades remotas, enquanto esperam que a linha fique disponível. Estes atrasos acontecem se uma unidade remota estiver continuamente a transmitir dados, dominando assim a linha. Este problema poderá ser evitado através de procedimentos de disciplina de linha adequados, os quais permitem que cada unidade remota possa ocupar a linha apenas por um período suficiente para transmissão dum bloco de dados. Estes atrasos podem também verificar-se se todas as unidades remotas tiverem mensagens para transmitir. Neste caso, cada uma deverá aguardar a chegada da sua vez, o que se o número de unidades remotas for elevado provocará longas filas de espera até que a linha fique livre. Estes aspectos relacionados com o controlo da linha serão abordados mais adiante, nesta secção.

Numa configuração multidrop cada unidade remota pode-se ligar à linha via modem, tal como indicado na figura 3.5. As linhas normalmente usadas são a quatro fios, podendo admitir o modo full-duplex. Algumas configurações utilizam apenas dois fios em modo half-duplex.

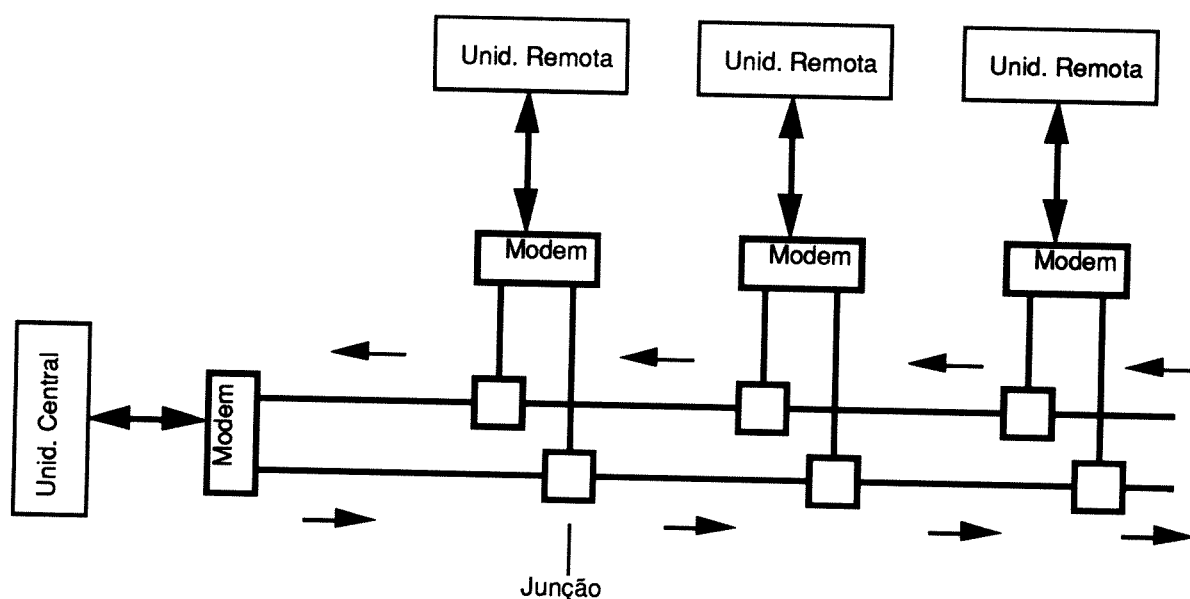


Figura 3.5 - Configuração de rede multidrop a quatro fios

Um aspecto importante a considerar neste arranjo é a ligação do hardware nas junções com a linha. Cada ligação nas junções altera as características da linha reduzindo a velocidade de transmissão e aumentando o tempo de retorno ("turn-around"). Problemas de comunicações adicionais surgem, tais como: aumento do nível de ruído, linearidade, atenuação, resposta em frequência, etc. Estes problemas, a fim de serem evitados, requerem equipamentos com características especiais com vista a equalizar as características da linha.

O projecto de linhas multidrop deverá considerar, para além do tipo de rede mais económico, a carga na linha e a fiabilidade da rede. Esta rede apresenta pouca fiabilidade uma vez que qualquer quebra na linha provoca o isolamento de todas as unidades remotas situadas para além do ponto de quebra.

## REDES MISTAS

Poderão ainda surgir as redes mistas, cuja configuração típica se apresenta na figura 3.6. Estas redes utilizam uma combinação das técnicas em estrela e multidrop, reunindo as características de ambas. A selecção da melhor configuração técnica a usar depende essencialmente das distâncias envolvidas e volume de tráfego originado.

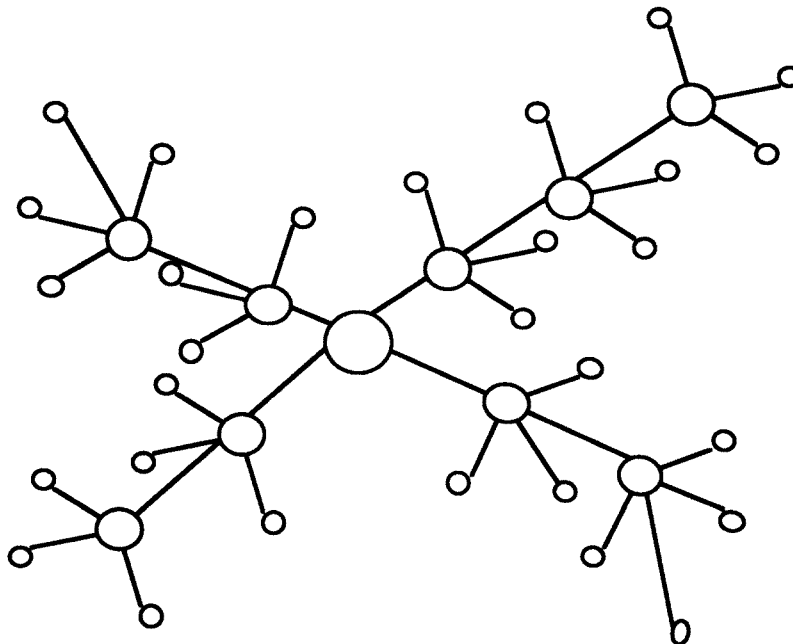


Figura 3.6 - Configuração de rede de comunicações utilizando ambas as técnicas: estrela e multidrop

### PROCEDIMENTOS DE CONTROLO DE LINHA

Uma rede de comunicações, constituída por unidades remotas e unidade central, deverá permitir o diálogo entre as unidades que a integram. Para que este facto seja possível, deverá existir um procedimento de controlo de linha com regras bem definidas, a fim de permitir o fluxo das mensagens sem que haja qualquer perda de informação sempre que a linha esteja ocupada. Os vários procedimentos de controlo de linha que normalmente se usam [1], são descritos resumidamente a seguir.

- a) Partilha Síncrona - Cada unidade remota tem periodicamente um intervalo de tempo fixo (slot), durante o qual pode transmitir as suas mensagens. Essa atribuição é feita independentemente de haver ou não mensagens para serem transmitidas e, por este motivo, pode conduzir a um aproveitamento pouco eficiente da capacidade do canal de transmissão.
- b) Polling - Cada unidade remota é interrogada a fim de se verificar se tem mensagens para transmitir. Neste caso, a unidade remota tem permissão para tal, procedendo a uma troca de informação com a unidade central de acordo com um protocolo previamente definido.
- c) Aleatório - A unidade central coloca na linha uma sequência de "time slots", podendo qualquer unidade remota capturar um "time slot" colocando aí a mensagem a transmitir. A captura de cada "time slot" é vista como aleatória. Neste tipo de procedimento, as unidades remotas podem comunicar entre elas sem necessidade de intervenção da unidade central.
- d) Contenção - Cada unidade remota pode iniciar um pedido para controlo de linha. Se a linha estiver ocupada, esse pedido entra numa fila de espera até a linha estar livre. Este é um esquema de responsabilidade distribuída, enquanto todos os outros são esquemas centralizados.

Quando a unidade central é um computador, e a configuração usada é multidrop ou mesmo doutro tipo, um dos procedimentos mais comuns é o polling. Deste modo, iremos referi-lo mais em pormenor.

Neste tipo de procedimento, a unidade central interroga sequencialmente cada unidade remota, fazendo um pedido de transferência de dados. Se uma das unidades remotas interrogadas tem mensagens para transferir, o controlo da linha é completamente transferido para esta unidade por um período de tempo, que normalmente tem um limite máximo. A sequencialidade dos interrogatórios pode ser alterada, de acordo com uma lista de polling. Esta lista poderá ser controlada por um programa armazenado em memória. Esta sequência pode tomar em consideração a prioridade das unidades remotas e a quantidade de tráfego originado por

cada uma. A unidade central funciona como uma estação "mestre" na rede, controlando o fluxo de tráfego de e para ele através dos comandos respectivos. As unidades remotas funcionam como estações "escravas" uma vez que elas não podem iniciar uma comunicação, podendo apenas responder aos comandos da unidade central. A relação entre esta unidade e as unidades remotas é exemplificada na figura 3.7.

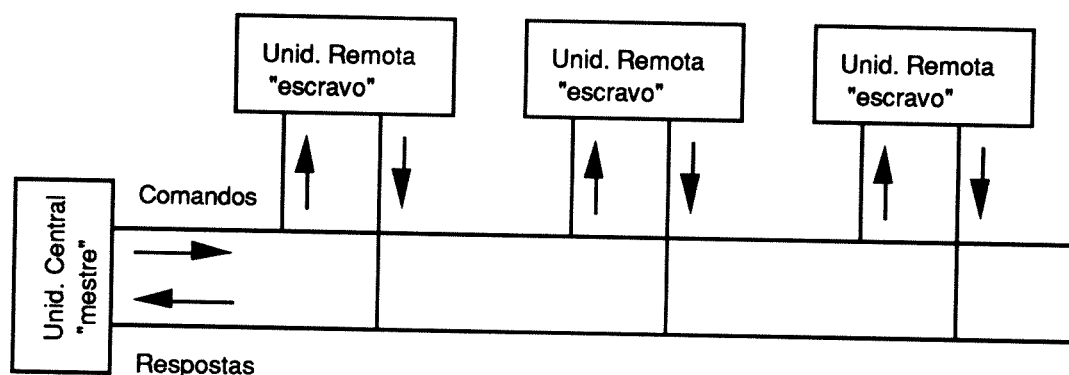


Figura 3.7 - Relacionamento "mestre-escravo" entre unidade central e unid. remotas numa rede com polling

Há dois tipos de comandos. O primeiro é usado quando a unidade central interroga a unidade remota se tem mensagens para transmitir. O segundo quando a unidade central tem uma mensagem a transmitir para uma unidade remota particular. Com estes dois tipos de comandos a unidade central pode controlar a direcção da transmissão na linha. Pode-se sumariar os dois comandos do seguinte modo:

- Polling** - A unidade central interroga as unidades remotas para saber se têm mensagens a transmitir. Neste caso, o comando representa um convite às unidades remotas para transmitirem uma mensagem.
- Selecting** - A unidade central selecciona uma unidade remota particular a fim de lhe enviar uma mensagem. Neste caso, o comando representa uma instrução para a unidade remota receber uma mensagem.

### 3.2.2 - Circuitos Comutados

Outras das técnicas possíveis, para além das linhas dedicadas, seria a utilização de circuitos comutados, a rede telefónica pública comutada (Public Switched Telephone Network-PSTN) ou a rede de comutação de pacotes (Packet Switched Data Network-PSDN). A figura 3.8 representa uma configuração utilizando estas técnicas.

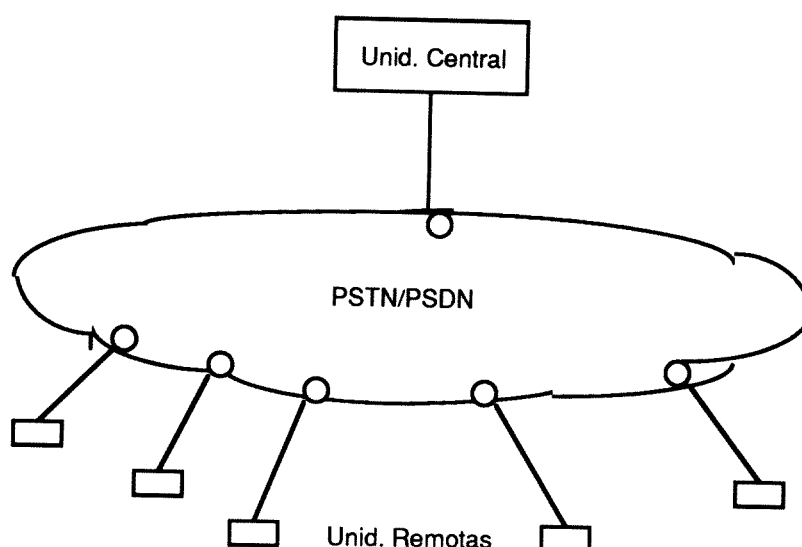


Figura 3.8 - A rede pública comutada (circuitos ou pacotes)

Neste caso, a unidade central encontra-se ligada à rede de comunicações apenas por uma linha comutada, assim como cada unidade remota. A adopção duma técnica com características de controlo de linha semelhantes à referida anteriormente como o Polling e Selecting não seria a mais adequada. Como vimos na Secção 2.3 a técnica de comutação de circuitos ou de pacotes envolve três fases distintas:

- O estabelecimento da chamada
- A transferência dos dados
- O desligar do circuito.

Se a unidade central funcionasse como estação "mestre" e as unidades remotas como estações "escravas", as chamadas efectuadas pela unidade central a questionar as unidades remotas teriam a maior parte das vezes uma resposta negativa (por não haver qualquer alteração de estado ocorrida), traduzindo-se esse facto em gastos desnecessários (uma linha comutada é taxada pelo número de chamadas efectuadas e sua duração) e redução da eficiência do sistema (tempo de ocupação da linha muito grande e caracterizado por tempos de estabelecimento e desligar da chamada muito elevados, comparativamente com os tempos relativos à transferência efectiva de dados).

Deste modo, e no sentido de minimizar os custos relativos às chamadas efectuadas e maximizar a eficiência do sistema, uma chamada só deverá ser efectuada, quando houver necessidade para tal. Quem terá essa

necessidade serão as unidades remotas, pelo que serão estas que tomarão a iniciativa de estabelecer a chamada.

A fiabilidade neste caso, comparativamente à configuração multidrop, é maior, pois a falha numa linha junto a uma unidade remota, não isola as restantes do sistema. Contudo, no caso da linha a falhar ser a que se encontra ligada à unidade central, poderíamos ter um grave problema, pois todas as unidades remotas ficariam isoladas da unidade central. Se no sistema a implementar a probabilidade de ocorrência deste facto for grande, poder-se-á prever para a unidade central uma segunda linha de rede a funcionar apenas como "back-up", e que só seria utilizada em caso de falha da primeira linha de rede.

### 3.2.3 - Definição duma Arquitectura

Após as considerações efectuadas e procurando definir uma arquitectura optimizada para o SATA, deveremos ter em consideração alguns aspectos que estarão na base dessa optimização e que são respectivamente:

- a) O volume médio de tráfego originado por cada unidade remota
- b) O custo das linhas de transmissão
- c) As linhas de transmissão disponíveis junto das unidades remotas e unidades "escravas"
- d) O tipo de equipamento disponível tanto na unidade central como nas unidades remotas, zonas de manutenção e locais da CP
- e) A taxa de erros do sistema.

### COMUNICAÇÕES ENTRE O CC E AS UADs

#### Volume médio de tráfego originado por cada unidade remota

O volume médio de tráfego que será originado por cada unidade remota será em princípio muito baixo. Algumas estatísticas já efectuadas indicam que a taxa média de ocorrências diárias é cerca de 10% do número de unidades remotas instaladas, o que corresponde a uma taxa média de 1 ocorrência por PN de 10 em 10 dias. Este número é demasiado baixo para se utilizarem linhas dedicadas em configuração do tipo multidrop ou outro, que como já vimos se justificam para volumes de tráfego bastante mais elevados.

Utilizando uma rede comutada, onde serão as UADs que tomarão a iniciativa de comunicar, será necessário prever neste caso a existência duma

comunicação periódica (período esse que poderá ir até 24 ou mesmo 48 horas) em que as unidades remotas informarão o CC de que se encontram em bom estado de funcionamento. Caso contrário, poderia ser muito difícil detectar uma anomalia em tempo útil.

### Custo das linhas de transmissão

A análise do custo das linhas de transmissão, considerando a taxa média de ocorrências referida, leva-nos a concluir que a utilização numa rede comutada (em que a taxação depende essencialmente do número de chamadas efectuadas e da sua duração) torna-se muito mais vantajosa do que a utilização de linhas dedicadas (onde a taxação se baseia essencialmente num aluguer mensal da linha).

Entre utilizar a rede pública de comutação de circuitos e a rede pública de comutação de pacotes, do ponto de vista de custo de linhas de transmissão, verifica-se que a solução mais rentável depende de vários factores, nomeadamente: tipo de ligação à TELEPAC, volume de tráfego por chamada, tempo de duração da chamada e número de chamadas efectuadas.

### Linhas de transmissão disponíveis junto das unidades remotas

Um aspecto importante a considerar e que foi decisivo na opção a tomar quanto ao tipo de rede comutada a utilizar, foi o facto de junto a cada PN automatizada existir já um telefone ligado à rede telefónica pública (PSTN). Uma das finalidades deste telefone é ser utilizado pelos automobilistas que aguardam o levantamento da barreira da PN, quando esta, por motivos de avaria ou segurança, não levanta após a passagem do comboio. Neste caso, a existência desse telefone permite que qualquer automobilista comunique de imediato esse facto para um determinado número telefónico a relatar a ocorrência. Uma outra função desse telefone é a sua possível utilização pelas equipas de manutenção ou outro pessoal da CP. A utilização dessa linha telefónica existente em cada PN permite-nos assim a ligação das unidades remotas à rede telefónica pública comutada e assim optar por uma comutação de circuitos em alternativa à comutação de pacotes. Esta última alternativa, embora mais direccionada para a comunicação de dados, implicaria custos adicionais, que são evitados utilizando a linha telefónica já existente. Note-se que um custo adicional por UAD poderá representar na globalidade do sistema um custo avultado (considerando a existência de 214 UADs).

### Tipo de equipamento disponível tanto na unidade central como nas unidades remotas

A opção tomada de utilizar a rede telefónica pública comutada serve perfeitamente o equipamento disponível, tanto na unidade central como nas unidades remotas. Tanto num local como noutro, essa ligação faz-se através de modems adequados para ligação a linhas comutadas, com facilidades de marcação automática "auto-dial" e atendimento automático "auto-answer". A utilização desta rede não permitirá, como já referido, a utilização de velocidades muito elevadas, mas o volume de tráfego também não o justifica. Assim a velocidade de transmissão adoptada foi 1200 baud.

### Taxa de erros do sistema

As redes de pacotes direccionadas para a transmissão de dados apresentam uma menor taxa de erros do que a rede telefónica pública, normalmente utilizada para a transmissão de voz. O desempenho conseguido, com a utilização da rede telefónica pública poderá ser, contudo, melhorado, por utilização de códigos detectores e correctores de erros adequados. No capítulo seguinte serão abordados os vários códigos existentes, definindo-se aquele que será utilizado no SATA.

### COMUNICAÇÕES ENTRE O CC E AS ZONAS DE MANUTENÇÃO

Estas comunicações serão também efectuadas pela rede telefónica pública comutada e verificar-se-ão sempre que o CC receber informação duma ocorrência numa PN. Logo que a linha telefónica se encontre disponível o CC estabelece automaticamente a chamada para a zona de manutenção respectiva, onde se encontra uma impressora na qual é registada a ocorrência. A necessidade da existência de linhas telefónicas na sede das equipas de manutenção a fim de permitirem a transmissão de voz levou à utilização duma dessas linhas para ligação do equipamento de dados (procurando-se a sua rentabilização) podendo, também, esta ser utilizada para fonia (no sentido de saída) sempre que se deseje.

### COMUNICAÇÕES ENTRE O CC E OS LOCAIS DA CP

Sendo a CP detentora duma rede de comutação de pacotes privada, ligada à rede pública de comutação de pacotes (TELEPAC) em três pontos distintos: Porto, Lisboa e Faro, e procurando tirar partido das vantagens económicas que daí advêm, optou-se pela utilização da rede de pacotes, para as comunicações entre o CC e os locais da CP onde se encontram ligadas as

unidades escravas (impressoras) e nas quais serão registados os "ecos" das ocorrências verificadas.

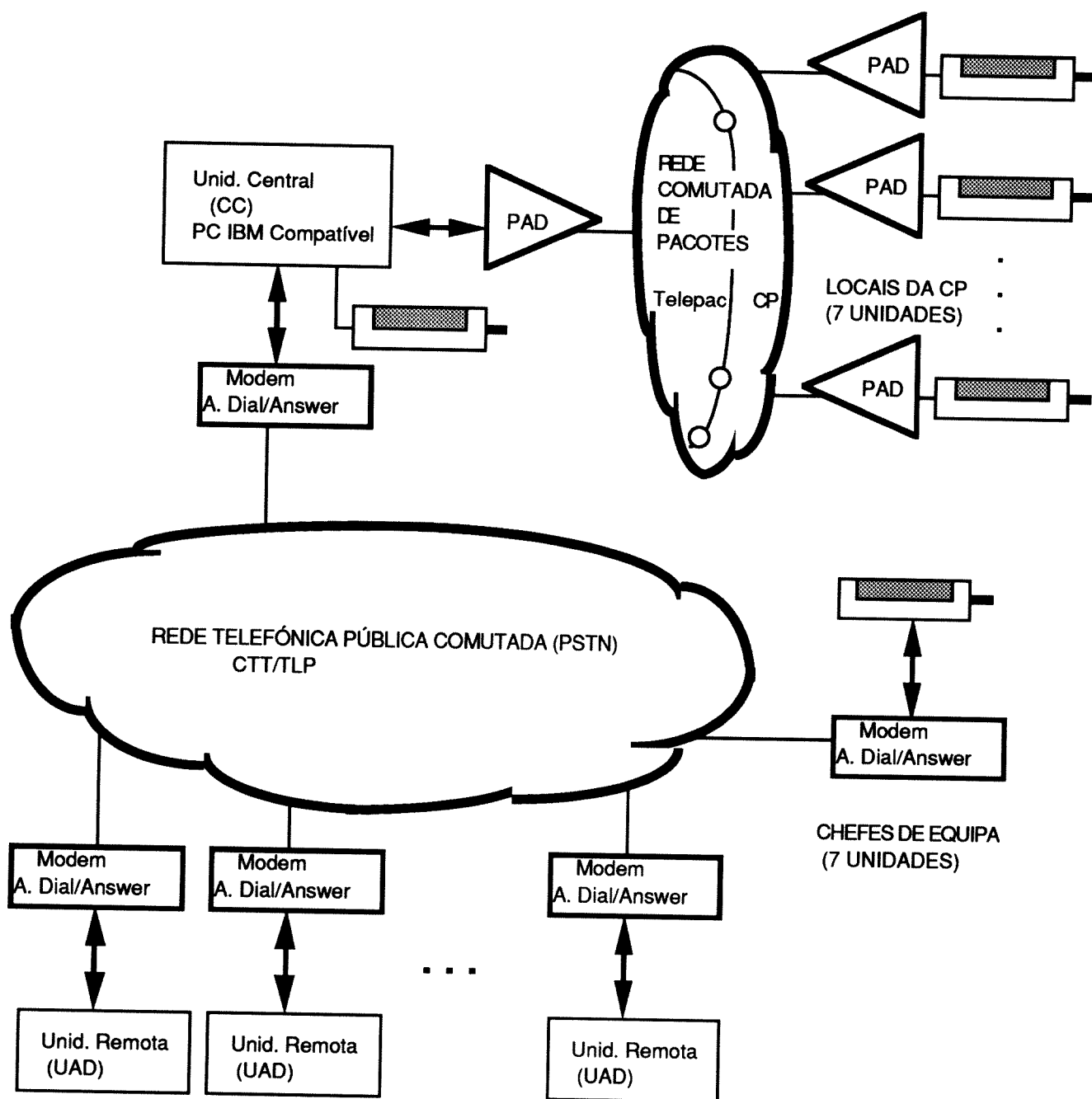


Figura 3.9 - A Arquitectura adoptada para o SATA

## 3.3 - Funções a desempenhar pelo CC

No capítulo anterior foram definidas, dum modo geral, as áreas normalmente existentes nos sistemas C<sup>3</sup> e as principais funções do CC. No caso particular do SATA, as funções a desempenhar pelo CC englobam as seguintes áreas:

- Supervisão e Comando
- Visualização.

Como o Processamento Central, que normalmente é uma tarefa a desempenhar pelo Computador Principal - Secção 2.1, será, neste caso, simplificado (como iremos ver adiante) e o CC terá capacidade para tal, não se justifica, portanto, a utilização de um equipamento só com essas funções. Deste modo, iremos incluir também o Processamento Central como função a ser desempenhada pelo equipamento com funções de CC.

### 3.3.1 - Supervisão e Comando

As principais funções do CC, nesta área, são as seguintes:

#### - AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO

Para que o CC possa fazer uma avaliação constante da situação actual, o CC deverá poder, em caso de ocorrência de alarmes (ou alteração de estado para uma situação de normalidade) numa PN, receber essa informação que lhe será comunicada pela UAD, e a qual deverá mencionar, para além do seu endereço, o estado actual das suas entradas, qual a entrada (ou entradas) que sofreu alteração, e a data, hora e minuto locais da ocorrência.

A UAD poderá também comunicar com o CC apenas para o informar que "está viva". Esse período de vigilância periódica deverá poder ser variável, até um máximo de 24 a 48 horas. Esta informação é muito importante pois é necessário que o CC saiba avaliar uma falha no sistema. Se passado o período de vigilância duma UAD, ela não comunicou com o Centro, então ou ocorreu falha na rede de comunicações ou na UAD. No caso de termos uma rede de comutação de circuitos ou de pacotes, quando se fala em avaria na UAD deve-se entender, neste caso, como incluída a parte da rede de comunicações, desde a UAD até ao seu nó de ligação à rede. Assim sendo, uma falha nessa zona não permitiria à UAD comunicar com o CC em tempo devido.

É possível distinguir entre uma situação de falha na rede e uma falha na UAD, pois na primeira situação os períodos de vigilância de todas (ou parte) as UADs configuradas seriam sucessivamente ultrapassados, en-

quanto que no segundo caso só aquela UAD particular é que não comunicaria no tempo previsto. O CC deverá poder informar cada UAD do período de vigi-lância particular de cada uma, e de outras informações que possam vir a ser necessárias, nomeadamente a Data/Hora locais do CC, para acerto das UADs.

Este tipo de dados e informação a que o CC tem acesso foram designa-dos na secção 2.2 por "Dados novos de operação", pois são actualizados em tempo real e em modo "on-line". Aqueles dados recebidos no CC relativos a uma alteração de estado para uma situação de normalidade na PN, poderão ser considerados como "Dados de resposta à execução de acções", pois se-rão, numa situação normal, consequência de intervenções dos técnicos de manutenção, os quais tomaram conhecimento das anomalias, através de in-formação dada pelo CC.

### - TOMADA DE DECISÕES

O CC deverá poder decidir como actuar em função das informações que são recebidas da UAD. Assim, as decisões a tomar perante uma comunicação a informar de uma alteração de estado serão diferentes daquelas a tomar no caso duma comunicação a informar que a UAD "está viva":

- No primeiro caso, o CC deverá "tratar" essa informação veiculada por uma estrutura simples e objectiva, e que poderá apresentar a seguinte con-figuração:

- . Data/Hora/Minuto de recepção no CC
- . Data/Hora/Minuto da ocorrência na PN
- . Identificação da PN/Localização: Nº de UAD (Linha Código-Km)  
Ex: 001 (MI 7-24,298)
- . Estado actual das entradas na UAD (STATUS)
- . Alteração de estado ocorrida (change of status - COS),

devendo seguidamente o CC executar várias acções, de modo que as mensa-gens sejam:

- . Impressas localmente
- . Armazenadas num ficheiro geral de alarmes, em memória de massa
- . Retransmitidas para a zona de manutenção respectiva
- . Retransmitidas para a CP.

- No segundo caso, não há qualquer ocorrência de alarmes, e a UAD apenas estará a comunicar dentro do seu período de vigilância. As mensa-gens serão consideradas como execução do ciclo de vigilância periódica, não havendo necessidade de imprimir, armazenar no ficheiro geral de alarmes ou retransmitir. Apenas será actualizada a hora da última recepção, a fim

de se determinar até quando se deverá efectuar a próxima comunicação, dentro deste ciclo.

Poderá ocorrer o caso duma UAD não comunicar dentro do período de vigilância definido. Então, esse facto será considerado como um alarme (UAD TIMEOUT), para o qual será definida uma estrutura com a seguinte configuração:

- . Data/Hora/Minuto da ocorrência, dado pelo CC
- . Identificação da PN (1 a 214)/Localização
- . Informação de estado (UAD TIMEOUT).

e as acções a executar serão idênticas àquelas a executar no caso de uma alteração de estado.

Para que o CC possa efectuar os procedimentos anteriormente descritos, deverá ter acesso, para além dos dados estáticos e dinâmicos, aos planos e intenções que lhe permitam decidir:

- . Para quem retransmitir: qual a zona (ou zonas) de manutenção que deverá receber essa informação, e qual o local (ou locais) da CP que deverá receber essa informação
- . Se a alteração de estado ocorrida se trata duma situação de avaria ou de normalidade
- . Qual o período de vigilância de cada UAD.

Esses dados estarão contidos e registados num ficheiro que terá os seguintes campos para cada UAD:

- . Identificação/Localização: Nº de UAD (Linha Código-Km)  
Ex: 001 (MI 7-24,298)
- . Entradas monitorizadas (de acordo com o tipo de PN)
- . Critério de atribuição de avaria/normalidade
- . Critério de retransmissão para zona de manutenção
- . Critério de retransmissão para a CP
- . Ciclo de vigilância periódica (poderá variar entre 1 a 24 h).

### - EXECUÇÃO DE ACÇÕES

Em alguns sistemas mais complexos, é possível executar acções que consistem no envio de comandos às unidades remotas, a fim de estas actuarem as suas saídas de acordo com as ordens transmitidas pelo CC (Teleacção). No SATA a UAD não terá saídas para controlo remoto, pois o seu fim é apenas a vigilância da PN a que se encontra associada. Neste sistema a execução desse tipo de acções envolverá a intervenção humana. As princi-

tais acções que o CC terá de executar verificam-se sempre que uma alteração de estado ocorreu numa PN ou então surgiu uma situação de UAD TIMEOUT, e são:

- . Registrar em impressora local; para além do registo, permite chamar a atenção do operador para a ocorrência verificada
- . Armazenar as ocorrências num ficheiro geral de alarmes, em memória de massa, para utilização em futuras consultas e para fins estatísticos
- . Estabelecer contacto com a zona de manutenção respectiva, tendo em vista a comunicação da ocorrência, para que uma intervenção humana se possa realizar no caso duma avaria na PN, ou na UAD (de modo a restabelecer a anomalia verificada)
- . Estabelecer contacto com a CP, tendo em vista a comunicação da ocorrência, para tomada de conhecimento e fins estatísticos.

### - VERIFICAÇÃO DAS ACÇÕES EXECUTADAS

As acções enunciadas no ponto anterior têm como principal objectivo permitir que, no caso de ocorrência dum alarme, este facto seja dado a conhecer ao operador do sistema e intervenientes no processo, de modo a que essa situação de alarme seja de imediato solucionada. O CC poderá verificar se os objectivos pretendidos para as acções que executou foram alcançados logo que tenha uma comunicação da UAD (em situação de UAD TIMEOUT ou alarme de PN) a informar da sua situação de normalidade. Estes dados, designados por "Dados de resposta à execução de acções", permitem actualizar o CC para a nova situação existente, a qual é fruto duma acção conjunta entre o CC e o técnico de manutenção.

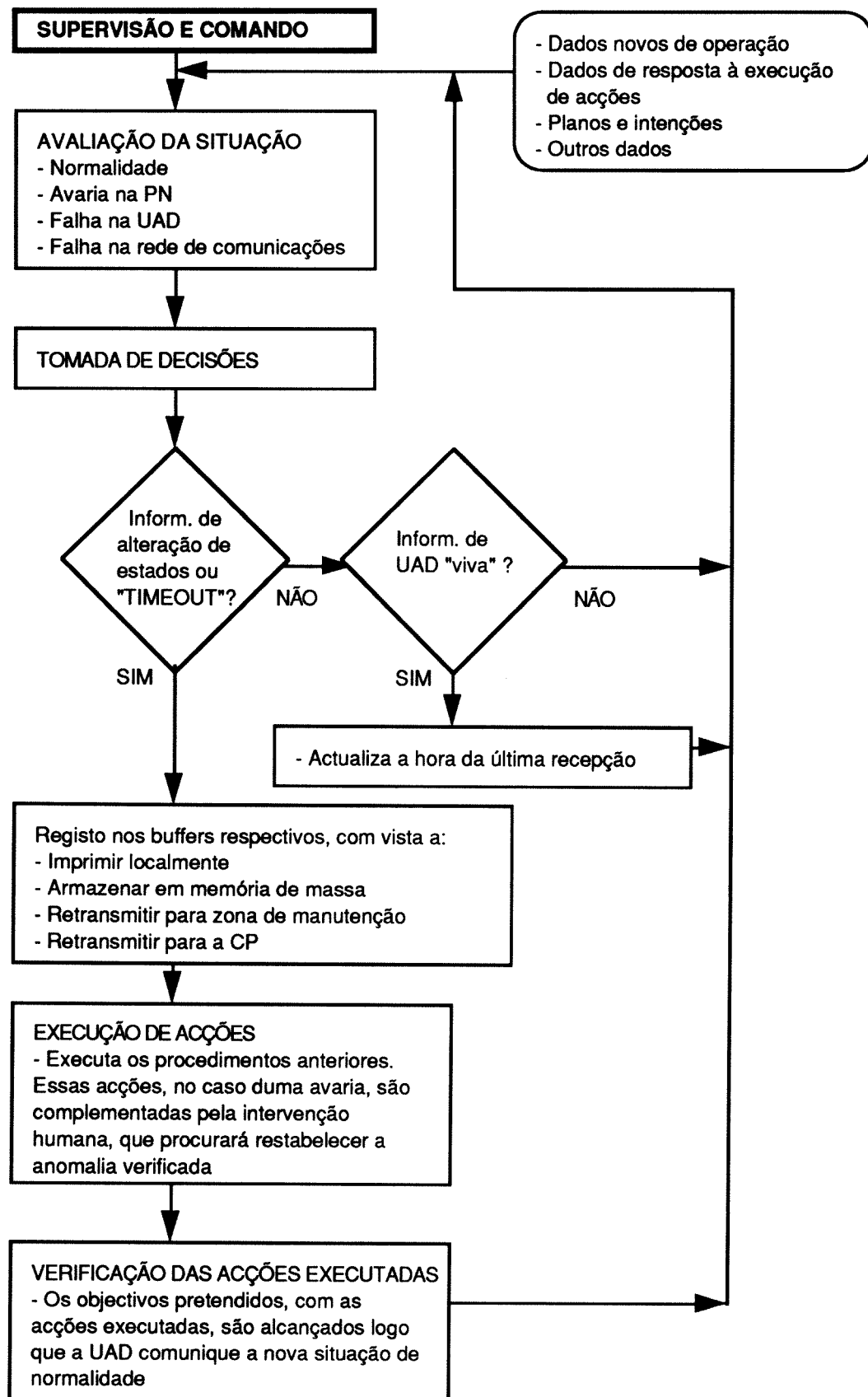


Figura 3.10 - A função de Supervisão e Comando no CC do SATA

### 3.3.2 - Visualização

O CC permite ao operador do sistema visualizar em qualquer momento a situação actual e historial do sistema. Essa visualização inclui, para além duma opção de "Ajuda", a possibilidade de:

#### - VISUALIZAÇÃO DE ESTADOS DA UAD

Esta visualização é individual por UAD e apresenta os seguintes campos identificativos, necessários para uma completa caracterização do estado duma UAD:

- . Identificação da PN/Localização
- . Estado (Status), p. ex. : configurada, inicializada ou TIMEOUT
- . Chefes/Telepac: indicação das zonas de manutenção e locais da CP para onde deverão ser enviados os "ecos" das ocorrências
- . Tempo máximo entre comunicações que está definido
- . Última mensagem enviada
- . Situação actual das entradas.

No campo correspondente ao Estado (Status) da UAD, poderão surgir vários tipos de informação, como acima foi indicado. Assim, uma UAD configurada será uma UAD que, em princípio, já foi instalada junto da PN respectiva, e para a qual já existe uma configuração específica. Durante a primeira comunicação dessa UAD com o CC é feita a sua inicialização, que como iremos ver mais adiante no Capítulo 5 - Protocolo de Comunicações, implicará um acerto da Data/Hora da UAD pela do CC. No caso de uma UAD não ter comunicado com o CC dentro do tempo estabelecido como tempo máximo entre comunicações, essa informação será visualizada pela indicação de TIMEOUT.

#### - VISUALIZAÇÃO DE OCORRÊNCIAS

Neste caso é possível visualizar uma listagem de ocorrências gerais, uma listagem de ocorrências por UAD e uma listagem de ocorrências por zona de manutenção.

Listagem de Ocorrências gerais - Esta listagem permite analisar dum modo geral a situação do sistema, nomeadamente quais as PNs em situação de alarme. Esta listagem inclui as ocorrências (por exemplo as x mais recentes) que foram surgindo, indicando para cada uma:

- . Data/Hora/Minuto de recepção no CC
- . Data/Hora/Minuto da ocorrência na PN

- . Identificação da PN/Localização: Nº de UAD (Linha Código-Km)  
Ex: 001 (MI 7-24,298)
- . Alteração de estado ocorrido.

ou no caso de UAD TIMEOUT:

- . Data/Hora/Minuto da ocorrência, dado pelo CC
- . Identificação da PN/Localização
- . Informação de estado (FALHA DE UAD).

O registo da Data/Hora/Minuto de recepção no CC e da ocorrência na PN, permite determinar o tempo decorrido entre a ocorrência e a sua tomada de conhecimento. Este diferencial só fará sentido se a UAD tiver o seu relógio acertado pelo do CC. Será então importante, para além da inicialização da UAD, prever, também, um mecanismo de acerto periódico desta (este aspecto está previsto e será também descrito no Capítulo 5).

Listagem de ocorrências por UAD - Esta listagem permite avaliar a situação duma PN específica, permitindo obter algumas conclusões, tais como se uma PN terá ou não uma aceitável taxa de avarias. Apresenta apenas as ocorrências que forem surgindo na UAD que se seleccionar. As configurações a apresentar são idênticas às referidas anteriormente, onde a identificação da PN corresponde àquela que foi seleccionada.

Listagem de alarmes por zona de manutenção - Esta listagem permite avaliar a quantidade e simultaneidade de alarmes ocorridos em cada zona de manutenção. A sua configuração apresenta os seguintes elementos:

- . Data/Hora/Minuto de recepção no CC
- . Data/Hora/Minuto da ocorrência na PN
- . Identificação da PN/Localização
- . Informação de estado.

## - VISUALIZAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES

Este tipo de visualização não é dirigido ao operador do sistema, mas sim ao seu programador, servindo como auxiliar de trabalho e verificação do bom funcionamento do sistema. Permite visualizar algumas variáveis e parâmetros utilizados no software do sistema ou para fins estatísticos e relacionados com as comunicações e protocolo, tais como: estado das linhas de comunicações, tipo de mensagens recebidas e transmitidas, zona de manutenção e locais da CP para onde se dirige a comunicação em curso ou outras variáveis e parâmetros (APÊNDICE B).

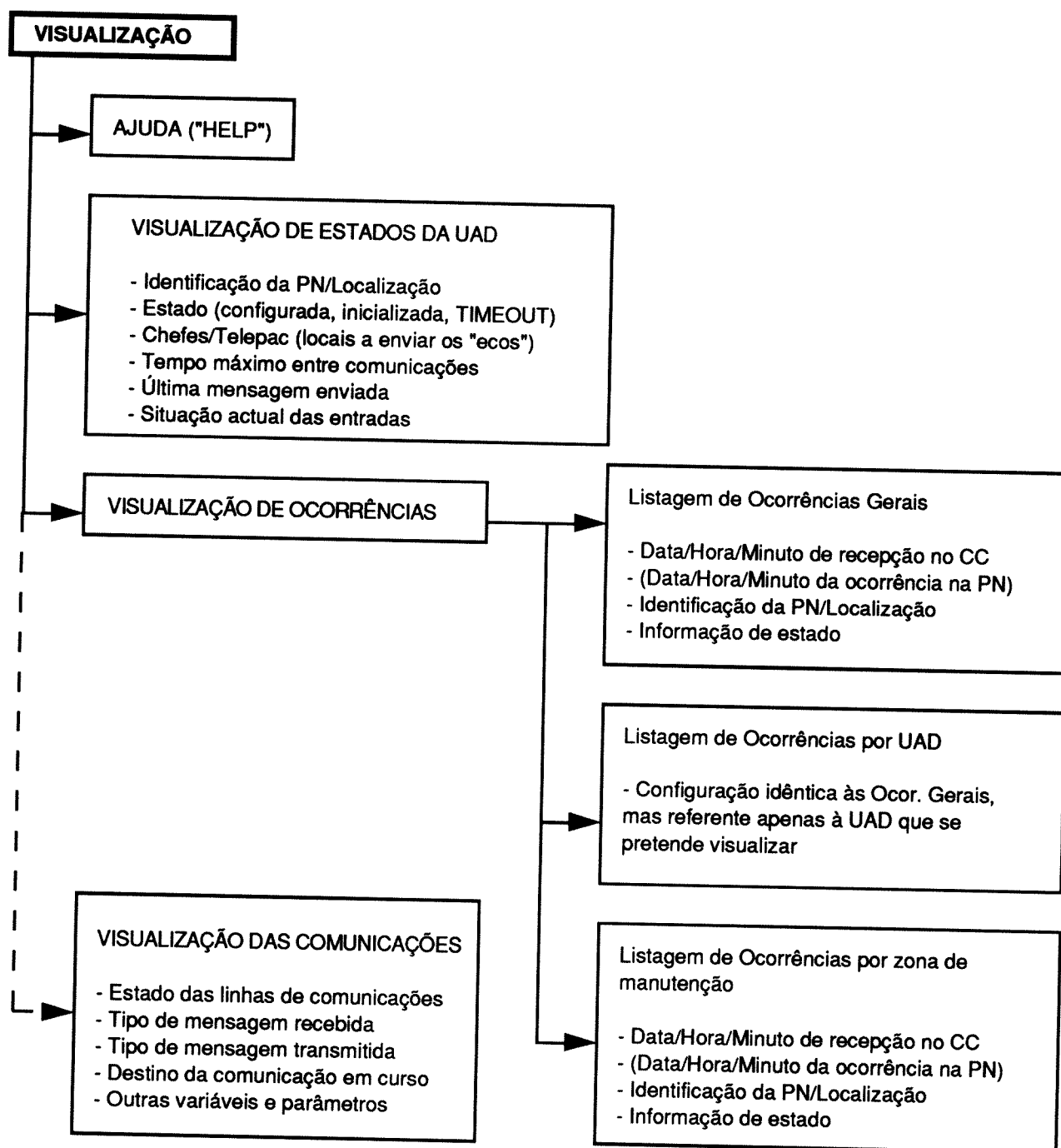


Figura 3.11 - A função de Visualização no CC do SATA

### 3.4 - Vantagens oferecidas pelo Sistema

As inúmeras vantagens que um sistema destes poderá apresentar dependem especialmente da aplicação específica a que se destina. No caso concreto do Sistema Automático de Transmissão de Avarias, dirigido para a

televigilância das PNs, poderemos enunciar algumas dessas vantagens, as quais foram relevantes para a execução do projecto. Para além da diminuição dos encargos de Manutenção dos Sistemas de Automatização das PNs, são ainda de considerar as seguintes:

- 1) Centralização dos acontecimentos, com vista ao seu controlo e monitorização;
- 2) Recepção dos Dados das várias unidades remotas, para construção dos mapas da situação em tempo real;
- 3) Criação de ficheiros, em memória, de informação passada e presente, que podem ser consultados em qualquer momento;
- 4) Visualização da informação em tempo real para tomada de decisões;
- 5) Diminuição do intervalo de tempo entre a ocorrência do acontecimento e a tomada de conhecimento respectiva;
- 6) Diminuição do intervalo de tempo entre a tomada de decisão e a execução da acção escolhida;
- 7) Confirmação do retorno à normalidade, podendo-se determinar exactamente o tempo da duração do alarme;
- 8) Visualização concisa, precisa e atempada das situações de alarme;
- 9) Verificação automática dos acontecimentos.

Saliente-se a importância dada pela CP à possibilidade de existirem ficheiros com o historial dos acontecimentos havidos, assim como a indicação da sua duração enquanto activos (situação de ocorrência de alarme).

### 3.5 - Resumo

O SATA tem como objectivo primordial a transmissão das anomalias verificadas nas PNs, existentes ao longo do país, para um CC, através duma rede de comunicações adequada. Simultaneamente serão enviados "ecos" para a zona de manutenção respectiva (sete na totalidade), com vista à eliminação da anomalia, e para determinados centros da CP (sete na totalidade), para fins estatísticos. Este sistema será constituído por equipamento simples e económico, sendo o CC constituído por um PC 286, IBM compatível, e

as unidades "escravas", instaladas nos locais da CP e zonas de manutenção, por simples impressoras.

No SATA as comunicações existentes serão entre as UADs e o CC, do CC para as zonas de manutenção, e do CC para os diferentes locais da CP. Estando as PNs, zonas de manutenção e locais da CP distribuídos ao longo do país, o tipo de rede a utilizar será do tipo WAN. Dentro destas redes, são analisadas a utilização de circuitos dedicados privados (linhas alugadas aos CTT/TLP), a comutação de circuitos (rede telefónica pública dos CTT/TLP) e a comutação de pacotes (rede Pública de dados da TELEPAC). A Difusão não é considerada pelas dificuldades enunciadas na Secção 2.3.

Utilizando circuitos dedicados privados, poderão ser configuradas redes do tipo multiponto, multidrop ou mistas. As redes multiponto baseiam-se numa rede em estrela, a qual prevê várias ligações separadas ponto-a-ponto. As redes multidrop utilizam apenas uma única linha de transmissão, à qual todas as unidades remotas se ligam. Esta configuração torna-se bastante mais económica do que a configuração em estrela, tanto mais quanto maiores forem as distâncias entre as unidades remotas e a unidade central. As redes mistas utilizam uma combinação das configurações em estrela e multidrop, tirando partido das vantagens de ambas.

As comunicações entre as unidades remotas e a unidade central estão sujeitas a métodos de disciplina de controlo de linha, pois somente uma unidade remota poderá transmitir ou receber informação num dado momento. Dos procedimentos de controlo de linha normalmente usados, o mais frequente é o polling, com implementação por software. Esta técnica utiliza dois comandos: Polling, permitindo à unidade central interrogar as unidades remotas para saber se têm mensagens a transmitir; Selecting, permitindo que a unidade central seleccione uma unidade remota particular a fim de lhe enviar uma mensagem. A relação entre unidade central e unidades remotas é do tipo "mestre-escravo", uma vez que as unidades remotas não podem iniciar uma comunicação, podendo apenas responder aos comandos da unidade central.

No caso de utilização de circuitos comutados, e no sentido de minimizar os custos relativos às chamadas efectuadas e maximizar a eficiência do sistema, serão as unidades remotas que tomarão a iniciativa de estabelecer a chamada.

A arquitectura definida para o SATA utiliza a rede telefónica pública comutada para comunicações entre as UADs e o CC, e este e as zonas de manutenção. Para comunicações entre o CC e os locais da CP é utilizada a rede comutada de pacotes. Esta configuração adoptada tem em consideração determinados aspectos, nomeadamente:

- Volume médio de tráfego originado por cada unidade remota
- Custo das linhas de transmissão

- Linhas de transmissão disponíveis junto das unidades remotas e unidades "escravas"
- Tipo de equipamento disponível tanto na unidade central como nas unidades remotas, zonas de manutenção e locais da CP
- Taxa de erros do sistema.

O CC desempenha funções nas áreas da Supervisão e Comando, e Visualização. Na área da Supervisão e Comando as principais funções são: Avaliação da Situação, Tomada de Decisões, Execução de Acções e Verificação das Acções Executadas. Na área da Visualização incluem-se, para além duma opção de "Ajuda", a Visualização de Estados da UAD, Visualização de Ocorrências Gerais, Visualização de Ocorrências por UAD, Visualização de Ocorrências por Zona de Manutenção. O CC permite ainda, através dum tipo de visualização denominado Visualização das Comunicações, dar indicações ao programador do sistema de algumas variáveis e parâmetros utilizados no software, relacionados com as comunicações e protocolo.

As vantagens que o SATA apresenta são numerosas, destacando-se a diminuição dos encargos de manutenção a que os Sistemas de Automatização das PNs estarão sujeitos e, pela importância dada pela CP, a possibilidade de se conseguirem ficheiros com o historial de alarmes incluindo a indicação da sua duração sempre que ocorrem.

## **CAPÍTULO 4**

### **Controlo de Erros**

## CAPÍTULO 4 - CONTROLO DE ERROS, CODIFICAÇÃO E DESCODIFICAÇÃO

### 4.1 - Introdução

O presente capítulo tem por objectivo seleccionar a Técnica de Controlo de Erros, entre as mais comuns na transmissão de dados, que melhor se adapte às especificações do SATA. Essa técnica posteriormente testada, em software, através da simulação dum bloco Codificador e Descodificador, foi utilizada com o protocolo de comunicações (nível da ligação lógica) definido, e que será descrito no próximo capítulo.

Começaremos por abordar alguns fundamentos básicos no domínio das Comunicações Digitais, na área da Codificação de Canal, a qual trata de técnicas de Codificação usadas para melhorar a transmissão dum sinal Digital através dum canal de comunicações. Estas técnicas poderão ser utilizadas como técnicas de controlo de erros na transmissão de dados.

### 4.2 - Codificação de Canal

A Codificação permite uma melhoria significativa nos desempenhos das comunicações, permitindo que os sinais a transmitir consigam "suportar melhor" determinados aspectos condicionantes dum canal, tais como o *ruído*, o *fading* e o *jamming*.

O ganho conseguido com a codificação traduz-se numa redução da probabilidade de erro da transmissão ( $P_B$ ), ou então numa redução da razão entre a Energia média por bit e a densidade espectral de ruído ( $E_b/N_0$ ) para um dado desempenho da probabilidade de erro, à custa duma maior largura de banda.

A Codificação de Canal envolve duas áreas de estudo distintas [8]-Sec. 5.1:

*Codificação de formas de onda* - Consiste na transformação de formas de onda noutras "melhores" com a finalidade de tornar o processo de detecção menos sujeito a erros.

*Codificação de sequências estruturadas* - Consiste na transformação de sequências de dados em sequências "melhores", com redundância (bits redundantes), a qual pode ser usada para detecção e correcção de erros.

## CODIFICAÇÃO DE CANAL

### FORMAS DE ONDA

- Sinalização M-ary
- Antipodal
- Ortogonal
- Bi-ortogonal
- Transortogonal

### SEQUÊNCIAS ESTRUTURADAS

- Blocos
- Convolucionais

No âmbito da comunicação de dados pretendida, com implementação duma codificação por software, apenas nos interessará analisar os códigos de sequências estruturadas, os quais incluem os códigos de Blocos e os Convolucionais.

### **4.3 - Ganho de Codificação**

Representa-se na figura 4.1 a probabilidade de erro  $P_B$  (bit error) em função do quociente  $E_b/N_0$ , para modulação PSK binária e coerente, considerando vários códigos  $(n,k)$  transmitidos através dum canal Gaussiano.

A curva (1,1) ilustra o desempenho PSK sem codificação, enquanto que as curvas (24,12) e (127,92) ilustram o desempenho PSK utilizando códigos de blocos com  $(n-k)=12$  e  $(n-k)=35$  bits de paridade respectivamente.

É interessante verificar que a vantagem da codificação só se faz sentir a partir dum determinado valor do quociente  $E_b/N_0$  (neste exemplo, cerca de 5,5 db). Para valores inferiores a esse, a codificação apresenta-se apenas como bits de "overhead" resultando numa diminuição de energia por bit, comparativamente à situação de não codificação. Quando se ultrapassa aquele valor (5,5 db), a codificação permite obter um melhor desempenho, ou uma redução de energia por bit codificado.

Define-se então um Ganho de Codificação para um dado desempenho de erro, como sendo a redução do quociente  $E_b/N_0$ , expressa em db, conseguida pela utilização da codificação, relativamente à situação de não utilização da codificação, para um mesmo tipo de modulação.

Tanto a rede telefónica pública comutada, como a rede comutada de pacotes deverão garantir uma relação sinal-ruído superior a 20 db [13]. A rede telefónica apresenta, contudo, algumas características especiais, nomeadamente o ruído impulsional. Tem-se demonstrado [14] que a utilização duma estratégia de codificação permite obter um Ganho de Codificação significativo, muito especialmente, para aquele tipo de ruído.

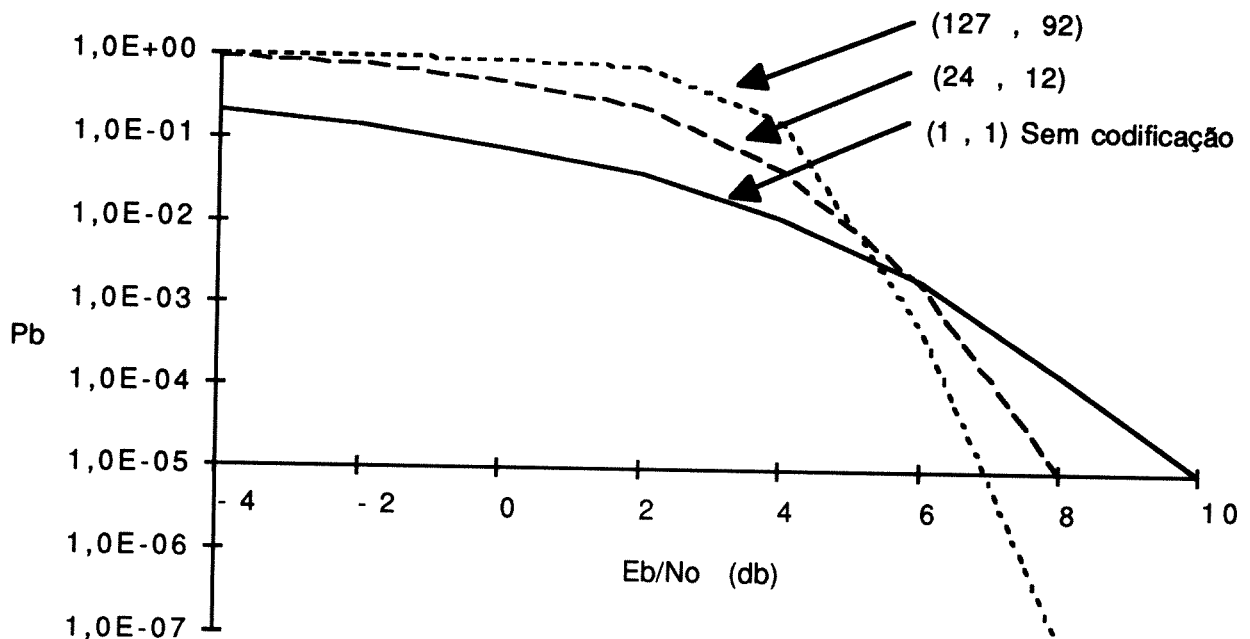


Figura 4.1 - Desempenho de erros, para modulação PSK coerente, com vários códigos (n,k)

## 4.4 - Controlo de Erros

Antes de abordarmos os códigos de sequências estruturadas, iremos referir os dois tipos de controlo de erros mais comuns e suas características.

### 4.4.1 - ARQ (Automatic Repeat Request)

Esta técnica utiliza bits de paridade (bits redundantes adicionados aos bits de dados), que permitem detectar erros. O terminal receptor, perante uma situação de erro, simplesmente solicita ao transmissor a retransmissão dos dados.

Note-se que esta técnica necessita dum ligação com dois sentidos a fim de permitir o diálogo.

Os procedimentos mais comuns neste tipo de controlo de erros são [5]-Sec.5-3:

- Stop-and-wait ARQ, adequado para uma ligação half-duplex
- Go-back-N continuous ARQ, adequado para uma ligação full-duplex
- Selective-repeat ARQ, adequado para uma ligação full-duplex.

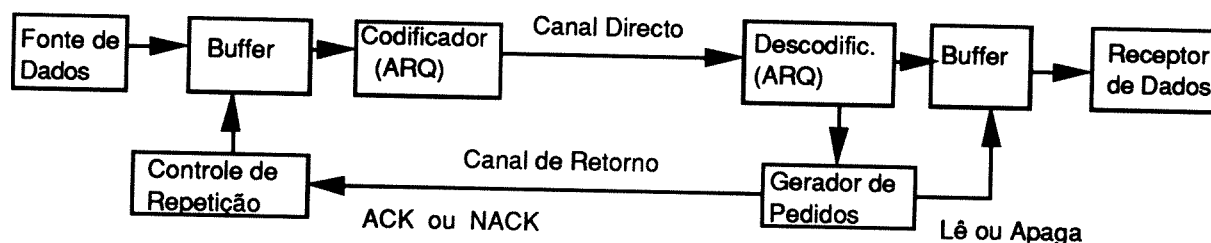


Figura 4.2 - Diagrama geral dum sistema de controlo de erros ARQ

### Stop-and-wait ARQ

Neste procedimento, a estação emissora, após transmissão duma única trama, terá que aguardar uma confirmação. Não poderão ser enviadas mais tramas até à recepção duma resposta na estação emissora. O receptor deverá enviar uma confirmação positiva (ACK) se a trama estiver correcta e uma negativa (NACK) caso contrário. Este algoritmo só por si não cobre todas as possibilidades. A trama transmitida poderá ser corrompida por ruído e não chegar ao seu destino, não havendo qualquer confirmação por parte da estação receptora. A fim de prever esta possibilidade, o emissor deverá conter um temporizador, o qual permitirá que seja definido um período dentro do qual deverá ser obtida uma confirmação (ACK ou NACK). Ultrapassado esse período de tempo, a mesma trama deverá ser transmitida novamente. Nesta situação, o transmissor deverá manter uma cópia da trama transmitida até ser recebido um ACK.

Poderá ainda ocorrer a seguinte situação: A estação A envia uma trama, a qual é bem recebida pela estação B. Esta responde com um ACK, o qual por qualquer motivo não chega à estação A. Esta, expirado o tempo definido para obtenção da resposta, volta a repetir a mesma trama. Esta trama em duplicado chega à estação B sendo novamente aceite por esta. A fim de evitar este problema, as tramas deverão ser numeradas com 0 ou 1, e um ACK poderá tomar a forma de ACK0 ou ACK1.

### DESEMPENHO

Definindo a utilização de linha  $U$ , como sendo:  $U = \frac{T_f}{T_t}$  em que

$T_f$  - Tempo que o transmissor demora a emitir uma trama

$T_t$  - Tempo total de ocupação da linha para transmissão duma única trama,

então, para uma operação considerando a ocorrência de erros e utilizando o procedimento stop-and-wait ARQ, teremos de acordo com [5]-Sec. 5-3:

$$U = \frac{1 - P}{1 + 2a},$$

onde **P** representa a probabilidade duma trama ter erro, e **a** representa um parâmetro muito importante, determinante no cálculo do desempenho duma ligação de dados, definido do seguinte modo:

$$a = \frac{\text{Tempo de propagação (Tprop)}}{\text{Tempo de transmissão (Tframe)}} = \frac{B d}{V L}$$

- d - Distância da ligação
- V - Velocidade de propagação
- L - Comprimento da trama
- B - Velocidade da transmissão (Data rate).

#### Go-back-N continuous ARQ

No procedimento go-back-N ARQ uma estação pode enviar uma série de tramas, determinada por um tamanho da "janela". Se a estação receptora detecta um erro numa trama, envia um NACK e descarta todas as tramas posteriores àquela, até a trama com erro ser correctamente recebida. A estação transmissora quando recebe um NACK tem de retransmitir a trama com erro e todas as outras que lhe sucedem.

Nesta técnica não há necessidade de serem confirmadas todas as tramas individualmente. Por exemplo, se a estação **A** envia as tramas 0,1,2 e 3, a estação **B** poderá responder com ACK0 a seguir à trama 0, não responder depois das tramas 1 e 2, e enviar após a trama 3 um ACK3, indicando, então, que a trama 3 e todas as anteriores foram bem recebidas.

#### DESEMPENHO

A utilização de linha será dada por [5]-Sec. 5-3:

$$U = \begin{cases} \frac{1 - P}{1 + 2a} & N > 2a + 1 \\ \frac{N (1 - P)}{(1 + 2a) (1 - P + NP)} & N < 2a + 1 \end{cases}$$

sendo N o tamanho da "janela".

### Selective-repeat ARQ

Este procedimento é uma aproximação mais refinada do go-back-N, em que a única trama retransmitida será aquela para a qual foi recebido um NACK. Aparentemente mais eficiente que a técnica go-back-N, obriga, por outro lado, a que o receptor armazene em memória as tramas posteriores àquela que originou o NACK, até esta ser correctamente recebida. Há ainda a necessidade de existir a lógica adequada para reinserção da trama na sequência devida. O transmissor requer também uma lógica mais complexa, que lhe permita enviar tramas fora de sequência.

### DESEMPENHO

A utilização de linha será dada por [5]-Sec. 5-3:

$$U = \begin{cases} 1 - P & N > 2a + 1 \\ \frac{N(1 - P)}{1 + 2a} & N < 2a + 1 \end{cases}$$

#### 4.4.2 - FEC (Forward Error Correction)

Esta técnica utiliza os bits de paridade tanto para detecção de erros como para correcção destes. Contudo, nem todos os padrões de erro poderão ser corrigidos. Comete-se um erro na descodificação se falhar o detector de presença de erros, ou se falhar a determinação da localização exacta do erro. Não sendo requerida retransmissão num sistema de controlo de erros tipo FEC, para utilização desta técnica bastará apenas uma ligação dum único sentido.

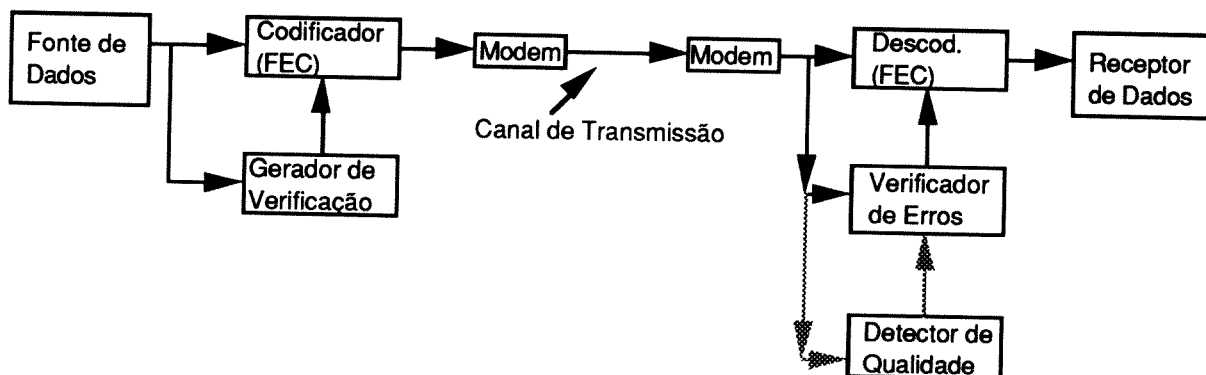


Figura 4.3 - Diagrama geral dum sistema de controlo de erros FEC

#### 4.4.3 - Procedimento Adoptado

A técnica de controlo de erros a utilizar de preferência com o protocolo de comunicações do SATA é do tipo ARQ. Para além do facto de termos uma ligação que permite o diálogo, a grande vantagem do ARQ sobre o FEC é que a simples detecção de erros requer um decodificador mais simples, assim como menor redundância do que se exigiria com a inclusão da correcção de erros. Neste caso, para se conseguir uma técnica tipo FEC que permitisse dotar o sistema de uma baixa taxa de erros seria necessário utilizar códigos correctores de erros muito poderosos e corrigir um grande número de padrões de erro, o que tornaria o decodificador mais complexo e consequentemente mais dispendioso.

A utilização duma técnica FEC poderia, mesmo assim, não permitir a correcção de todos os padrões de erro, e só se justificaria nalgum dos casos seguidamente descritos:

- Indisponibilidade dum canal de retorno ou o atraso com o ARQ ser excessivo
- Não ser possível implementar convenientemente uma estratégia de retransmissão
- O número de erros, sem correcção, requererem excessivas retransmissões.

Dos vários procedimentos descritos dentro do ARQ, a técnica que melhor se adapta ao SATA é o stop-and-wait ARQ. Uma das suas grandes vantagens, relativamente aos outros procedimentos, é a sua grande simplicidade de implementação. Para além deste facto, verifica-se que a utilização deste procedimento no SATA apresenta o mesmo desempenho que o go-back-N ARQ ou o selective-repeat ARQ.

Se considerarmos uma comunicação de dados a 1200bps através da linha telefónica, com distâncias que poderão variar entre  $d = 1\text{km}$  e  $d = 500\text{ km}$ , com um comprimento de trama de 500 bits (considera-se a velocidade de propagação  $V = 2 \times 10^8\text{ m/s}$ ), o parâmetro  $a$  poderá variar de acordo com a distância considerada, do seguinte modo:

$$\begin{array}{ll} d = 1\text{ km} & a = 1,2 \times 10^{-5} \\ d = 500\text{ km} & a = 6,0 \times 10^{-3} \end{array}$$

ou seja  $a \ll 1$ . De acordo com as expressões anteriormente apresentadas, para cada um dos procedimentos, verifica-se que nesta situação o valor aproximado de  $U$ , será idêntico para todos eles e será dado por  $U \approx 1 - P$ .

## 4.5 - Sequências Estruturadas

Com base no anteriormente descrito, iremos neste capítulo analisar as características que definem cada um dos vários tipos de códigos sistemáticos, entre os mais comuns, de modo a seleccionar aquele que melhor se adapta ao SATA.

A codificação numa forma sistemática torna-se bastante mais atractiva pela grande redução de complexidade que normalmente envolve.

### 4.5.1 - Código de Blocos Linear

Um código de blocos linear  $(n,k)$  sistemático será aquele que transforma um vector mensagem de dimensão  $k$  num vector código de dimensão  $n$ , de tal modo, que parte da sequência gerada coincide com os  $k$  dígitos do vector mensagem. Os  $(n-k)$  dígitos restantes são bits de paridade. Este código é definido por uma matriz geradora  $G$  dada por:

$$G = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & | & I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1,(n-k)} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2,(n-k)} & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{k,(n-k)} & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix},$$

com  $V_1, V_2 \dots$  e  $V_k$  linearmente independentes.  $P$ , de dimensão  $k \times (n-k)$ , é o array de paridade da matriz geradora e  $I_k$  é a matriz identidade  $k \times k$ .

Se o vector mensagem for definido como sendo  $m = m_1, m_2, \dots, m_k$ , o vector de código será dado por:

$$U = p_1, p_2, \dots, p_{(n-k)}, m_1, m_2, \dots, m_k, \quad \text{em que}$$

$$p_1 = m_1 p_{11} + m_2 p_{21} + \dots + m_k p_{k1}$$

$$p_2 = m_1 p_{12} + m_2 p_{22} + \dots + m_k p_{k2}$$

:

$$p_{(n-k)} = m_1 p_{1,(n-k)} + m_2 p_{2,(n-k)} + \dots + m_k p_{k,(n-k)}.$$

O Decodificador utilizará a matriz de paridade:

$$H^T = \begin{bmatrix} I_{n-k} \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1,(n-k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2,(n-k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{k,(n-k)} \end{bmatrix}$$

Sendo  $\mathbf{U}$  o vector de código, é fácil verificar a igualdade  $\mathbf{UH}^T = \mathbf{0}$ . Um vector recebido só será uma palavra de código válida se e somente se se verificar a igualdade referida.

Este código, assim como outros, permite efectuar a correcção de erros através da observação da Síndrome  $\mathbf{S}$ . Neste caso, a síndrome é definida como sendo  $\mathbf{S} = \mathbf{rH}^T$  em que  $\mathbf{r} = \mathbf{U} + \mathbf{e}$ , onde  $\mathbf{e}$  representa o vector erro ou padrão de erro introduzido pelo canal.

Não será nosso propósito preocuparmo-nos com a correcção de erros, pois ao utilizarmos no SATA uma técnica de controlo de erros do tipo ARQ, logo que seja detectado erro haverá solicitação de retransmissão de dados.

#### 4.5.2 - Códigos Cíclicos

Os códigos cíclicos são uma subclasse muito importante dos códigos de blocos lineares. Um código de blocos linear  $(n,k)$  denomina-se de cíclico se puder ser descrito pela seguinte propriedade:

Sendo  $\mathbf{U} = (u_0, u_1, \dots, u_{n-1})$  um vector código do subespaço  $S$ , então  $\mathbf{U}^{(i)} = (u_{n-i}, u_{n-i+1}, \dots, u_{n-1}, u_0, u_1, \dots, u_{n-i-1})$ , obtido por  $i$  deslocamentos cíclicos de  $\mathbf{U}$ , também será um vector de código em  $S$ .

Os diversos componentes do vector  $\mathbf{U}$  poderão ser tratados como sendo coeficientes dum polinómio  $\mathbf{U}(X)$  de grau  $(n-1)$

$$\mathbf{U}(X) = u_0 + u_1X + \dots + u_{n-1}X^{n-1}$$

Exprimindo os vectores de código numa forma polinomial, a natureza cíclica deste código representa-se do seguinte modo:

$$\frac{X^i U(X)}{X^n + 1} = q(X) + \frac{U^{(i)}(X)}{X^n + 1} \Rightarrow X^i U(X) = q(X) (X^n + 1) + U^{(i)}(X)$$

resto da  
divisão

Se  $U(X)$  é um polinómio de grau  $(n-1)$  referente a uma palavra de código, então  $U^{(i)}(X)$ , que será o resto da divisão de  $X^i U(X)$  por  $X^n + 1$ , será também uma palavra de código. Em termos de módulo aritmético pode-se escrever:

$$U^{(i)}(X) = X^i U(X) \text{ módulo } (X^n + 1)$$

### CODIFICAÇÃO NA FORMA SISTEMÁTICA

Se definirmos o vector mensagem na sua forma polinomial  $m(X) = m_0 + m_1X + \dots + m_{k-1}X^{k-1}$ , o vector de código será definido por:

$$U = (r_0, r_1, \dots, r_{n-k-1}, m_0, m_1, \dots, m_{k-1})$$

n-k bits de paridade / k bits do vector mensagem

em que os  $n-k$  bits de paridade são os coeficientes do polinómio  $r(X)$ , resto da divisão de  $X^{n-k} m(X)$  por  $g(X)$ . Se  $g(x)$  for um polinómio de grau  $n-k$ , e um factor de  $X^n + 1$ , então  $g(x)$  gera um único código cíclico  $(n,k)$  - [8]-Sec 5.6.

$$X^{n-k} m(X) = q(X) g(X) + r(X) \Rightarrow r(X) = X^{n-k} m(X) \text{ módulo } g(X)$$

se adicionarmos  $r(X)$  a ambos os lados da equação anterior obtemos em aritmética de módulo-2

$$r(X) + X^{n-k} m(X) = q(X) g(X) = U(X)$$

A implementação dum codificador capaz de determinar os  $n-k$  bits de paridade acima referidos torna-se muito simples se utilizarmos um shift register de  $n-k$  andares, em que o polinómio gerador será da forma:

$$g(X) = 1 + g_1X + \dots + g_{n-k-1}X^{n-k-1} + X^{n-k}.$$

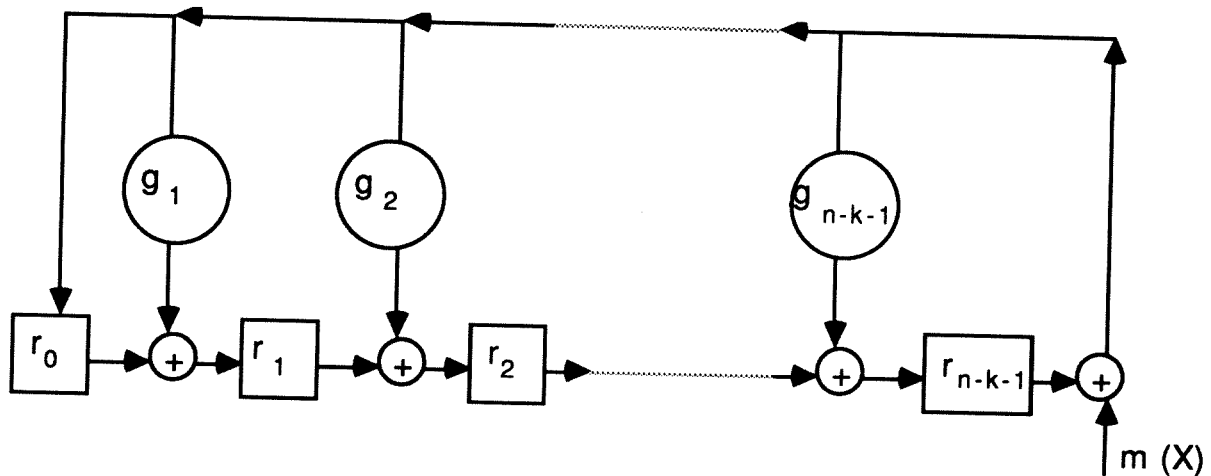


Figura 4.4 - Shift register de (n-k) andares

NOTA:

Através da utilização deste shift register é-nos possível também averiguar se um dado polinómio  $p(X)$  é ou não divisível por um polinómio do tipo de  $g(X)$ .

Se  $p(X)$  for divisível por  $g(X)$  então  $p(X) = q(X) g(X)$ , e a divisão de  $X^{n-k} p(X)$  por  $g(X)$  dará um resto nulo:

$$\frac{X^{n-k} p(X)}{g(X)} = \frac{X^{n-k} q(X) g(X)}{g(X)} = X^{n-k} q(X).$$

## DETECÇÃO DE ERROS

O vector de código recebido poderá conter erros e não corresponder ao vector de código transmitido. Sendo  $U(X)$  um polinómio de código, então deverá ser um múltiplo do polinómio gerador  $g(X)$ . Como vimos anteriormente

$$U(X) = q(X) g(X).$$

Se  $Z(X)$  representar o polinómio recebido, como sendo a versão de  $U(X)$  corrompida por ruído poderemos então escrever

$$Z(X) = U(X) + e(X),$$

em que  $e(X)$  representa o polinómio do padrão de erro.

O decodificador terá de testar se  $Z(X)$  é um polinómio de código, ou seja, se é divisível por  $g(X)$ , com resto zero. Como acima verificámos, poderemos utilizar também o mesmo shift register de  $n-k$  andares utilizado no

codificador, para efectuar esse teste e assim detectar a existência ou não de erros.

### 4.5.3 - Códigos mais Comuns

#### CÓDIGOS DE HAMMING

Caracterizam-se por uma estrutura  $(n,k)$  do tipo:

$$(n,k) = (2^m - 1, 2^m - 1 - m) \quad \text{em que } m = 2, 3, \dots$$

#### CÓDIGO DE GOLAY EXPANDIDO

Este código é formado a partir do código de Golay (23,12) com mais um bit de paridade, tendo a seguinte estrutura:  $(n,k) = (24,12)$ .

#### CÓDIGOS BCH

São uma generalização dos códigos de Hamming, com palavras de código de comprimento  $n = 2^m - 1$  em que  $m = 3, 4, \dots$

### 4.5.4 - Análise Comparativa

Dos códigos de blocos analisados, os códigos cíclicos parecem ser os mais favoráveis pelas seguintes razões:

- Maior simplicidade de execução, por utilização dum shift register de  $n-k$  andares tanto na codificação como na decodificação
- Menor necessidade de memória, pois um código de blocos linear e sistemático não cíclico, necessita sempre de armazenar uma matriz de paridade  $P$  (matriz geradora) de dimensão  $k \times (n-k)$
- Maior rapidez de execução, pois o processo de codificação e decodificação praticamente não envolve multiplicações, enquanto que no primeiro caso existem sempre em cada um dos processos, no mínimo,  $k \times (n-k)$  multiplicações a efectuar.

### 4.5.5 - Desempenho em Códigos de Blocos Lineares

Com a finalidade de obtermos o desempenho dum código de blocos binário usado **unicamente para detecção de erros** partiremos, por conveniência, de alguns pressupostos. Iremos considerar, sem perda de generali-

dade, o modelo de canal discreto sem memória, e para códigos binários o canal simétrico binário (BSC), no qual assumimos que para qualquer bit transmitido ('1' ou '0'), há uma probabilidade  $(1-p)$  do bit ser recebido correctamente e uma probabilidade  $p$  de que haja erro. Erros em bits serão considerados independentes uns dos outros.

Uma decodificação correcta ocorrerá se, e somente se, todos os bits numa palavra de código estiverem correctos. Deste modo, a **probabilidade de decodificação correcta**, duma palavra de código de  $n$  bits, será dada por [9]-Sec. 7.1:

$$P_{cd} = (1-p)^n.$$

Uma decodificação incorrecta só ocorrerá desde que o erro padrão seja idêntico a uma palavra de código. Para códigos cujas palavras de código têm pesos entre  $d$  e  $n$  poder-se-á escrever a probabilidade de decodificação incorrecta, como sendo

$$P_{icd} = \sum_{i=d}^n P(i) P_{(icd/i)},$$

em que  $P(i)$  é a probabilidade de ocorrerem  $i$  erros em  $n$  bits, e  $P_{(icd/i)}$  é a probabilidade de decodificação incorrecta dados  $i$  erros na palavra recebida. Num canal simétrico binário teremos

$$P(i) = \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$$

$P_{(icd/i)}$  depende da distribuição de pesos na palavra de código  $\{A_i\}$ ,  $i=0, d, d+1, \dots, n$ , e será dado pela razão entre o número de palavras de código de peso  $i$  e o número total de palavras de peso  $i$  com possibilidade de serem recebidas

$$P_{(icd/i)} = \frac{A_i}{\binom{n}{i}}.$$

Obtém-se então a expressão final para a **probabilidade de decodificação incorrecta**

$$P_{icd} = \sum_{i=d}^n A_i p^i (1-p)^{n-i}.$$

A probabilidade de detecção de erro será dada por

$$P_{ed} = 1 - (P_{cd} + P_{icd})$$

Para determinação dos resultados de desempenho e não sendo conhecida a distribuição de pesos dum código, por vezes é utilizada uma aproximação em que se assume que os pesos das palavras de código têm uma distribuição binomial na zona não nula. É sabido que para um código linear com distância mínima  $d$  e que inclui a palavra de peso  $n$

$$A_0 = A_n = 1$$

$$\text{e} \quad A_i = 0 \quad 1 \leq i \leq d-1 \quad \text{e} \quad n-d+1 \leq i \leq n-1.$$

A aproximação binomial permite-nos então obter os restantes valores de  $A_i$  como sendo

$$A_i \approx \binom{n}{i} \frac{2^k - 2}{\sum_{j=d}^{n-d} \binom{n}{j}} \approx 2^{-r} \binom{n}{i}$$

para  $d \leq i \leq n-d$ , onde  $r$  representa o número de bits de paridade  $(n-k)$ .

#### 4.5.6 - Alguns Exemplos Práticos

Seguidamente, a título de comparação, apresentam-se desempenhos obtidos para alguns códigos BCH, pelo método da aproximação binomial. Estes valores foram determinados através dum programa de códigos que foi desenvolvido, e que para além de simular o Codificador/Descodificador a ser utilizado com o protocolo de comunicações, inclui ainda várias opções. Uma delas permite também, o cálculo de desempenhos em códigos lineares, com base nas considerações anteriormente apresentadas.

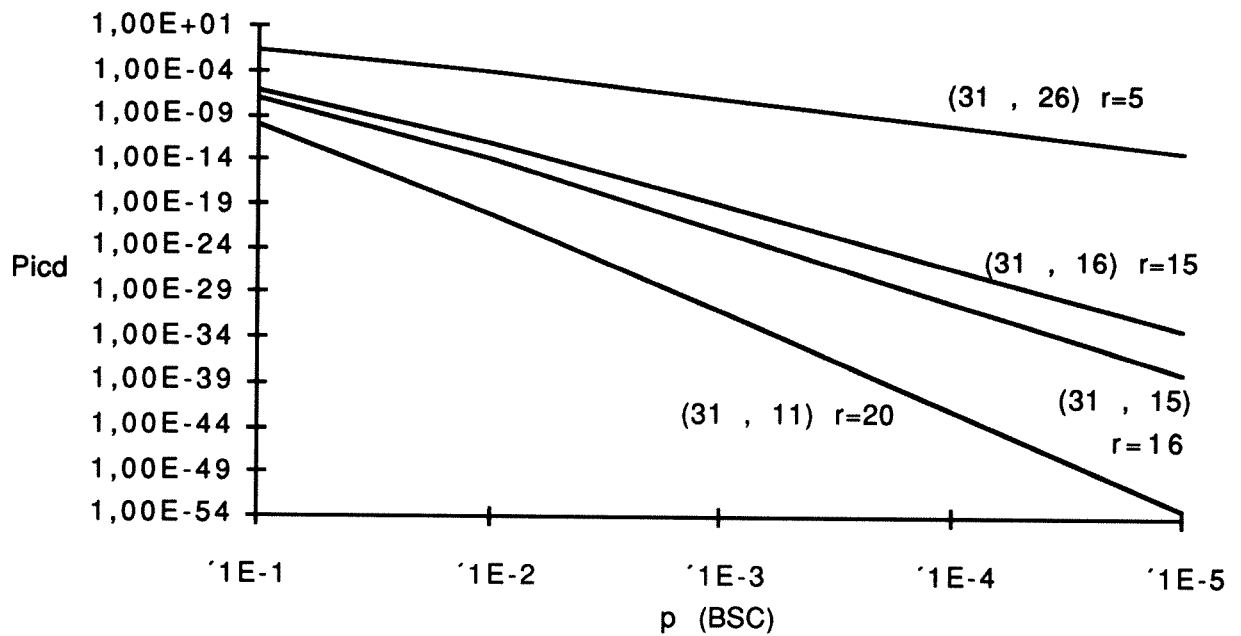


Figura 4.5 -  $P_{cd}$  para códigos com  $n=31$ , em função da probabilidade de erro por bit ( $p$ ) no canal

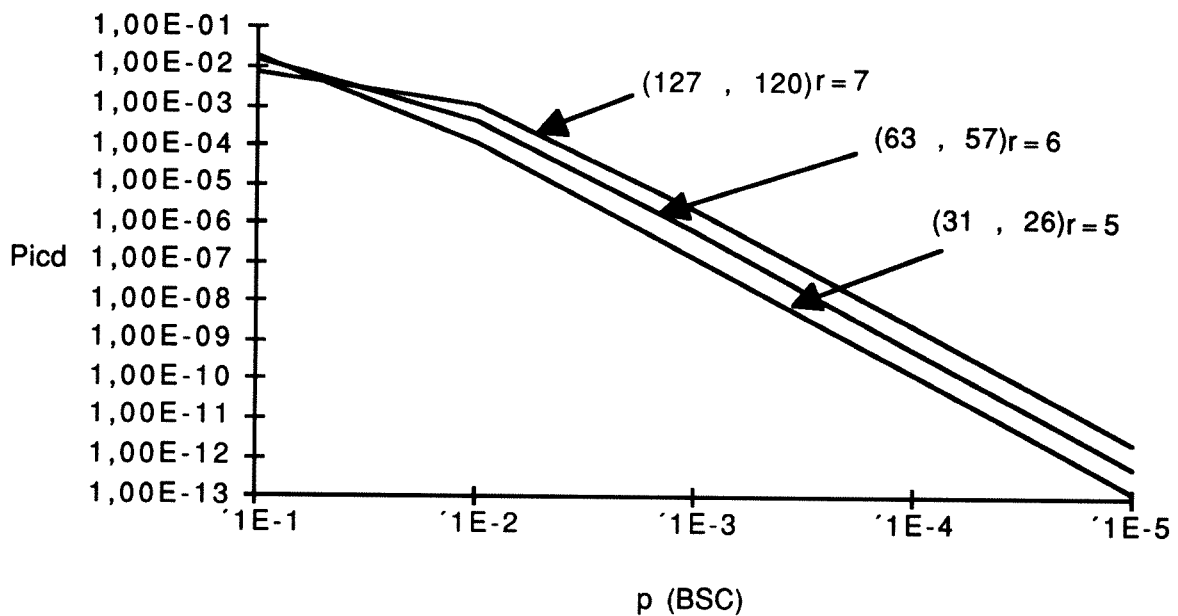


Figura 4.6 -  $P_{cd}$  para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit ( $p$ ) no canal

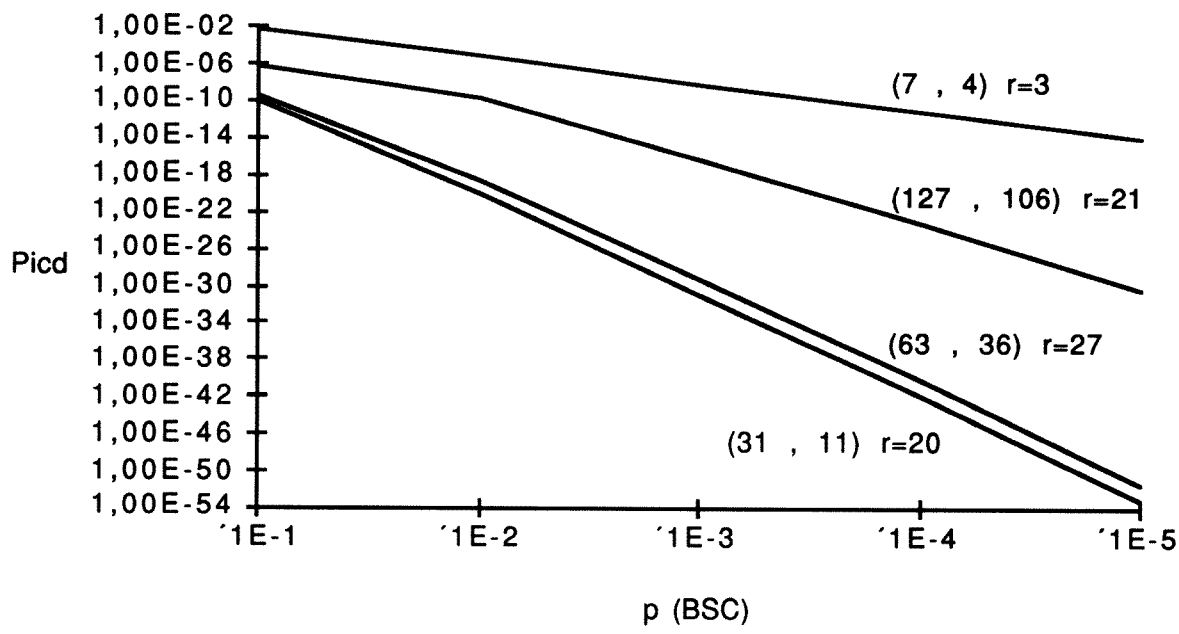


Figura 4.7 - Picd para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit ( $p$ ) no canal

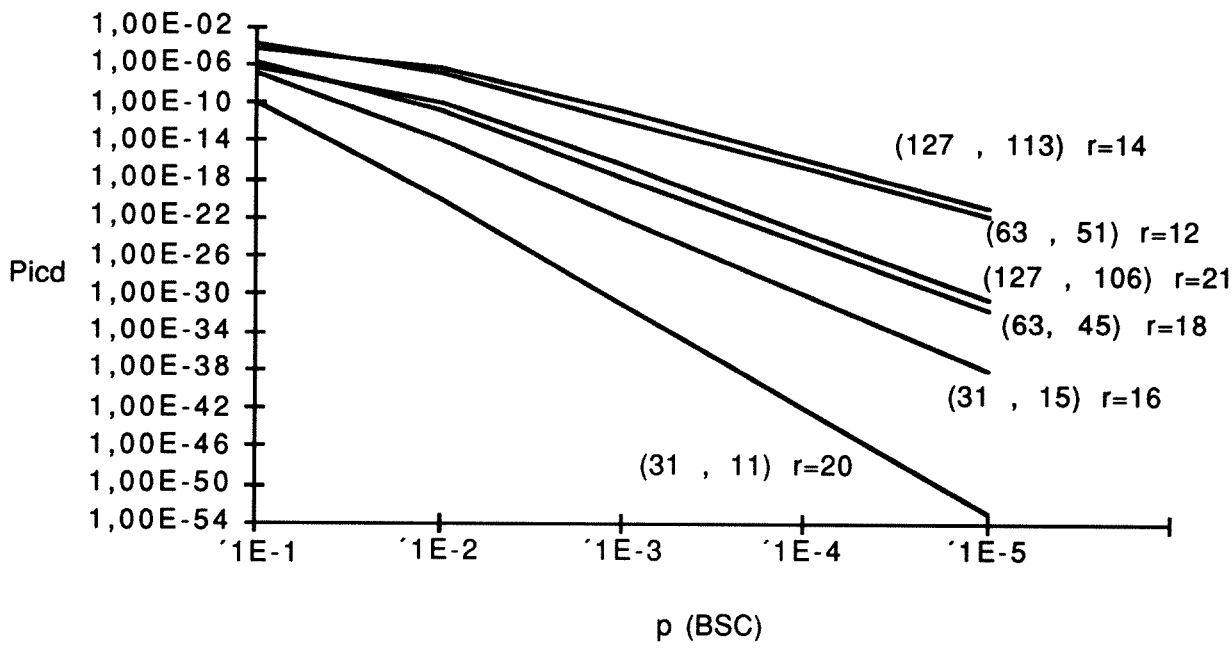


Figura 4.8 - Picd para diversos códigos, em função da probabilidade de erro por bit ( $p$ ) no canal

#### 4.5.7 - Códigos Convolucionais

Na figura 4.9 representa-se um diagrama de blocos típico, no qual se foca um codificador/descodificador convolucional e o modulador/desmodulador dum sistema de comunicações digitais.

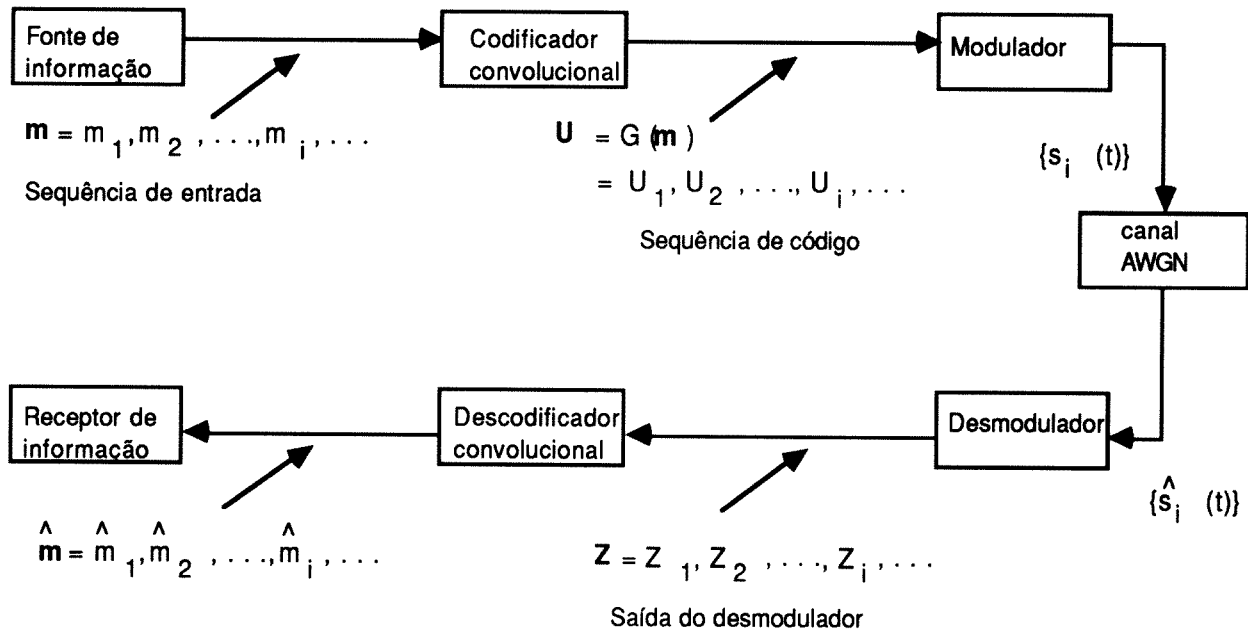


Figura 4.9 - Diagrama de blocos típico dum sistema com codificação/descodificação convolucional

Sendo a mensagem a transmitir representada pela sequência:  $\mathbf{m} = m_1, m_2, \dots, m_i, \dots$  em que cada  $m_i$  representa um dígito binário (bit), sem existir qualquer redundância, o codificador transforma cada sequência  $\mathbf{m}$  numa única sequência de código  $\mathbf{U} = G(\mathbf{m})$ . Contudo, para um dado número de  $k$  elementos em  $\mathbf{m}$ , os  $n$  elementos em  $\mathbf{U}$  a eles associados não são unicamente definidos, pois a codificação de cada  $k$  elementos também é função das  $K-1$  entradas anteriores de  $k$  elementos.

Durante a transmissão o sinal  $s(t)$ , modulado pela sequência  $\mathbf{U}$ , poderá ser corrompido por ruído, obtendo-se na recepção um sinal  $\hat{s}(t)$  e após desmodulação uma sequência  $\mathbf{Z}$ . A tarefa do descodificador será determinar um valor estimado de  $\mathbf{m}$  sendo conhecida a sequência  $\mathbf{Z}$  e o procedimento usado na codificação.

Representa-se na figura seguinte um codificador convolucional genérico, o qual contém um shift register de  $kK$  andares e  $n$  somadores módulo 2, em que  $K$  representa o número de deslocamentos (shifts) de  $k$  bits, durante os quais um bit de informação influenciará a saída do

codificador. Em cada unidade de tempo,  $k$  bits são deslocados para os primeiros  $k$  andares do registo; todos os bits no registo são deslocados para a direita  $k$  bits, e as saídas dos  $n$  somadores são amostradas sequencialmente a fim de se obter os bits de código para cada palavra  $U_i$ .

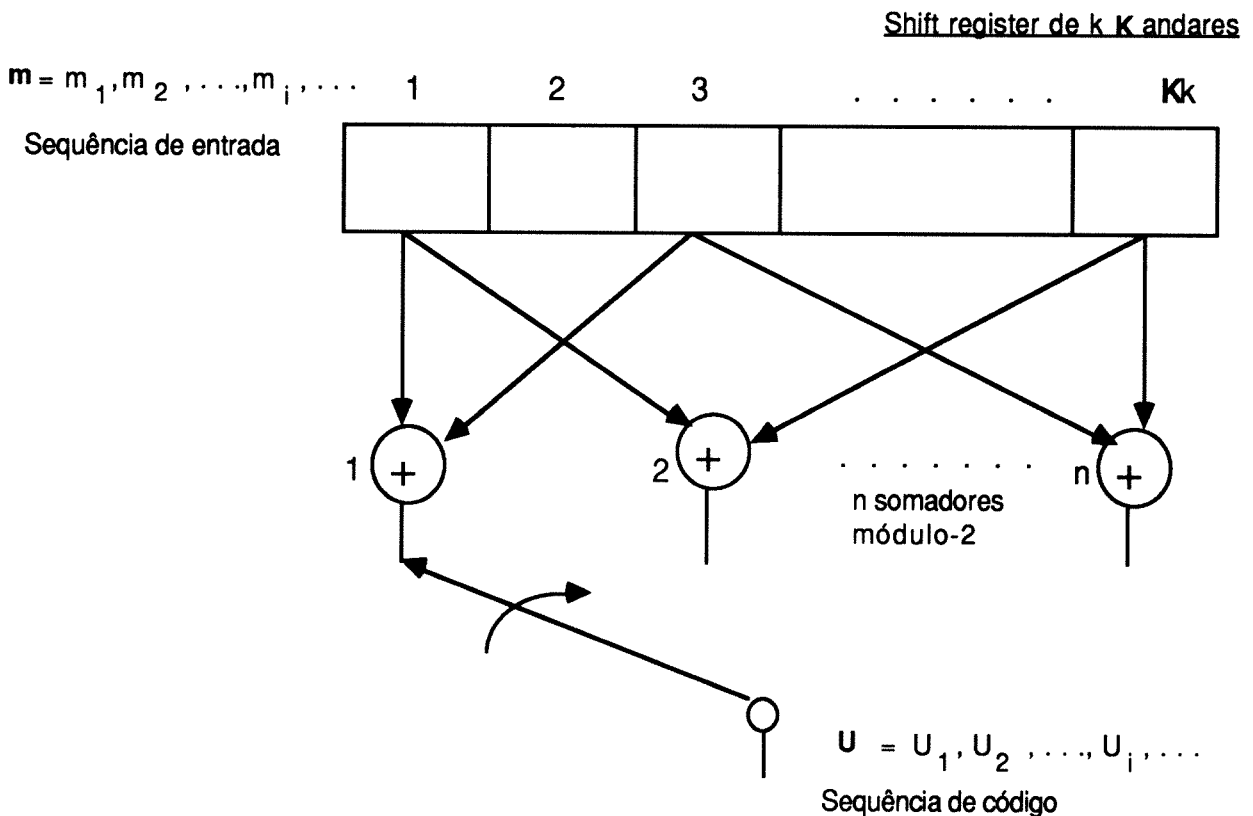


Figura 4.10 - Codificador convolucional genérico

A descodificação neste tipo de códigos baseia-se na utilização dum descodificador que procura a probabilidade mínima de erro; por comparação das probabilidades condicionais  $P(Z/U^{(m)})$ , onde  $Z$  é a sequência recebida e  $U^{(m)}$  é uma das possíveis sequências transmitidas, é seleccionada a de máxima probabilidade. Este é o descodificador de máxima verosimilhança.

Um dos algoritmos mais utilizados é o algoritmo de descodificação de Viterbi [8]-Sec. 6.3.

#### 4.6 - Código Utilizado no SATA

Os códigos convolucionais serão mais adequados em aplicações que requerem um fluxo constante de dados pois, nesse caso, e como vimos ante-

riamente, os bits de informação e os de verificação são intervalados num fluxo contínuo.

Os códigos de blocos são normalmente de tamanho fixo, em que cada bloco é transmitido e verificado separadamente. Este é o tipo de código utilizado, na prática, na maioria dos sistemas de controlo de erros.

Do ponto de vista computacional, o problema da codificação/descodificação num código convolucional é sempre mais complexo do que no caso dos códigos cíclicos. Estes, pela sua simplicidade de implementação, economia de memória e maior rapidez de execução, parecem ser os mais adequados também ao SATA.

Resta-nos finalmente seleccionar o polinómio gerador  $g(x)$  mais eficaz, capaz de detectar o maior número de combinações de erro possíveis.

Um erro, só não será detectado se for divisível por  $g(x)$ . Pode ser demonstrado [1]-Sec. 12.10 [5] que as condições abaixo enunciadas não são divisíveis por  $g(x)$  e portanto serão detectadas:

1. Todos os erros ocorridos em apenas um bit.
2. Todos os erros duplos, desde que  $g(x)$  tenha um factor com pelo menos três termos.
3. Qualquer número ímpar de erros, desde que  $g(x)$  seja divisível por  $(X+1)$ .
4. Qualquer erro do tipo "burst" cujo comprimento seja menor do que o grau do polinómio  $g(x)$ .
5. A grande maioria dos erros do tipo "burst".

Em aplicações práticas vários códigos são usados. A IBM, por exemplo, sugere o uso de dois códigos, um com 12 bits de verificação e outro com 16 bits:

$$G(12) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1 = (X+1) (X^{11} + X^2 + 1)$$

$$G(16) = X^{16} + X^{11} + X^2 + 1 = (X+1) (X^{15} + X + 1)$$

Por sua vez o CCITT nas suas recomendações V.41 sugere a utilização dum outro tipo de polinómio CRC-CCITT, e o Comité de normalização para redes locais (IEEE-802) especificou a utilização do CRC-32, o qual gera 32 bits de paridade e é usado somente em algumas aplicações específicas.

Indicam-se seguidamente as versões referidas assim como outras também normalmente usadas:

$$\text{CRC-12} = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + 1$$

$$\text{CRC-16} = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1 \quad (\text{utilizado nos Estados Unidos})$$

$$\text{CRC-CCITT} = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 = (X+1) (X^{15} + X^{14} + X^{13} + X^{12} + X^4 + X^3 + X^2 + 1)$$

$$\text{CRC-32} = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$$

Procurando ir de encontro às recomendações do CCITT nesta matéria, o código utilizado no SATA foi o CRC-CCITT.

#### 4.7 - Resumo

A Codificação permite, normalmente, uma melhoria significativa nos desempenhos das comunicações. No âmbito da comunicação de dados com implementação duma codificação por software serão os códigos de sequências estruturadas que nos interessam analisar. Estes compreendem os códigos de blocos e os convolucionais.

De entre as técnicas de controlo de erros mais comuns salientam-se o ARQ (Automatic Repeat Request) e o FEC (Forward Error Correction). O primeiro utiliza bits de paridade que permitem, numa situação de detecção de erro, solicitar a retransmissão dos dados. O segundo utiliza bits de paridade tanto para detecção de erros como para correcção destes. As características do SATA levam à utilização duma técnica ARQ com procedimento do tipo stop-and-wait. Este procedimento requer um codificador e decodificador simples, e apresenta um factor de utilização de linha idêntico aos outros procedimentos referidos: go-back-N ARQ e selective-repeat ARQ.

Os códigos de blocos cíclicos são uma subclasse dos códigos de blocos lineares, e revelam-se muito importantes pela simplicidade de implementação, economia de memória e rapidez de execução. Comparativamente aos códigos convolucionais, tornam-se mais adequados a serem utilizados no SATA, uma vez que os códigos convolucionais, para além de utilizarem codificadores e decodificadores bastante mais complexos, são dirigidos para aplicações que requerem um fluxo constante de dados.

Neste tipo de aplicações utilizando códigos cíclicos, o CCITT nas suas recomendações V.41 sugere a utilização dum polinómio, designado por CRC-CCITT, o qual gera 16 bits de paridade. Este será o código a utilizar no SATA.

No APÊNDICE C apresentam-se algumas partes do software desenvolvido em linguagem 'C', nomeadamente um bloco Codificador e Decodificador, dum Código de Blocos Cíclico Linear e Sistemático. O código a utilizar deverá ser definido pelo polinómio gerador  $g(x)$  (com grau menor que 32),  $n$  ( $n^{\circ}$  de bits da palavra de código), e  $k$  ( $n^{\circ}$  de bits da mensagem). Este software permite, ainda, determinar para um dado polinómio gerador

$g(x)$  os valores de  $(n, k)$  e vice-versa, assim como os desempenhos do código tal como definido anteriormente.

## **CAPÍTULO 5**

### **Protocolo de Comunicações**

## CAPÍTULO 5 - PROTOCOLO DE COMUNICAÇÕES

### 5.1 - Introdução

Os protocolos de comunicações, fundamentais em qualquer comunicação de dados, podem ser definidos [5]- Sec. 12.1, como um conjunto de regras que permitem governar a troca de dados entre duas entidades. No sentido de se conseguir uma normalização relativa a esse conjunto de regras, foi necessário criar uma estrutura ou arquitectura que permitisse definir as tarefas de comunicações. A International Standards Organisation (ISO) propôs o desenvolvimento de tal arquitectura, e o resultado foi o modelo de referência OSI (Open Systems Interconnection). Este modelo fornece a estrutura básica para ligação de sistemas "abertos" e suporta aplicações distribuídas. Os sistemas "abertos" podem-se compreender como sendo aqueles que, por conformidade com o modelo referido e normas a ele associadas, se podem ligar entre si.

As funções de comunicações, neste modelo, estão repartidas num conjunto vertical de níveis. Cada nível executa uma parte das funções requeridas para a comunicação com outro sistema, sendo os níveis inferiores a executar as funções mais primitivas. O modelo define sete níveis, fazendo-se a representação do modelo OSI em operação na figura 5.1. Quando uma aplicação "X" tem uma mensagem a enviar a uma aplicação "Y", os dados são transferidos para o nível aplicação, aos quais são adicionados um cabeçalho com informação relativa ao protocolo do nível 7. Os dados originais mais o cabeçalho passam seguidamente para o nível 6, onde são tratados como uma única unidade de dados, sendo adicionado o cabeçalho próprio deste nível. Este processo continua até ao nível físico, através do qual passa para o meio de transmissão. Quando a unidade de dados é recebida pelo sistema receptor, irá decorrer, então, o processo oposto ao referido. A ascensão dos dados, leva a que cada nível vá retirando o cabeçalho que lhe diz respeito e actuando de acordo com a informação do protocolo aí contida. Os diferentes níveis e suas características, assim como outros aspectos deste modelo são descritos com mais detalhe em [5]-Sec.12.2.

Os dois níveis inferiores são o nível físico e o da ligação lógica:

- O primeiro preocupa-se com a transmissão dum conjunto de bits não estruturados através do meio físico; trata das características mecânicas, eléctricas e funcionais do meio físico

- O segundo providencia a transferência de informação, através da ligação física; envia blocos de dados (tramas) com a necessária sincronização, controlo de erros, e controlo de fluxo.

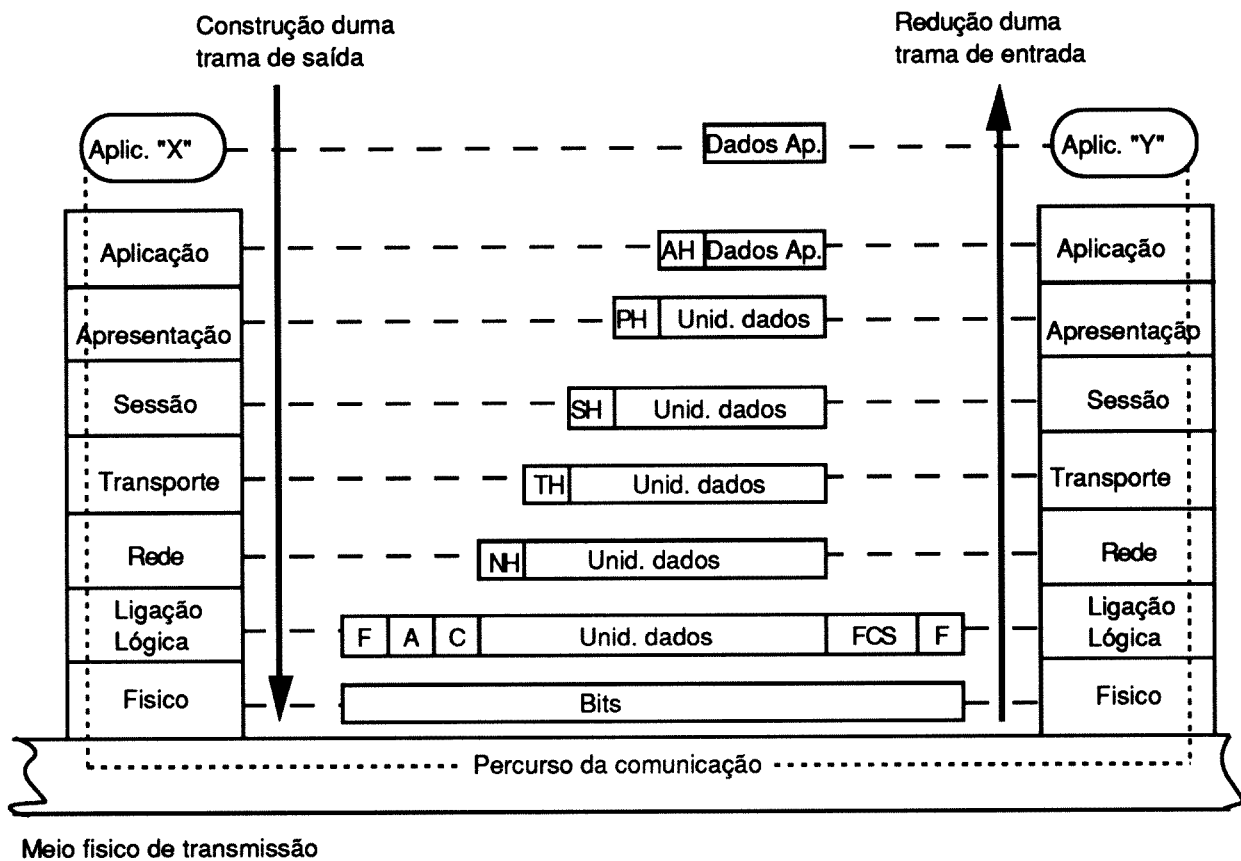


Figura 5.1 - Princípios do modelo OSI em operação

Alguns exemplos de normas utilizadas no nível físico são o RS-232-C, RS-449/422/423 e partes do X.21 ([5]-Sec. 4.3). O CC do SATA tem duas portas séries disponíveis de acordo com a norma RS-232-C, que serão utilizadas para ligação à linha telefónica comutada e à linha da rede de comutação de pacotes, através dum Modem e PAD respectivamente.

Alguns exemplos de normas para o nível da ligação lógica são o HDLC (High-level Data Link Control), ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedures) e LAP-B (Link Access Procedure, Balanced). Contudo, o protocolo utilizado no SATA não foi nenhum dos referidos, pois o reduzido número de tramas que é necessário transmitir não justificaria a utilização de protocolos muito complexos e de grande capacidade. Foi utilizado um protocolo bastante simples e o qual já tinha sido utilizado noutras aplicações, procurando-se, assim, tirar partido deste facto. A caracterização desse protocolo será o assunto abordado neste capítulo.

## 5.2 - Formato das Mensagens

O protocolo, seguidamente apresentado, foi elaborado tendo em conta alguns aspectos já referidos em anteriores capítulos, e que se relacionam com as necessidades e requisitos exigidos a uma comunicação de dados efectiva entre duas estações, ligadas através da rede telefónica comutada.

As UADs e o CC têm por base uma relação do tipo "Master-Slave", em que as diversas UADs tomam o papel de "Master", pois são elas que têm a iniciativa de estabelecer a comunicação. Outros aspectos relevantes a considerar são:

- *Sincronização de trama* - Os dados são enviados em blocos designados por tramas, devendo o início e fim de cada trama ser perfeitamente identificáveis;
- *Controlo de fluxo* - A estação de emissão não deverá enviar tramas a uma taxa superior à de absorção da estação receptora;
- *Controlo de erros* - Os erros introduzidos pelo sistema de transmissão deverão ser reconhecidos e corrigidos;
- *Endereçamento* - A identidade da estação que pretende comunicar com o CC deve ser conhecida por este último.

As mensagens enviadas pela UAD têm o seguinte formato:

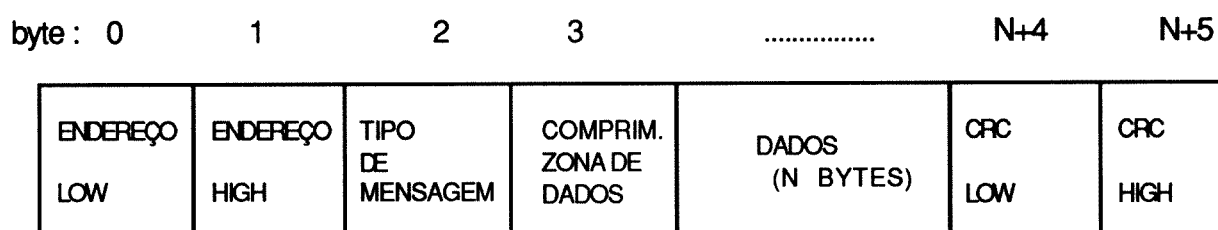


Figura 5.2 - Formato das mensagens enviadas pelas UADs

**ENDEREÇO (2 bytes)** - Nome identificativo da UAD. Consideram-se dois bytes a fim de ser possível a utilização dum número de UADs superior a 255.

**TIPO DE MENSAGEM (1 byte)** - Define o tipo de mensagem, de acordo com o indicado na secção 5.3.

**COMPRIM. ZONA DE DADOS (1 byte)** - Indica o número de bytes que se irão seguir, referentes a informação de dados.

**CRC (2 bytes)** - Bytes que finalizam a mensagem, sendo calculados pelo código de detecção de erros apresentado no capítulo anterior.

As mensagens enviadas pelo CC têm o formato que a seguir se indica:

byte: 0            1            2            3            .....            N+4            N+5

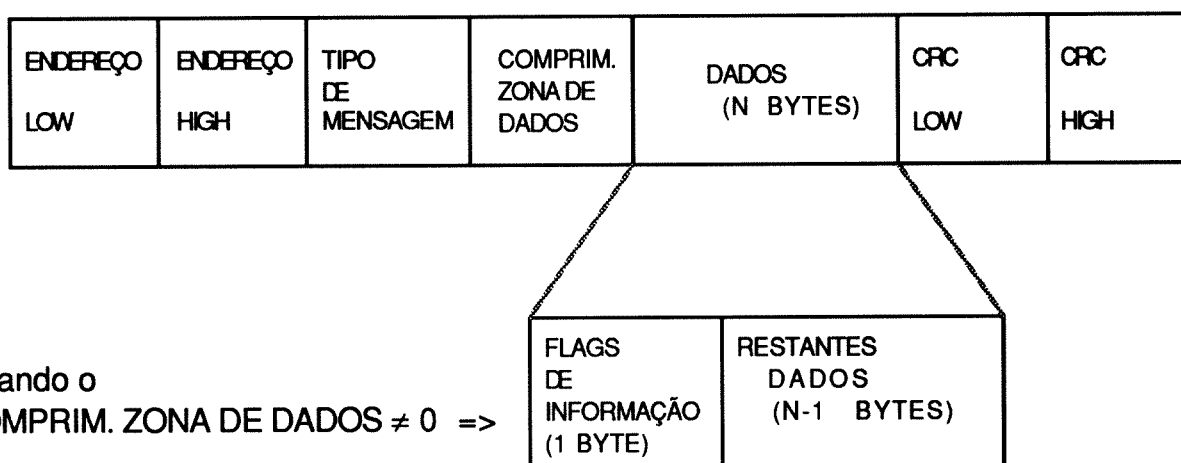


Figura 5.3 - Formato das mensagens enviadas pelo CC

**ENDEREÇO (2 bytes)** - Nome identificativo da UAD que comunica com o CC.

**TIPO DE MENSAGEM (1 byte)** - Define o tipo de mensagem, de acordo com o indicado na secção 5.3.

**COMPRIM. ZONA DE DADOS (1 byte)** - Indica o número de bytes (N) que se irão seguir, referentes a informação de dados.

**DADOS (N bytes)** - O primeiro byte deste campo conterá flags de informação (sempre que **COMPRIM. ZONA DE DADOS**  $\neq 0$ ):

**Bit 0** - Solicita à UAD que efectue um Pedido de Número de Telefone ao CC se o seu valor for "1". Este pedido poderá ser solicitado se o CC estiver a prever uma alteração ao seu número telefónico actual.

- Bit 1 - Solicita à UAD que efectue um Pedido de Data e Hora ao CC, se o seu valor for "1". Esta solicitação poderá verificar-se sempre que seja necessário alterar o tempo máximo entre comunicações.
- Bit 6 - Se estiver a "1" significa que a mensagem recebida pelo CC não foi processada, pois o endereço recebido não está configurado. A UAD deverá tentar contactar posteriormente, sendo a mensagem aceite pelo CC logo que a UAD se encontre configurada.
- Bit 7 - Se tiver valor "1" indica à UAD que está inibida de efectuar comunicações com o CC para mensagens de alarme, embora tenha de comunicar sempre dentro do período máximo definido. Caso tenha valor "0" é desactivada esta inibição, passando ao estado normal de funcionamento. Esta possibilidade poderá ser usada sempre que o equipamento de automatização da PN se encontre sujeito a testes de ensaio e/ou manutenção.

CRC (2 bytes) - Bytes que finalizam a mensagem, sendo definidos pelo código de detecção de erros utilizado.

## 5.3 - Tipo de Mensagens

### 5.3.1 - Enviadas pelas UADs

As mensagens possíveis enviadas pelas UADs ao CC descrevem-se seguidamente, assim como o seu significado:

#### **MSG 1 - Pedido de Data e Hora**

Esta mensagem é muito importante, pois irá permitir que a UAD se mantenha sempre com a Data e Hora certa pela do CC.

Código - 1

Comprimento da zona de dados (size) - 0

Respostas possíveis - NACK (35), DATE&TIME (33)

Descrição - Enviada sempre que solicitada pelo CC (Bit 1 das flags de informação), e pelo menos uma vez dentro do período máximo estabelecido para comunicação com o CC, o qual poderá ser definido entre 1 a 24 horas.

## MSG 2 - Envio de alarmes

Esta mensagem permite à UAD enviar a relação das ocorrências registadas até ao momento, e que ainda não são do conhecimento do CC.

Código - 2

Comprimento da zona de dados (size) -  $n \times 10 + 1$  bytes, onde  $n$  ( $1 \leq n \leq 16$ ) representa o número de ocorrências a enviar para o CC. O buffer da UAD permite armazenar um número máximo de 16 ocorrências.

Respostas possíveis - ACK (34), NACK (35), PWU (32)

Descrição - Este tipo de mensagem inclui uma zona de dados de comprimento variável, dependente do número de ocorrências a transmitir. A zona de dados contém uma flag de controlo, que comuta de estado entre "0" e "1" sempre que é enviada uma nova série de dados. Esta flag permite prever uma situação já referida no ponto 4.4.1, característica dum procedimento stop-and-wait ARQ, ou seja, o caso de um ACK que por qualquer motivo ocorrido na linha de transmissão não chegou ao seu destino. Nessa situação o temporizador da UAD actuará, levando-a a repetir a trama de alarmes com a mesma flag da situação anterior.

Sempre que uma mensagem MSG 1 é enviada, o CC só processará mensagens de alarme (MSG 2), provenientes da UAD, desde que a flag de controlo, dessa mensagem, tome o valor "1". Permite-se assim que a UAD sincronize a sua flag de controlo com a do CC.

Os bytes de dados estão seguidamente representados:

|        |                        |                           |     |     |      |      |      |               |                |            |             |                     |
|--------|------------------------|---------------------------|-----|-----|------|------|------|---------------|----------------|------------|-------------|---------------------|
| byte : | 4                      | 5                         | 6   | 7   | 8    | 9    | 10   | 11            | 12             | 13         | 14          | .....               |
|        | FLAG<br>DE<br>CONTROLE | ANO<br>DA<br>OCORRÊNCIA 1 | MÊS | DIA | HORA | MIN. | SEG. | STATUS<br>LOW | STATUS<br>HIGH | COS<br>LOW | COS<br>HIGH | ANO<br>DA<br>OCOR 2 |

Figura 5.4 - Bytes de dados correspondentes a uma Mensagem de Envio de Alarmes

O STATUS indica o estado actual das entradas da UAD, e o COS (Change Of Status) indica quais as entradas que sofreram alteração. A utilização de 2 bytes tanto para o STATUS como para o COS tem a ver com o número de

pontos que a UAD tem de vigiar e que são dezasseis, representando cada bit o estado em que se encontra uma entrada da UAD.

### **MSG 3 - Pedido de Número de Telefone**

Esta mensagem poderá ser útil no caso do CC ter necessidade de alteração do seu número de telefone.

Código - 3

Comprimento da zona de dados (size) - 0

Respostas possíveis - NACK (35), TELNR (33), PWU (32)

Descrição - Esta mensagem é originada sempre que o CC, numa resposta à UAD, active o bit respectivo nas flags de informação (Bit 0).

### **5.3.2 - Enviadas pelo CC**

As possíveis respostas enviadas pelo CC descrevem-se seguidamente, assim como o seu significado.

#### **ACK - Resposta afirmativa**

Código - 34

Comprimento da zona de dados (size) - 1

Descrição - Indica que se recebeu e entendeu a mensagem da UAD. Sendo definido um comprimento da zona de dados de 1 byte, esta resposta do CC poderá simultaneamente efectuar solicitações às UADs, através das flags de informação.

#### **NACK - Resposta negativa**

Código - 35

Comprimento da zona de dados (size) - 0

Descrição - Indica que não se entendeu a mensagem recebida da UAD, obrigando à repetição da última mensagem transmitida.

**DATE&TIME - Envio de Data e Hora**

Código - 33

Comprimento da zona de dados (size) - 8

Descrição - Envia a indicação da Data e Hora corrente, a fim da UAD acertar o seu relógio. Simultaneamente é indicado o período máximo de horas (1-24h) durante o qual, caso não haja alarmes, a UAD poderá permanecer sem efectuar qualquer comunicação com o CC. Decorrido esse tempo a UAD terá que efectuar uma comunicação com o CC, através dum Pedido de Data e Hora - MSG 1, informando-o de que está "viva".

byte:    4                      5                      6              7              8              9              10              11

|                           |                                         |                 |     |     |      |      |      |
|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------|-----|-----|------|------|------|
| FLAGS<br>DE<br>INFORMAÇÃO | PERÍODO<br>MÁXIMO ENTRE<br>COMUNICAÇÕES | ANO<br>CORRENTE | MÊS | DIA | HORA | MIN. | SEG. |
|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------|-----|-----|------|------|------|

Figura 5.5 - Bytes de dados correspondentes a uma Mensagem de Envio de Data e Hora

**Gama de valores possíveis:**

|                        |   |       |
|------------------------|---|-------|
| PERÍODO MÁXIMO (HORAS) | - | 01-24 |
| ANO CORRENTE           | - | 00-99 |
| MÊS                    | - | 01-12 |
| DIA                    | - | 01-31 |
| HORA                   | - | 00-23 |
| MINUTOS                | - | 00-59 |
| SEGUNDOS               | - | 00-59 |

**TELNR - Número de Telefone**

Código - 36

Comprimento da zona de dados (size) - variável de acordo com o comprimento do número de telefone e indicativos.

Descrição - Indica o número telefónico (incluindo indicativos) onde se encontra ligado o CC. Este número deverá ser do conhecimento de todas as UADs que pretendam estabelecer comunicação com o CC.

## **PWU - Reinicialização (Power-up) do CC**

Código - 32

Comprimento da zona de dados (size) - 0

Descrição - Indica que o CC foi reinicializado (Reset), forçando a UAD a efectuar um Pedido de Data e Hora. Esta solicitação é feita sempre que a UAD, que estiver a comunicar, ainda não foi inicializada, embora já esteja configurada no CC. A inicialização dum UAD é efectuada na primeira comunicação que for estabelecida com o CC, após a sua instalação na PN. Esta inicialização corresponde a um acerto da Data e Hora da UAD pela do CC.

## **5.4 - Características do Protocolo SATA**

### **5.4.1 - Sincronização de Trama**

A sincronização de trama é feita imediatamente, desde que o CC se encontre em situação normal de funcionamento. Neste caso os dois primeiros bytes recebidos, início da trama, serão sempre o endereço da UAD que estabeleceu a comunicação. O fim da trama, dois bytes de CRC, é determinado pelo método de contagem.

Existe, contudo, um único caso crítico, que será uma reinicialização do CC durante uma comunicação estabelecida por uma UAD, e a qual está a tentar enviar mensagens para o CC. Nesta situação poderá o CC começar a receber uma trama, não no seu início, mas algures a meio desta. Consegue-se a sincronização de trama, por dois modos diferentes, de acordo com os seguintes casos:

#### **1º CASO**

- Após recepção, pelo CC, do suposto último byte, é processada a trama recebida, sendo desprezados os bytes restantes (por disable do interrupt de recepção de caracteres).

É analisada, inicialmente, a validade do endereço recebido, o que implica que o endereço recebido seja menor ou igual ao endereço máximo. No caso deste não ser válido o CC não enviará qualquer resposta, o que levará, por actuação do mecanismo de temporização na UAD, à repetição da mensagem anterior. A resposta a essa trama será então uma mensagem de PWU (ou DATE&TIME no caso da trama recebida ser MSG 1). Se o endereço for dado como válido é descodificada a trama recebida, sendo muito provavelmente detectado erro da transmissão, o que levará o CC a solicitar

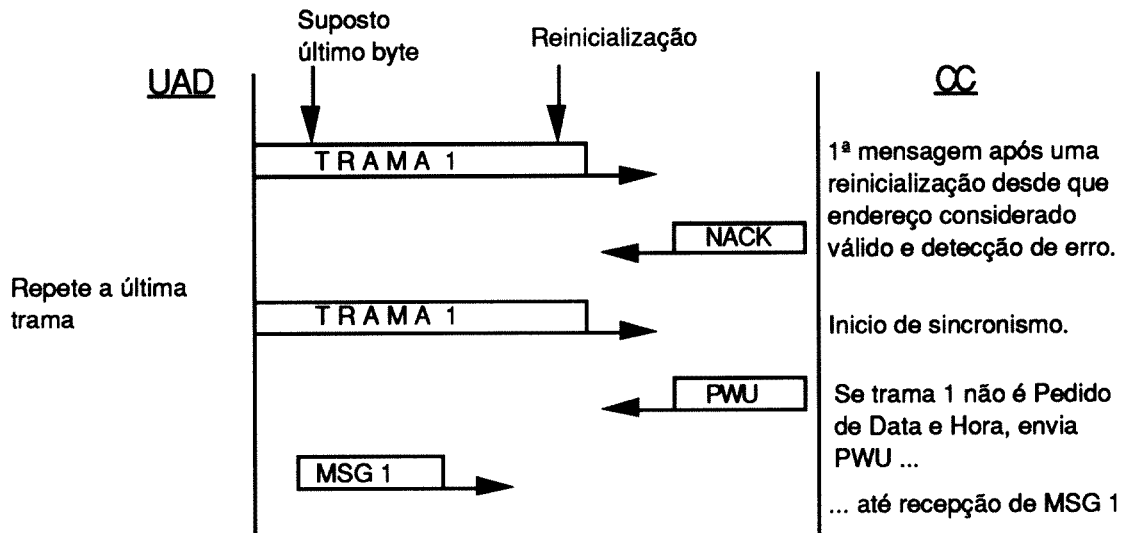


Figura 5.6 - Sincronização de trama por detecção de erro e envio de NACK

uma retransmissão, respondendo com um NACK. Se a UAD estava já disponível para a recepção, repetirá a trama; como o CC já está preparado para a recepção, consegue-se então o sincronismo. No caso da UAD ainda não estar disponível para a recepção, o NACK não será recebido, mas o mecanismo de temporização da UAD fá-la-á repetir a trama inicial.

## 2º CASO

- Nesta situação é atingido o "intercharacter timeout", ou seja, o tempo máximo entre caracteres admitido pelo CC, aquando da recepção duma trama. Logo que isso se verifique não haverá qualquer resposta deste, o que

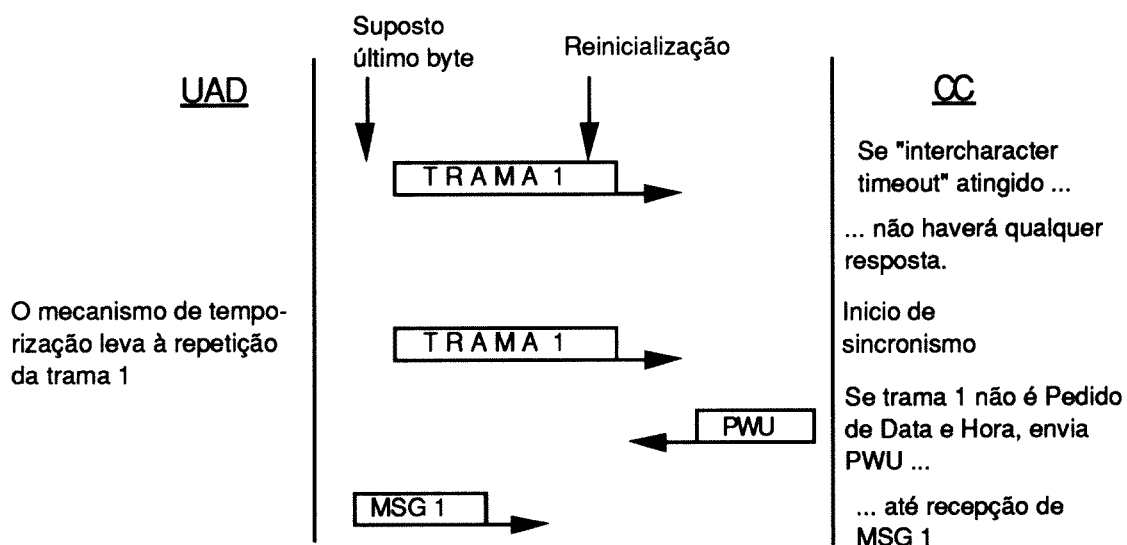


Figura 5.7 - Sincronização de trama por actuação do mecanismo de temporização da UAD

irá activar o mecanismo de temporização da UAD, que a obrigará a repetir a trama anterior. A resposta do CC será sempre uma mensagem de PWU, desde que a trama recebida não seja Pedido de Data e Hora (MSG 1).

Em qualquer dos casos acima descritos, a recepção no CC dum Pedido de Data e Hora irá permitir sincronizar a flag de controlo das mensagens de alarme (MSG 2).

### 5.4.2 - Controlo de Fluxo

A implementação duma técnica de controlo de fluxo é extremamente importante pois permite assegurar que a estação receptora não receba mais dados do que aqueles que pode armazenar no seu buffer de recepção, o qual está sempre limitado pelo seu tamanho. Os dados aí recebidos têm de ser processados antes que o buffer seja limpo e preparado para a recepção de novos dados.

Uma das formas mais simples de controlo de fluxo, conhecida por "stop-and-wait", justifica-se plenamente, neste caso, pela pequena quantidade e simplicidade da informação a transmitir entre estações. Saliente-se que a trama mais comprida a enviar duma UAD para o CC terá no máximo 167 bytes, correspondendo a uma situação de envio de alarmes em que a UAD tem o seu buffer cheio.

Sempre que existe uma transmissão de mensagem da UAD para o CC este recebe-a no seu buffer de recepção, processa a informação e limpa o buffer. Seguidamente envia uma informação de aceitação ou não aceitação da mensagem recebida (ACK, NACK, etc) para a UAD, a qual, só enviará nova mensagem após a recepção daquela.

### 5.4.3 - Controlo de Erros

A técnica de controlo de erros utilizada, e que permitirá converter uma ligação menos fiável numa mais fiável, baseia-se em considerações que já foram abordadas no capítulo anterior e cujos aspectos principais se salientam:

- Detecção de erros - É usado como detector de erros o CRC-CCITT.
- Pedido de repetição automático (Stop-and-wait ARQ) - Sempre que é detectado um erro, o receptor pede retransmissão da trama recebida.

A UAD, quando transmite uma trama, terá de aguardar o seu reconhecimento pelo CC (ACK, D&T, TELNR), antes de enviar nova trama. No caso do CC detectar um erro na mensagem recebida enviará uma resposta

negativa (NACK). Existem, contudo, algumas contingências na utilização desta técnica e que terão de ser salvaguardadas, como a seguir se indica.

No caso da trama de reconhecimento enviada pelo CC não ser recebida pela UAD, por motivos vários, tais como: ruído, falha momentânea na linha, etc, a estação emissora deverá prever uma temporização - mecanismo de "timeout". Após o envio duma mensagem, a UAD aguarda pelo reconhecimento, o qual deverá ser recebido dentro dum tempo definido. Caso esse tempo expire, é enviada novamente a mesma mensagem. É por este motivo que a UAD mantém sempre uma cópia da trama transmitida até recepção da trama que irá confirmar a sua chegada em boas condições ao local de destino.

O caso referido anteriormente poderá trazer novos problemas se não houver nenhum mecanismo que informe o CC de que a nova trama recebida é uma repetição da anterior. O protocolo aqui definido prevê este aspecto considerando uma flag de controlo (MSG 2 - único caso crítico) que alternará entre "0" e "1" sempre que seja enviada ao CC uma série de alarmes diferentes dos anteriores. A sincronização desta flag entre a UAD e o CC é feita sempre que houver um Pedido de Data e Hora (MSG 1). Neste caso, a primeira MSG 2 que ocorrer depois de MSG 1 terá a flag de controlo em "1".

## **5.4.4 - Endereçamento**

O formato estabelecido para as mensagens permite a identificação das UADs pela existência dum campo, de dois bytes, destinados ao endereço da UAD, que efectuou a comunicação com o CC. Este, desde que reconheça o endereço recebido, incluirá sempre esse endereço no início das tramas que transmitir.

Caso o endereço recebido pelo CC não conste da sua lista de UADs configuradas, e o CRC esteja correcto, este enviará uma trama de resposta com o bit 6 das flags de informação a "1". Neste caso a UAD é informada de que ainda não foi configurada no CC, devendo tentar comunicar posteriormente.

## **5.4.5 - Considerações Finais**

O protocolo aqui definido poder-se-á caracterizar como sendo um protocolo orientado ao caractere, do tipo contagem de byte (byte-count), isto é, a delimitação de trama faz-se por indicação num campo determinado, da quantidade de bytes, que o campo de dados contém.

O problema da transparência de dados, muito comum noutro tipo de protocolos, requerendo por vezes técnicas elaboradas (bit stuffing, descrito em [5]-Sec. 5.4), não se levanta neste caso, pois o receptor não necessita de examinar o conteúdo do campo de dados para determinar o fim da trama.

O "overhead", neste protocolo é muito reduzido, pois não há necessidade de utilizar bytes de início e fim de trama, nem qualquer outro byte para obtenção de sincronismo, pois este é conseguido do modo referido em 5.4.1.

As características fundamentais deste protocolo, resumem-se no mapa seguinte:

| <b>ASPECTOS FUNCIONAIS</b> | <b>PROTOCOLO SATA</b>      |
|----------------------------|----------------------------|
| TÉCNICA DE TRANSMISSÃO     | Assíncrona                 |
| MODO DE TRANSMISSÃO        | Half-Duplex                |
| INÍCIO DE TRAMA            | Endereço Endereço          |
| FIM DE TRAMA               | CRC CRC                    |
| COMPRIMENTO DE TRAMA       | Por contagem               |
| FORMATO DE TRAMA           | Um único (vários tipos)    |
| ENDEREÇAMENTO              | Cabeçalho                  |
| DETECÇÃO DE ERROS          | CRC-CCITT (2 Byte)         |
| VERIFICAÇÃO DE ERROS       | Cabeçalho e campo de dados |
| CONTROLO DE ERROS          | Stop-and-wait ARQ          |
| CONTROLO DE FLUXO          | Stop-and-wait              |
| TRANSPARÊNCIA              | Por contagem               |

## 5.5 - Exemplos de Comunicações

### 5.5.1 - Estabelecimento de Comunicação após Reinicialização do CC

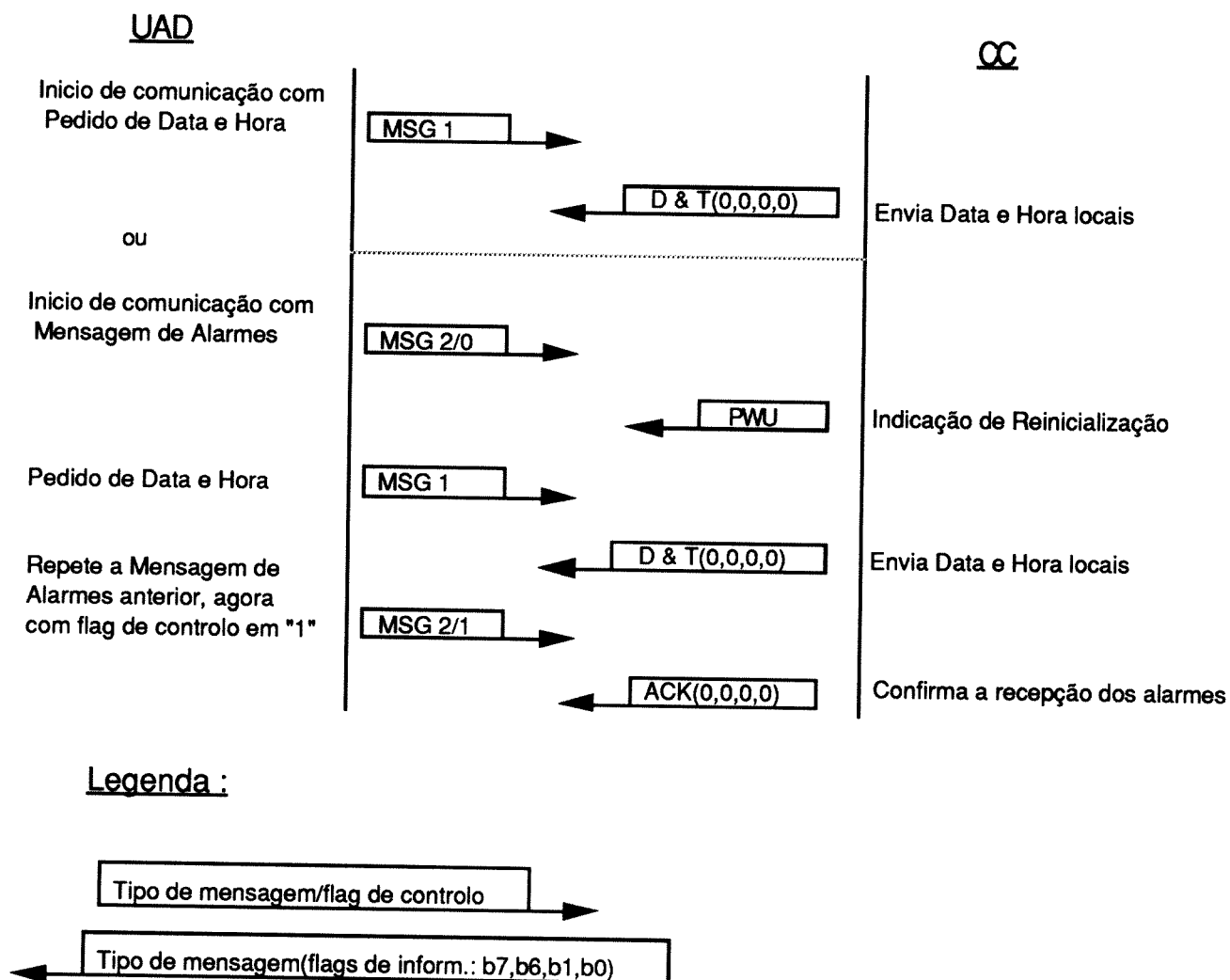


Figura 5.8 - Exemplo de estabelecimento de comunicação após uma reinicialização do CC

## 5.5.2 - Pedido de Número de Telefone

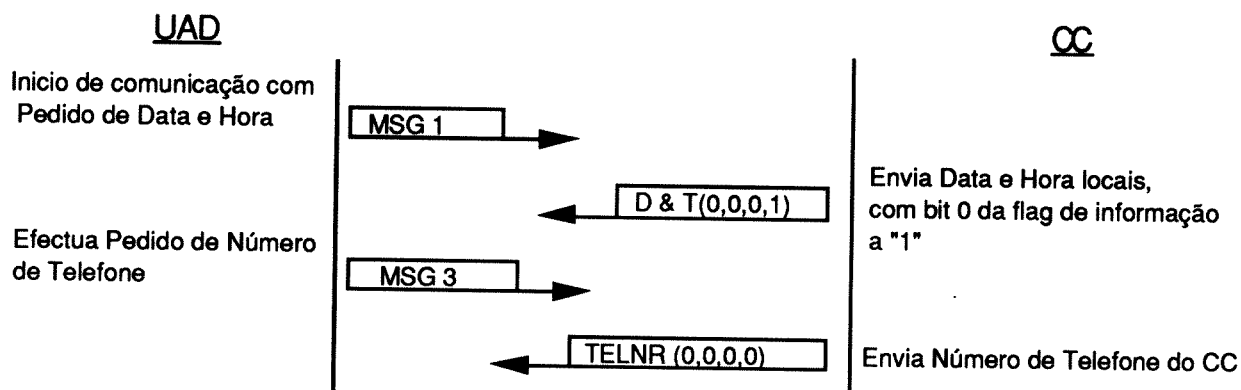


Figura 5.9 - Exemplo de Pedido de Número de Telefone

## 5.5.3 - Alteração do Período Máximo entre Comunicações

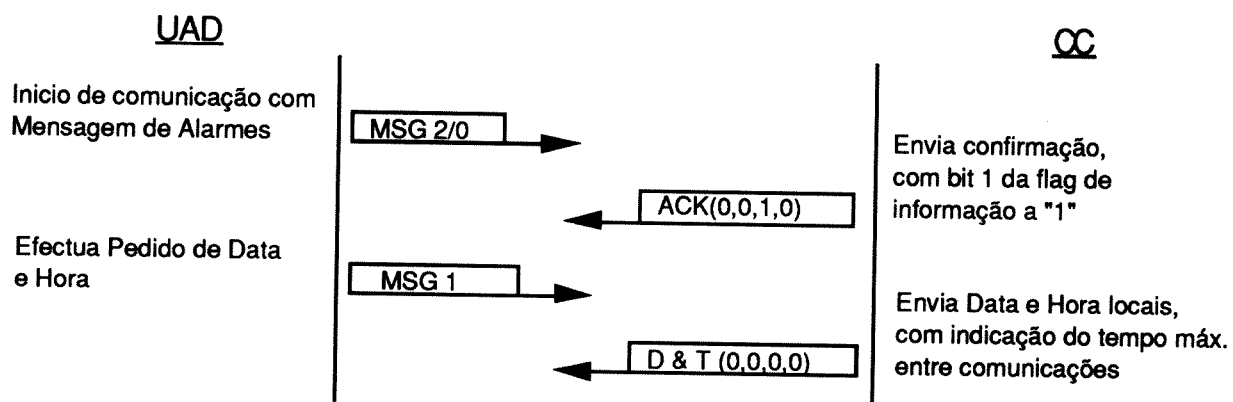


Figura 5.10 - Exemplo de alteração do período máximo entre comunicações

#### 5.5.4 - UAD não Configurada no CC

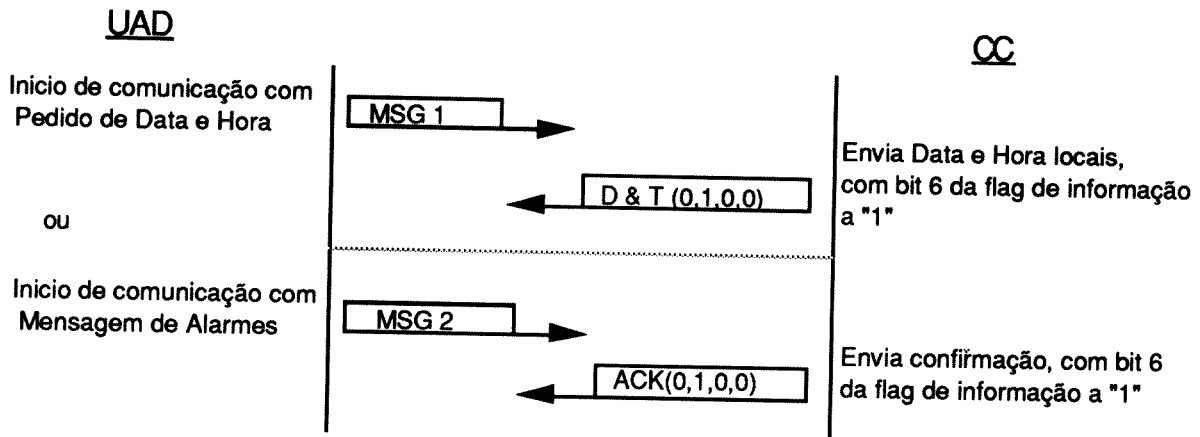


Figura 5.11 - Exemplo duma comunicação proveniente duma UAD não configurada no CC

#### 5.5.5 - Inicialização duma UAD Configurada

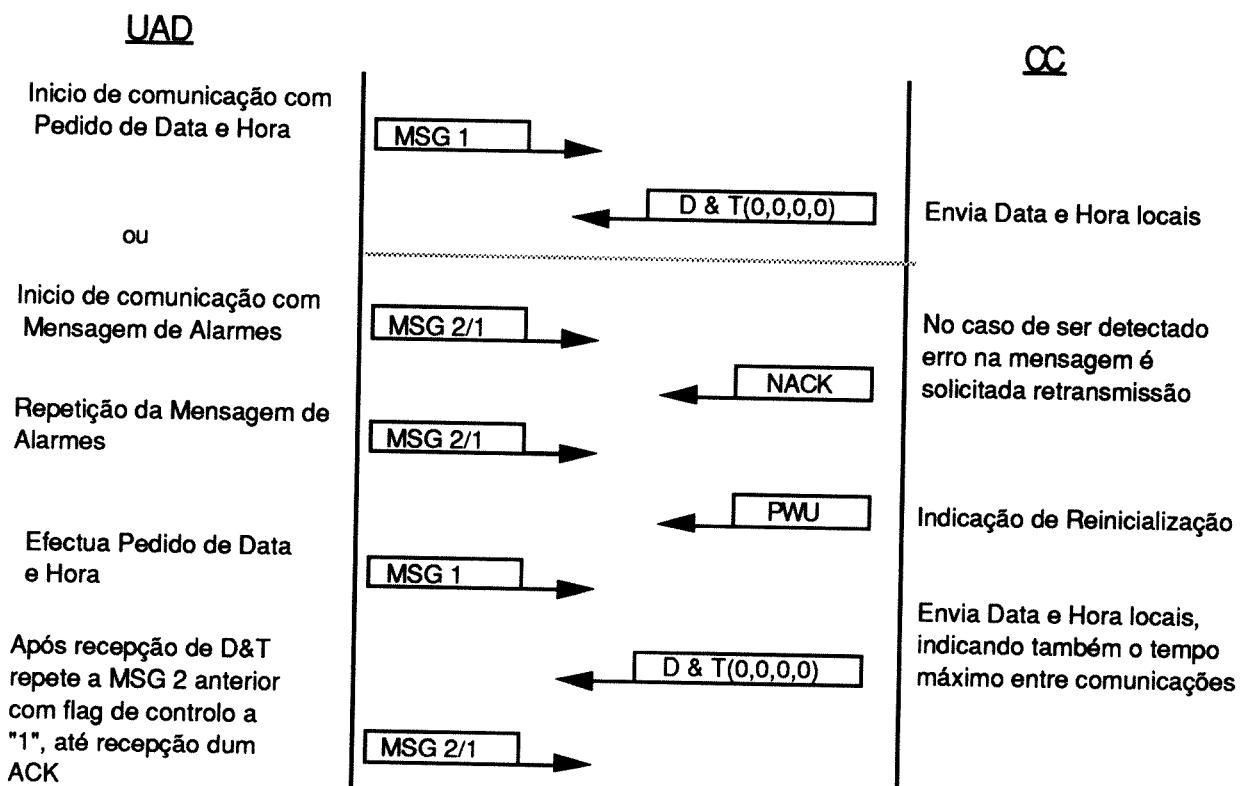


Figura 5.12 - Exemplo duma comunicação relativa à inicialização duma UAD já configurada no CC

## **CAPÍTULO 6**

### **Estruturação do Software**

## CAPÍTULO 6 - ESTRUTURAÇÃO DO SOFTWARE

### 6.1 - Introdução

Os aspectos mais relevantes que estiveram na base do software desenvolvido foram:

**Modularidade** - Esta característica é extremamente importante quando se pretende dotar o sistema com uma capacidade que permita efectuar com relativa facilidade alterações a qualquer dos seus módulos ou mesmo a inclusão de novos módulos, a fim de dotar o sistema com maiores potencialidades.

**Flexibilidade** - Os vários módulos que integram o software devem partilhar desta característica, pois assim sendo tornar-se-á mais simples a adaptação deste sistema a outras áreas para além da vigilância de PN's.

**Simplicidade** - O sistema deverá oferecer aos seus utilizadores uma interface fácil e simples, tanto para a configuração e introdução de comandos, como para a visualização das informações.

**Fiabilidade** - O sistema na sua globalidade deverá mostrar aos seus utilizadores ser de absoluta confiança.

Assim foram desenvolvidos vários módulos de software, os quais se podem agrupar em duas partes distintas:

- Módulos destinados à configuração da base de dados
- Módulos destinados ao CC.

Os primeiros dizem respeito ao software elaborado para configuração da base de dados, permitindo que um operador possa introduzir, modificar ou apagar as informações relativas ao sistema. Esta tarefa é executada fora do CC. Os segundos permitem que o CC desempenhe as suas funções tal como anteriormente definidas.

Havendo alterações relativas à configuração, não é problemático para o sistema que essas alterações não sejam executadas imediatamente. Por exemplo, no caso de se instalarem novas UADs, basta configurar o sistema com as novas variáveis, quando um determinado lote de UADs estiver instalado, não sendo necessário configurar o sistema cada vez que uma delas se instala. Deste modo considerou-se que seria vantajoso efectuar a

configuração do sistema fora do CC. Isso trará como principal vantagem uma maior simplicidade no software, tanto no respeitante ao CC, como no de configuração da base de dados. Para além de ser menos uma tarefa a desempenhar pelo CC, no caso da configuração estar nele incluída poder-se-iam criar situações problemáticas ao actualizar uma dada informação. Por exemplo, como deveria o CC actuar no caso de se encontrar numa fase de estabelecimento de chamada para um local da CP ou para um Chefe de Equipa a fim de comunicar uma determinada ocorrência numa PN e por alteração de configuração fosse definido um outro local para comunicação daquela ocorrência? deveria continuar o seu procedimento ou alterá-lo de acordo com a nova configuração? Por outro lado ao utilizar um editor feito em "clipper" para a configuração da base de dados, está-se a tirar partido duma das principais características destes editores: "user-friendly".

Neste capítulo iremos abordar os vários módulos referidos de acordo com o agrupamento considerado.

## 6.2 - Estrutura do Software de Configuração

### 6.2.1 - Configuração da Base de Dados

A configuração da base de dados corresponde à possibilidade dum operador poder alterar, inserir ou apagar informações relativas às variáveis do sistema e que constituem a base de dados.

Esta configuração é feita a partir dum editor, designado por ESATA e desenvolvido em "clipper", permitindo obter dois ficheiros distintos:

SATATLF - Ficheiro de configuração de Chefes de Equipa e Locais da CP

SATAUAD - Ficheiro de configuração de UADs.

A partir destes ficheiros e com a ajuda dum compilador da base de dados, designado por SATAORG e desenvolvido em "C", obtem-se então o ficheiro da base de dados, SATACNF. O compilador, para além de estruturar toda a informação relativa aos Chefes de Equipa, locais da CP e UADs num único ficheiro, o qual irá ser utilizado posteriormente pelo CC, permite ainda detectar eventuais erros na introdução ou alteração de informações relativas às variáveis do sistema.

Na figura 6.1 está representado num diagrama de blocos a configuração da base de dados.

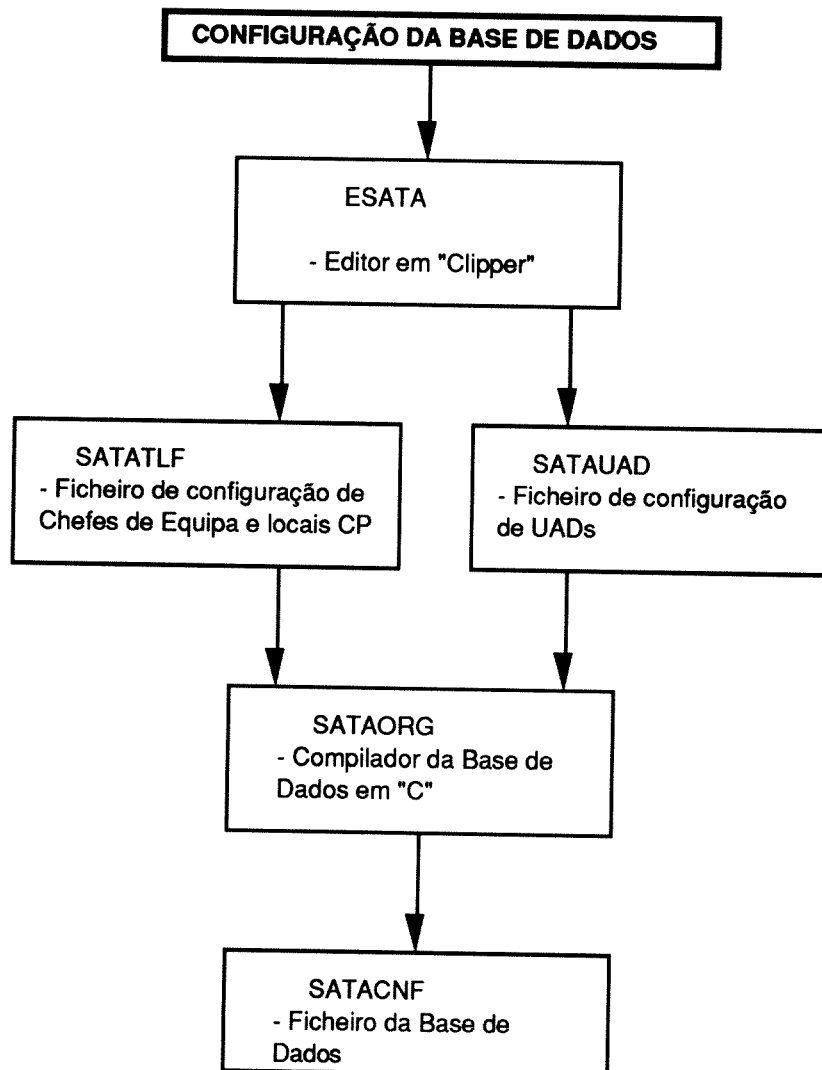


Figura 6.1 - Diagrama relativo à configuração da base de dados

### 6.2.2 - Estrutura Básica da Informação na Base de Dados

Foi definida uma estrutura de informação na base de dados, ficheiro SATACNF, a qual agrupa numa forma organizada as informações relativas aos Chefes de Equipa, Locais da CP e UADs existentes. Estas informações são caracterizadas por um conjunto de variáveis, que vão constituir os registos da base de dados e que se descrevem seguidamente.

Chefes de Equipa caracterizados pelo: nome, número de telefone e estado (definido, não definido, activo, inactivo).

Locais da CP caracterizados pelo: nome, número (Telepac) e estado.

UADs caracterizadas pelos seguintes elementos:

|                                           |                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descritivo da UAD                         | - referência identificativa da UAD.                                                                                               |
| Estado da UAD                             | - indicação dos vários estados possíveis (configurada, inicializada, timeout).                                                    |
| Flags de Informação                       | - correspondem às flags de informação definidas no protocolo de comunicações.                                                     |
| Flag de Controlo                          | - corresponde à flag de controlo definida no protocolo de comunicações.                                                           |
| Tempo máximo de comunicações              | - indicação do tempo máximo (em horas) que a UAD poderá permanecer sem efectuar comunicação com o CC.                             |
| Tempo para Timeout                        | - tempo que resta (em minutos) para ser alcançado o tempo máximo de comunicações.                                                 |
| Data e Hora da última mensagem enviada    | - indicação da Data e Hora de recepção no CC da última mensagem enviada pela UAD.                                                 |
| Último tipo de mensagem enviada           | - indicação do último tipo de mensagem que foi enviada pela UAD para o CC, de acordo com o definido no protocolo de comunicações. |
| Último alarme enviado                     | - descrição do último alarme enviado pela UAD, com indicação da Data e Hora da UAD e de recepção no CC.                           |
| Máscara para Chefes de Equipa             | - definição dos Chefes de Equipa associados à UAD e que deverão ser informados no caso de ocorrências na PN correspondente.       |
| Máscara de Inibição para Chefes de Equipa | - indicação das ocorrências que caso aconteçam não deverão ser dadas a conhecer aos Chefes de Equipa.                             |

- Máscara para CP - definição dos locais da CP associados à UAD e que deverão ser informados no caso de ocorrências na PN correspondente.

## 6.3 - Estrutura do Software no CC

O software do CC é constituído por um conjunto de módulos, os quais implementam as funções descritas no capítulo 3. Relativamente à execução de tarefas, este sistema pode-se considerar como sendo multitarefa (multitasking), pois há vários processos que, do ponto de vista do utilizador, são executados em simultâneo. A descrição desses processos é feita seguidamente, correspondendo cada um a um ficheiro próprio.

### 6.3.1 - Ficheiro SATAPRN.C

Este ficheiro inclui a tarefa referente aos registos das ocorrências em impressora local e em ficheiro em disco e foi designada por "prntask". Sempre que há ocorrências relativas às PNs, elas são armazenadas nos buffers respectivos (de impressora e de ficheiro em disco), e durante a execução desta tarefa são transferidas para a impressora local, junto ao CC, e para um ficheiro de ocorrências em disco, designado por SATA.TXT. Este processo encontra-se num estado "definido", mas nem sempre "activo". A passagem a este último estado é feita periodicamente com uma periodicidade de cerca de um segundo. Por este facto, designa-se este processo como sendo do "tipo relógio" (CLOCKTYPE). Inclui as seguintes rotinas:

- Tarefa de escrita em impressora local e no ficheiro de alarmes em disco (ocorrências, "falha de UAD" (timeout) ou "UAD em serviço"). A "falha de UAD" corresponde à situação da UAD que não comunicou com o CC no tempo devido e pré-estabelecido; por vezes designa-se também esta ocorrência apenas por "timeout". "UAD em serviço" corresponde à situação duma UAD que estando em "timeout" voltou a comunicar com o CC
- Verificação de falha da Impressora local e do tamanho do ficheiro de ocorrências em disco. Se este último ultrapassar determinado valor é enviada informação para o operador, a fim deste o transferir para diskette. No caso de falha da impressora (p. ex. impressora desligada) é enviada também informação para o operador, a fim deste tomar as providências devidas
- Tendo esta tarefa a periodicidade de cerca de um segundo é utilizada também para actualizar (decrementar) os temporizadores associados às UADs para determinação do tempo que resta a cada uma para comunicação com o

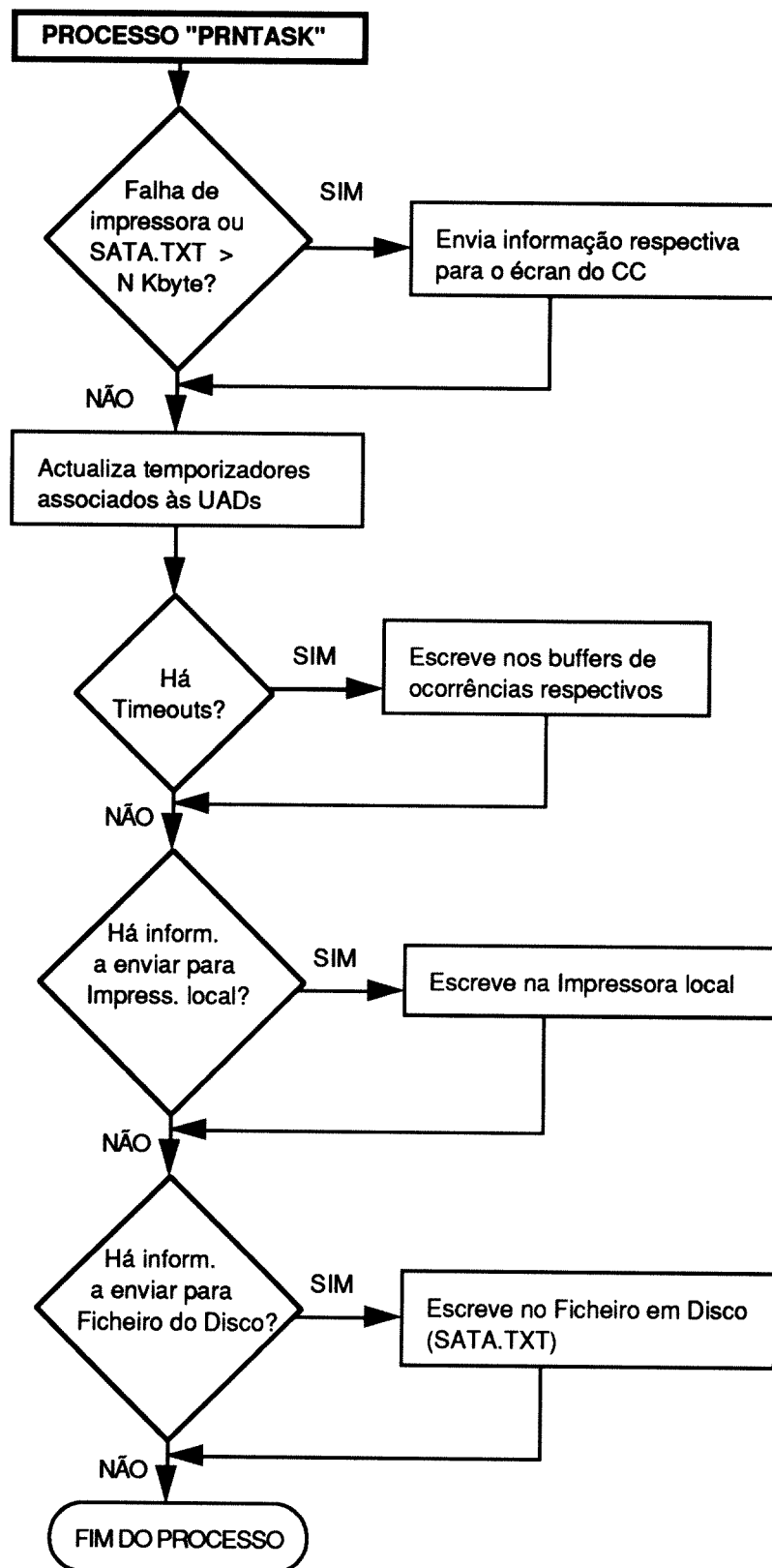


Figura 6.2 - Diagrama de blocos representativo da tarefa "prntask"

CC. No caso deste tempo ser ultrapassado para uma UAD, esse facto é registado nos buffers de ocorrências respectivos como "falha de UAD". O sistema inclui um buffer de ocorrências para cada um dos seguintes destinatários:

- Impressora local
- Ficheiro em disco (SATA.TXT)
- Chefes de Equipa
- Locais da CP
- Écran do CC.

Este facto tem a vantagem de dotar o sistema duma certa flexibilidade, permitindo que seja armazenado em cada buffer de ocorrências apenas a informação que se deseja dar a conhecer a cada um dos destinatários.

### **6.3.2 - Ficheiro SATACOM.C**

O ficheiro que inclui a tarefa relativa às comunicações em protocolo com as UADs foi designada por "com1task". Este processo, cujo estado é apenas "definido", passa ao estado "activo" sempre que há uma comunicação proveniente duma UAD. Nesta situação e por actuação do "interrupt" de comunicações associado à porta do CC que é utilizada para transmissão com as UADs, o estado deste processo é colocado em "activo", permitindo que as comunicações sejam estabelecidas de acordo com o protocolo descrito no capítulo anterior. Define-se este processo como sendo do "tipo definido" (DEFINED TYPE). Inclui as seguintes rotinas:

- Tarefa de comunicações com as UADs, incluindo o bloco codificador e decodificador das mensagens emitidas e recebidas, assim como o processamento das mensagens de Pedido de Data e Hora (MSG 1), Envio de Alarmes (MSG 2) e Pedido de Número de Telefone (MSG 3), provenientes das UADs. A primeira análise que este processo faz é relativa à validade ou não do endereço recebido. No caso de este não ser válido não haverá qualquer resposta do CC à UAD, o que a levará, por actuação do seu mecanismo interno de temporização, à repetição da mensagem enviada.
- O processamento duma mensagem de Envio de Alarmes (MSG 2) implica o registo nos buffers de ocorrências, dos alarmes recebidos e provenientes das UADs.

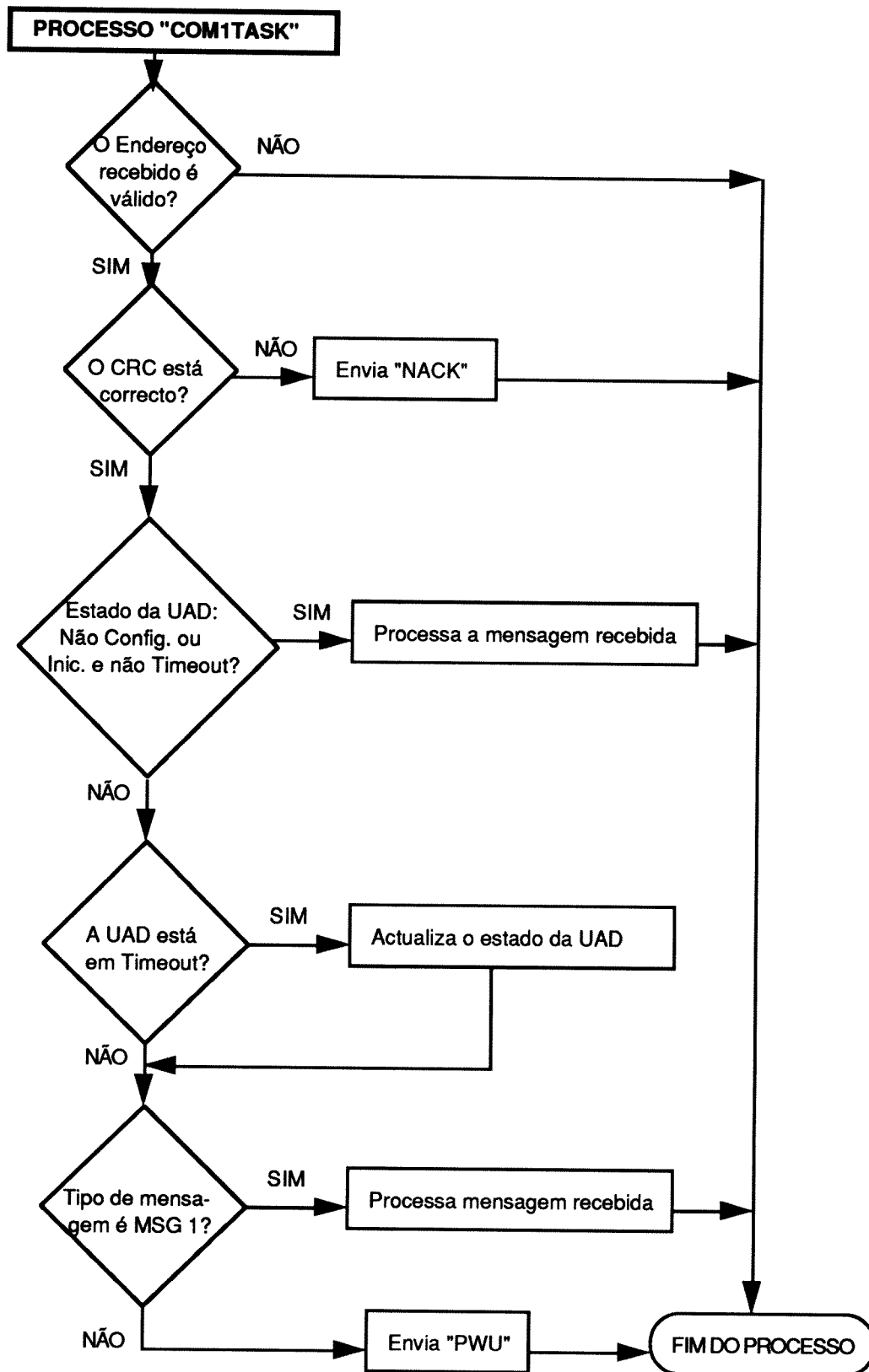


Figura 6.3 - Diagrama de blocos representativo da tarefa "com1task"

### 6.3.3 - Ficheiro SATACMD.C

Este ficheiro inclui a tarefa relativa ao processamento de comandos a partir do teclado, designada por "cmdtask". Este processo encontra-se sempre "definido" e "activo", pois a introdução de comandos pode ser efectuada em qualquer momento. Define-se este processo como sendo do "tipo activo" (ACTIVE TYPE). Este processo é constituído por vários níveis para os quais o processo "salta" em função da tecla premida. Inclui as seguintes rotinas:

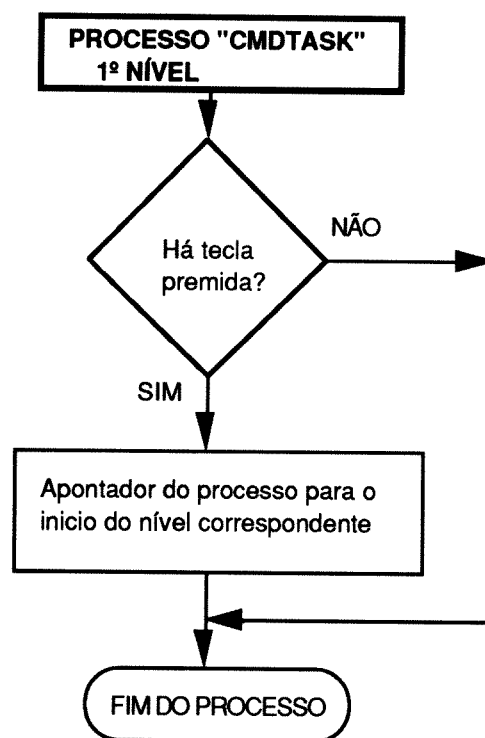


Figura 6.4 - Diagrama de blocos representativo da tarefa "cmdtask" (1º nível)

- Tarefa de processamento de comandos, os quais permitem a visualização, a partir das teclas funcionais e outras, do seguinte:

- . Menus
- . Écran de ajuda (Help)
- . Mensagens ao operador, ocorrências, estados das UADs, etc
- . Variáveis relativas às comunicações e estados das linhas (em tempo real)

e ainda a possibilidade dada ao operador de algumas opções tais como inibir/desinibir o envio de ocorrências para as zonas de manutenção e/ou locais da CP

- Refrescamento do écran, permitindo a sua actualização constante

- Transferência do conteúdo do ficheiro de ocorrências em disco (SATA.TXT) para um ficheiro em diskette.

#### 6.3.4 - Ficheiro SATACHEF.C

Este ficheiro inclui a tarefa de comunicação com as impressoras instaladas nos Chefes de Equipa, designada por "cheftask". Este processo definido como sendo também do "tipo activo" (ACTIVE TYPE), inclui quatro níveis. No primeiro nível, este processo efectua a inicialização do modem, que prevê entre outros o envio de comandos a fim de regular o tipo de respostas recebidas (OK, RING, NO\_CARRIER, CONNECT\_1200, NO\_DIALTONE, BUSY), o tipo de marcação a efectuar (multifrequência, impulsos), etc. Esta inicialização do modem é efectuada apenas na primeira vez que o processo corre. Para além disso, averigua ainda se há informação a transmitir para algum Chefe de Equipa. Em caso afirmativo verifica qual o estado da linha telefónica, se livre se ocupada. No caso de existir informação a transmitir e a linha telefónica se encontrar livre, este processo origina a ocupação da linha e da próxima vez que o processo correr passa para o seu segundo nível. Este, tem como função estabelecer a chamada com o Chefe de Equipa ao qual se destina a informação a transmitir. Só passa ao terceiro nível quando a chamada estiver efectivamente estabelecida e o modem tiver respondido com uma mensagem de CONNECT\_1200 (significa que a ligação foi bem estabe-

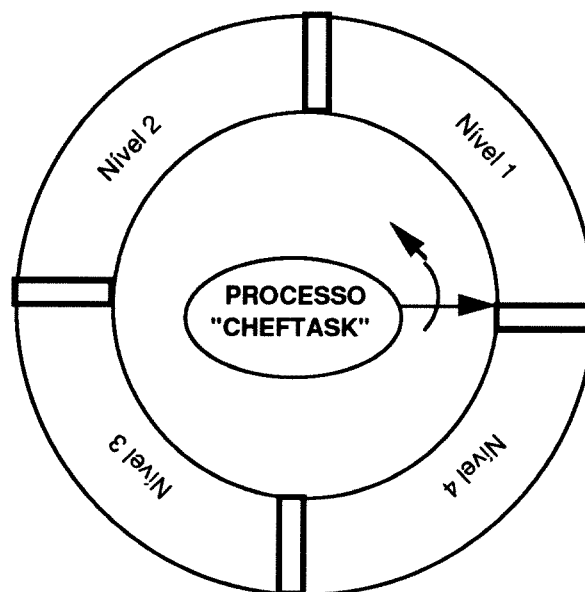


Figura 6.5 - Níveis envolvidos no processo referente às comunicações com os Chefes de Equipa

lecida a 1200 baud). Caso contrário passa ao 4º nível a fim de desligar a chamada e desocupar a linha telefónica. O terceiro nível corresponde ao envio da informação existente no buffer do Chefe de Equipa respectivo, até ao momento. Logo que o buffer seja "limpo", o processo passa para o seu quarto nível o qual é responsável pelo desligar da chamada e que corresponde essencialmente ao envio dos comandos para o modem libertar a linha telefónica. No final o processo volta novamente ao primeiro nível. Nas figuras seguintes podem ver-se as funções a desempenhar por cada um dos níveis deste processo.

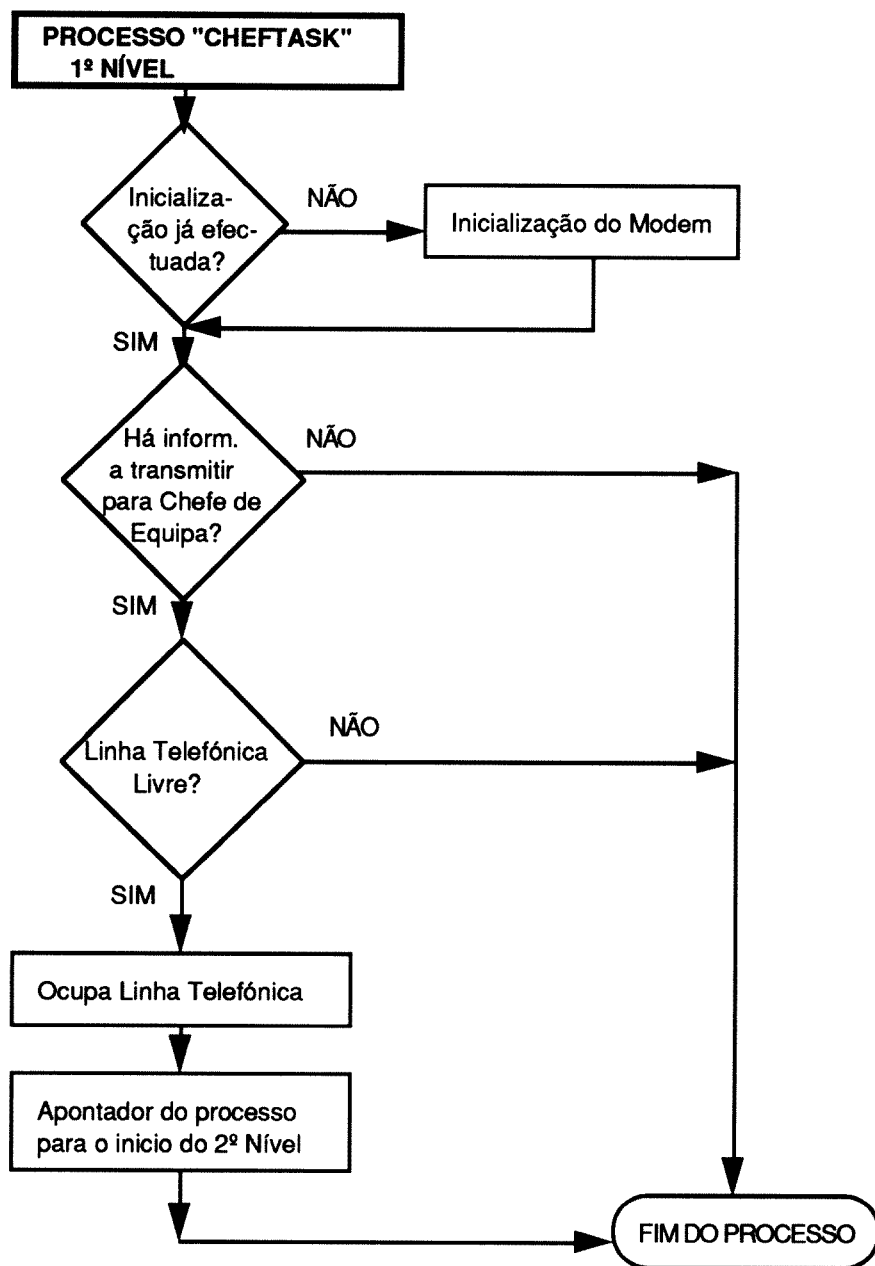


Figura 6.6 - Processo "cheftask". Funções do primeiro nível

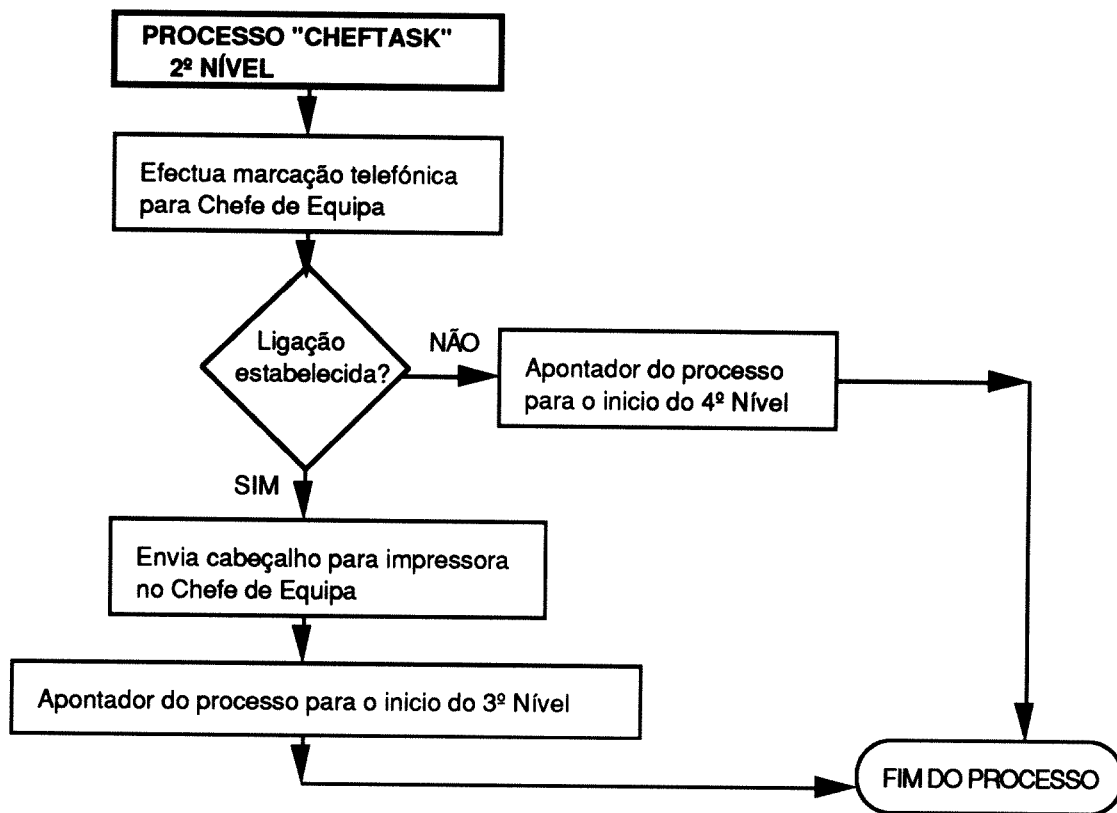


Figura 6.7 - Processo "cheftask". Funções do segundo nível

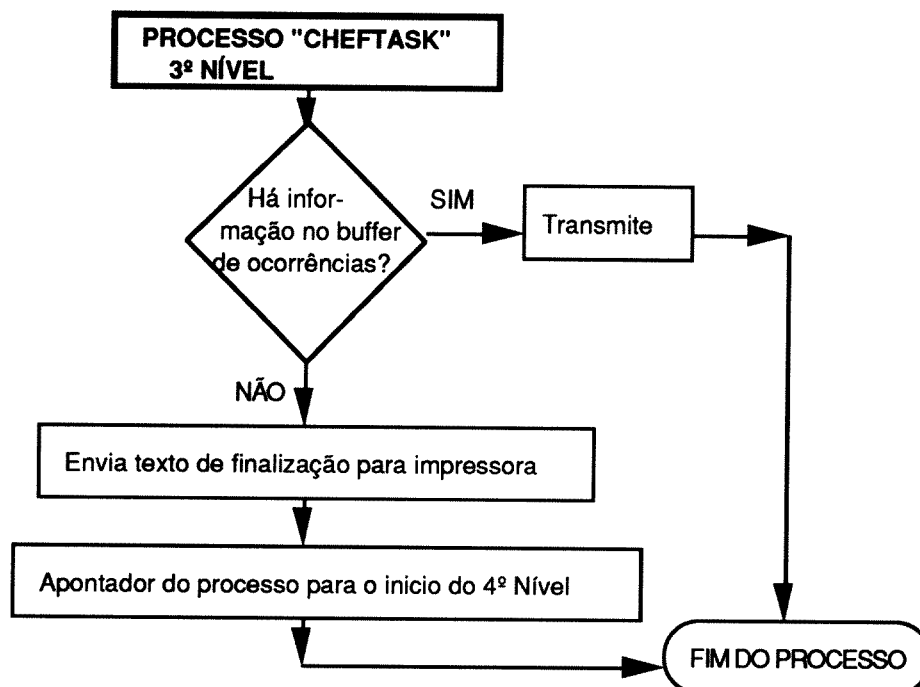


Figura 6.8 - Processo "cheftask". Funções do terceiro nível

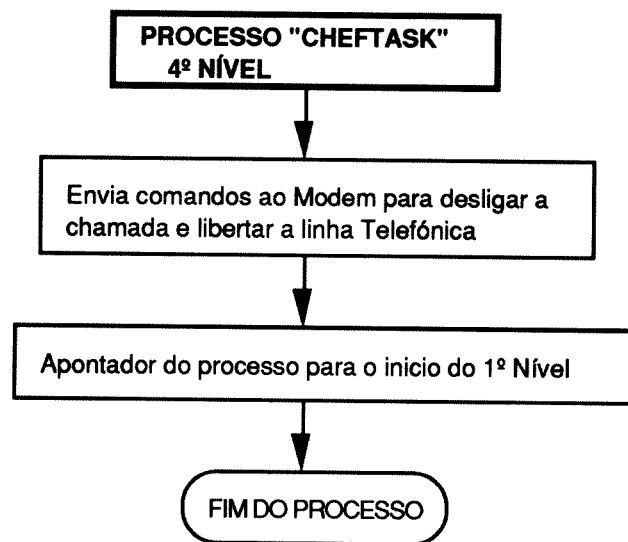


Figura 6.9 - Processo "cheftask". Funções do quarto nível

### 6.3.5 - Ficheiro SATAPAC.C

Este ficheiro inclui a tarefa de comunicação com as impressoras instaladas na CP, designada por "tlpactask". Este processo definido como sendo também do "tipo activo" (ACTIVE TYPE), inclui quatro níveis idênticos nas suas funções ao processo anterior. Difere essencialmente do processo anterior apenas no tipo de comandos que terão de ser enviados e respostas recebidas do interface (PAD) utilizado para ligação à rede comutada de pacotes.

### 6.3.6 - Outros Ficheiros

Para além dos ficheiros referidos e que dizem respeito às várias tarefas que terão de correr no CC, existem ainda outros ficheiros cuja descrição é feita seguidamente.

#### 6.3.6.1 - Ficheiro SATA.H

Este é um ficheiro cabeçalho (File Header) onde são efectuadas todas as definições (#define) e inclusões (#include), nomeadamente a definição de estruturas e variáveis globais do programa:

- Definição de constantes relativas a:
  - Endereços de periféricos (ACE, PICU, PPI - comandos e status)
  - Flags diversas (associadas às comunicações, periféricos e modem)

Tipo de mensagens recebidas e a transmitir  
Temporizadores (Timer on, Timer off, Timer out)  
Tarefas a desempenhar (Tasks)

- Definição de estruturas relativas a:
  - Bloco de controlo do dispositivo série (porta-série)
  - Bloco de controlo do dispositivo paralelo (porta-paralelo)
  - Comunicações
  - Buffers de ocorrências (do tipo circular)
- Definição de variáveis globais relativas a:
  - Tarefas (Tasks)
  - Comunicações
  - Temporizadores

### 6.3.6.2 - Ficheiro SATABILD.C

Este é um ficheiro auxiliar do executivo de processos e inclui o seguinte:

- Carregamento do ficheiro da base de dados SATACNF. Sempre que o CC é reinicializado, antes de passar à execução das tarefas anteriormente descritas, é carregado para memória o ficheiro da base de dados SATACNF
- Armazenamento no ficheiro da base de dados SATACNF do estado actual das UADs. Esta rotina só é executada quando se pretende sair do CC. Neste caso é armazenada nesse ficheiro a configuração da base de dados mais recente, permitindo que numa próxima reinicialização do CC seja retomada a última configuração.

### 6.3.6.3 - Ficheiro SATA.C

É o ficheiro executivo dos processos (Tasks) referidos, contendo o seguinte:

- Programa principal, onde se inclui o gestor de tarefas
- Rotinas dos "interrupts" para comunicação com as UADs, chefes de equipa e CP
- Inicialização do sistema com os respectivos parâmetros de funcionamento, bases de dados, etc.

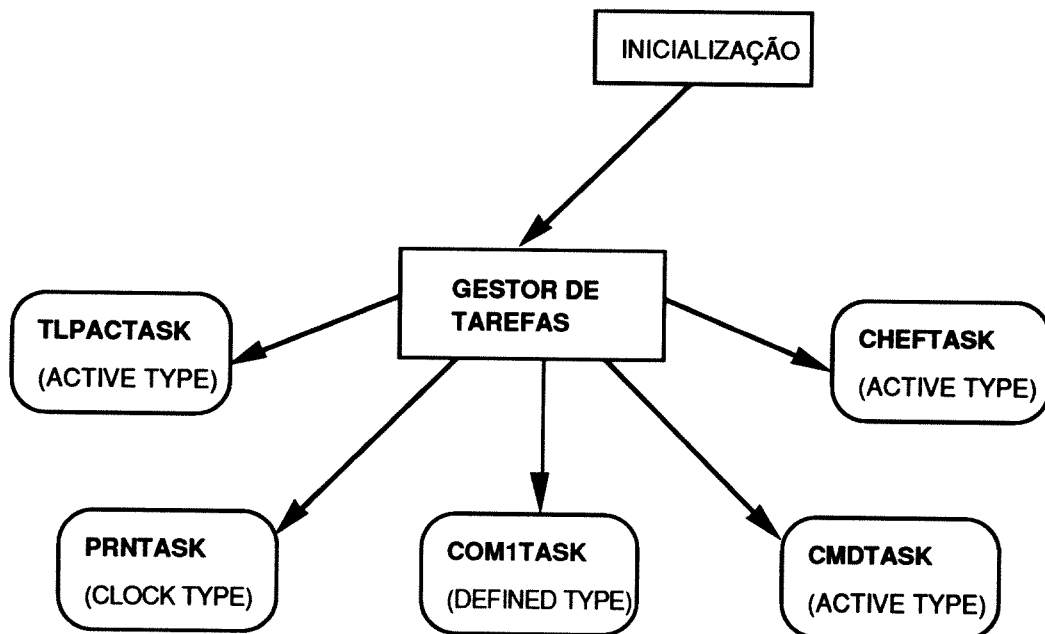


Figura 6.10 - Representação dos vários processos envolvidos no sistema

## 6.4 - Resumo

O software desenvolvido tem características de modularidade, flexibilidade, simplicidade e fiabilidade.

Assim, desenvolveram-se vários módulos de software, os quais se podem agrupar em módulos destinados à configuração da base de dados e módulos destinados ao CC. Os primeiros permitem, com o auxílio dum editor desenvolvido em "clipper", obter o ficheiro da base de dados designado por SATACNF e que será utilizado pelo CC. Os segundos permitem implementar as funções requeridas ao CC. Este sistema, do ponto de vista do utilizador, é considerado como sendo multitarefa, uma vez que são executados em simultâneo vários processos.

O processo "prntask" permite a escrita das ocorrências em impressora local e em ficheiro em disco. É uma tarefa que é executada de segundo em segundo, pelo que se designou como sendo do "tipo relógio" (CLOCKTYPE).

O processo relativo às comunicações com as UADs é o "com1task". Este processo inclui a codificação e decodificação das mensagens, assim como o processamento das várias mensagens enviadas pelas UADs. É executado sempre que há uma comunicação proveniente duma UAD, pelo que se designou como sendo uma tarefa do "tipo definido" (DEFINED TYPE).

O processo "cmdtask" permite a execução dos comandos provenientes do teclado do CC. É definido como sendo do "tipo activo" (ACTIVE TYPE), pois a introdução de comandos pode ser efectuada em qualquer momento.

Os processos "cheftask" e "tlpactask" são responsáveis pelas comunicações do CC com as zonas de manutenção e locais da CP respectivamente. O primeiro utiliza a rede telefónica pública e o segundo a rede comutada de pacotes. Estes processos são definidos como sendo do "tipo activo" (ACTIVE TYPE) e incluem quatro níveis: o primeiro nível verifica se há algo para transmitir e, nesse caso, se a linha se encontra disponível; o segundo nível procura estabelecer a ligação; o terceiro nível "despeja" a informação para o destinatário; o quarto e último nível é responsável pelo desligar da chamada.

O programa principal, onde se inclui o gestor dos processos referidos para além da inicialização do sistema e rotinas dos "interrupts", encontra-se num ficheiro designado por SATA.C.

## **CAPÍTULO 7**

### **Conclusões e Evolução Futura**

## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E EVOLUÇÃO FUTURA

### 7.1 - Conclusões

O desenvolvimento dum sistema, como o apresentado ao longo deste trabalho, mostra-se muito vantajoso e útil quando:

- o investimento envolvido não é elevado, traduzindo-se em custos finais, para o sistema, aceitáveis
- o seu campo de aplicação pode ser mais vasto do que aquele que esteve na sua origem
- os objectivos pretendidos são inteiramente alcançados.

Estes aspectos foram conseguidos com a realização do SATA, tendo sido os aspectos económicos, com vista a uma maior rentabilidade do sistema, um factor predominante tido em conta e estando presente na maior parte das opções tomadas.

A arquitectura adoptada para o SATA mostrou na prática ser bastante funcional e económica. Quando comparada com outras soluções apresentadas, verifica-se que para além da sua simplicidade não há necessidade de utilizar equipamento caro e operadores com grande formação.

A utilização da rede telefónica comutada e rede comutada de pacotes são aquelas que apresentam maiores vantagens para o sistema desenvolvido. Quando pensamos numa rede WAN, em que a informação a transmitir é reduzida e com intervalos, entre dados a transmitir, muito grandes, a rede telefónica comutada torna-se economicamente mais vantajosa do que a utilização de circuitos dedicados. Outra das grandes vantagens daquela rede e que levou à sua utilização neste sistema foi o seu fácil acesso, praticamente em qualquer ponto do país. A adopção dum relacionamento do tipo "mestre-escravo", para as comunicações entre as UADs e o CC, permitiu ainda a minimização dos custos relativos às chamadas efectuadas e a maximização da eficiência do sistema, no que se refere à utilização da rede telefónica. São as unidades remotas que tomarão a iniciativa de estabelecer a chamada para o CC.

A utilização da rede comutada de pacotes, para a comunicação do CC com as unidades "escravas" instaladas na CP, permitiu reduzir também alguns custos ao sistema por inclusão, nesta arquitectura, da rede de pacotes privada, pertencente à CP, e que se interliga com a TELEPAC em três pontos distintos: Lisboa, Porto e Faro.

As funções desempenhadas pelo CC foram definidas com base nos objectivos a alcançar pelo sistema, e englobam áreas bem determinadas:

- Supervisão e Comando
- Visualização.

Esta separação de funções complementada com a devida caracterização para cada uma das áreas referidas, permitiu facilitar o desenvolvimento do sistema na sua fase de implementação. É de salientar, ainda, uma das principais características deste sistema, no que se refere à execução de acções: estas são fruto duma colaboração entre o sistema e os seus utilizadores, conseguida pela intervenção destes no local sempre que solicitados pelo primeiro.

A utilização duma estratégia de controlo de erros adequada permitiu contornar o problema da elevada taxa de erros, que normalmente se verifica na rede telefónica existente. A adopção duma técnica do tipo stop-and-wait ARQ permite obter desempenhos idênticos aos das outras técnicas normalmente implementadas: go-back-N continuous ARQ e selective-repeat ARQ. Tem ainda a vantagem de ser um algoritmo de muito fácil implementação, no que diz respeito à detecção de erros. A selecção dum código cíclico permitiu simplificar o processo da codificação/descodificação na fase de implementação, economizar memória e obter maior rapidez de execução. Por outro lado, a adopção dum código com base nas recomendações V.41 do CCITT permitiu seleccionar um polinómio gerador eficaz, capaz de detectar um grande número de combinações de erro.

O protocolo de comunicações implementado, sendo extremamente simples, mostrou ser adequado às exigências e necessidades do SATA. Para além da sua simplicidade são características relevantes deste protocolo o seu reduzido "overhead" e a obtenção de transparência pelo método da contagem. Este método permite evitar a utilização de técnicas elaboradas, como por exemplo o "bit stuffing" no caso dos protocolos orientados ao bit.

O software desenvolvido apresenta características de modularidade, flexibilidade, simplicidade e fiabilidade e por isso permite: efectuar alterações a qualquer dos seus módulos constituintes; adaptar o sistema a outras áreas para além da vigilância de PNs; oferecer aos seus utilizadores uma interface fácil e simples tanto para a configuração e introdução de comandos como para a visualização das informações; mostrar aos seus utilizadores ser de confiança. Outra das grandes vantagens conseguidas com uma estruturação modular do software foi a possibilidade de se poder vir a utilizar um ou vários módulos desenvolvidos noutros sistemas e aplicações.

### 7.2 - Evolução Futura

A evolução dum sistema como o SATA pode-se efectuar em várias vertentes, originando alterações nas diversas componentes que foram objecto do presente trabalho: arquitectura, funções, protocolo e software. Estas alterações poderão ser mais ou menos significativas consoante a evolução desejada.

Assim, um aumento significativo do número das unidades remotas poderá levar a uma redefinição da arquitectura actual. Esta poderá evoluir no sentido de chegar a tomar formas idênticas às dos sistemas apresentados na secção 2.4, ou seja uma arquitectura assente em vários níveis hierárquicos.

Desde que as unidades remotas o permitam, este sistema de televigilância, poderá evoluir para um sistema com funções de teleacção, tendo neste caso um campo de aplicação bastante mais vasto. Uma dessas aplicações poderia ser, por exemplo, na área de gestão de energia e alarmes em locais remotos (sem operadores humanos), incluindo o controlo do aquecimento, ar condicionado, sistema de alarme de intrusão e detecção de incêndios.

A própria evolução da rede telefónica actual, para uma Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS), poderia levar à utilização do canal D -16 Kbit/s no acesso básico (2B+D - 144Kbit/s) ou 64Kbit/s no acesso primário (30B+D - 2048Kbit/s) - para veicular as comunicações necessárias, desde que isso se mostrasse mais vantajoso tanto do ponto de vista económico como funcional.

É evidente que a utilização dum sistema idêntico ao SATA com funções mais vastas que as actuais, nos poderia levar à conclusão de que o protocolo actualmente definido não seria o mais adequado, exigindo-se então a utilização dum protocolo mais complexo e de maior capacidade. Neste caso poder-se-ia optar por um protocolo já normalizado tal como o HDLC.

Qualquer que seja a evolução sofrida por este sistema, é certo que isso levará à necessidade de efectuar ajustes no software desenvolvido. Embora a sua estrutura se possa manter, esses ajustes poderão ir duma simples alteração à configuração actual (por aumento do número de unidades remotas ou mesmo das zonas de manutenção e locais da CP) até à inclusão de novos processos (tasks), a fim de permitir dotar o sistema com novas potencialidades.

## **APÊNDICE A**

### **Tarifário de Circuitos de Telecomunicações**

## APÊNDICE A - TARIFÁRIO DE CIRCUITOS DE TELECOMUNICAÇÕES

### A.1 - Linhas Dedicadas Privadas (CTT/TLP)

#### Taxas de Instalação

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Circuito a 2 fios sem ocupação de junções entre centrais                       | 13.000\$00 |
| Circuito interligando centrais urbanas diferentes<br>(qualquer número de fios) | 26.000\$00 |
| Circuito com qualquer número de fios interligando:                             | 32.750\$00 |
| - Centrais regionais diferentes                                                |            |
| - Uma central urbana e uma regional                                            |            |
| - Áreas de exploração dos CTT e dos TLP                                        |            |
| Equipamentos terminais eventuais:                                              |            |
| - Posto telefónico simples                                                     | 3.000\$00  |
| - Outros equipamentos telefónicos                                              | nota 1     |
| - Modem                                                                        | 19.500\$00 |

#### Taxas de Assinatura Mensal

| Circuito na área de exploração dos TLP                   | Cada par de fios                                                          |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1) Para transmissão de voz ou de imagens fixas (nota 2): |                                                                           |
| - Sem ocupação de junções entre centrais                 | 2.600\$00+110\$00xC                                                       |
| - Com ocupação de junções entre centrais                 | 5.150\$00+115\$00xC                                                       |
| 2) Para transmissão de dados além de 300 baud:           |                                                                           |
| 2.1) Entidade única                                      | Taxas referidas em 1)<br>acrescidas de 20%                                |
| 2.2) Interligando entidades juridicamente distintas      | Taxas referidas em 2.1)<br>acrescidas de 40% das<br>taxas referidas em 1) |

<sup>1</sup> Taxas constantes da tarifa de telefones

<sup>2</sup> C é o comprimento real do circuito, em hectómetros, incluindo os prolongamentos até às instalações do cliente

## Circuito entre as áreas de exploração dos CTT e TLP

### 1) Ligação interurbana (nota <sup>3</sup>)

#### 1.1) Para transmissão de voz ou de imagens fixas:

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| - Até 50 Km     | 1.970\$00xD            |
| - Até 100Km     | 45.500\$00+1.060\$00xD |
| - Além de 100Km | 121.500\$00+300\$00xD  |

#### 1.2) Para transmissão de dados além de 300 baud:

##### 1.2.1) Entidade única

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| - Até 50 Km     | 2.360\$00xD            |
| - Até 100Km     | 54.600\$00+1.270\$00xD |
| - Além de 100Km | 145.800\$00+360\$00xD  |

##### 1.2.2) Interligando entidades juridicamente distintas

Taxas referidas em  
1.2.1) acrescidas de 20%

### 2) Cada prolongamento da ligação interurbana até ao local do assinante (por cada par de fios)

|                                                                             |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| - Qualquer fim                                                              | 6.100\$00                      |
| - Para transmissão de dados, interligando entidades juridicamente distintas | Taxa anterior acrescida de 20% |

---

<sup>3</sup> D é a distância, em quilómetros, medida em linha recta, directamente entre as estações centro dos grupos a que pertencem as redes telefónicas onde se situam as instalações do cliente

## A.2 - Linhas de Rede Telefónica Comutada (CTT/TLP)

|                        | <u>Taxa de Instalação</u> | <u>Taxas de Assinat. Mensal</u> |
|------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Linha de rede (nota 4) | 10.700\$00                | 1.365\$00                       |

### Taxas das Comunicações

#### 1) Comunicações locais:

|                        |                                           |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Segunda/Sexta 8h-20h   | 1 unidade de contagem em cada 6 minutos   |
| Dias e horas restantes | 1 unidade de contagem sem limite de tempo |

#### 2) Comunicações regionais:

##### 3º escalão:

|                        |                                          |
|------------------------|------------------------------------------|
| Todos os dias 8h-20h   | 3 unidades de contagem em cada 3 minutos |
| Dias e horas restantes | 2 unidades de contagem em cada 3 minutos |

##### 2º escalão:

|                        |                                          |
|------------------------|------------------------------------------|
| Todos os dias 8h-20h   | 2 unidades de contagem em cada 3 minutos |
| Dias e horas restantes | 1 unidade de contagem em cada 3 minutos  |

##### 1º escalão:

|                                         |
|-----------------------------------------|
| 1 unidade de contagem em cada 3 minutos |
|-----------------------------------------|

#### 3) Comunicações interurbanas (incluindo Açores e Madeira):

##### Distâncias até 50 Km:

|                        |                                           |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Segunda/Sexta 8h-20h   | 1 unidade de contagem em cada 19 segundos |
| Segunda/Sexta 20h-22h  | 1 unidade de contagem em cada 24 segundos |
| e Sábados 8h-13h       |                                           |
| Dias e horas restantes | 1 unidade de contagem em cada 28 segundos |

##### Distâncias superiores a 50 Km:

|                        |                                           |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Segunda/Sexta 8h-20h   | 1 unidade de contagem em cada 8 segundos  |
| Segunda/Sexta 20h-22h  | 1 unidade de contagem em cada 12 segundos |
| e Sábados 8h-13h       |                                           |
| Dias e horas restantes | 1 unidade de contagem em cada 16 segundos |

4 As taxas de PP (Posto Principal) incluem o fornecimento de um telefone simples do tipo e cor correntes a ser devolvido no fim da assinatura

### A.3 - Linhas de Rede de Pacotes Comutada (TELEPAC)

#### 1) Acesso Assíncrono através de Rede Telefónica Comutada:

|                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| - Instalação                                          | 1.200\$00         |
| - Assinatura mensal                                   | 660\$00           |
| - Volume de tráfego<br>(mínimo 1/2 segmento=32 bytes) | 117\$00/Ksegmento |
| - Estabelecimento de chamada                          | 2\$20             |
| - Tempo (mínimo 6 segundos)                           | 5\$20/minuto      |

#### 2) Acesso Assíncrono através de Circuito Dedicado:

|                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| - Instalação                                          | 41.500\$00        |
| - Assinatura mensal                                   | 15.700\$00        |
| - Volume de tráfego<br>(mínimo 1/2 segmento=32 bytes) | 117\$00/Ksegmento |

#### Circuito Virtual Comutado

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| - Estabelecimento de chamada | 2\$20        |
| - Tempo (mínimo 6 segundos)  | 1\$20/minuto |

#### Circuito Virtual Permanente

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
|                                        | Mensal     |
| - Entre dois terminais assíncronos     | 10.700\$00 |
| - Entre 1 term. assinc. e 1 term. X-25 | 9.600\$00  |

## **APÊNDICE B**

### **Écrans do Centro de Comando**

## APÊNDICE B - ÉCRANS DO CENTRO DE COMANDO DO SATA

### B.1 - Menu Principal

|                                                                 |                     |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| MENU PRINCIPAL                                                  | 1991/10/12 15:48:58 |
| ***** SATA *****                                                |                     |
| SISTEMA AUTOMÁTICO DE TRANSMISSÃO DE AVARIAS                    |                     |
| Desenvolvido por EFACEC SE/ET para CP                           |                     |
| Versão 1.20 Julho / 1991                                        |                     |
| f1-AJUDA f2-VISUALIZAÇÃO f3-TRANSFERÊNCIA f4-OPÇÕES Alt+f10-FIM |                     |

## B.2 - Ajuda ("Help")

1991/11/20 16:36:04

### DESCRIÇÃO DO TIPO DE ALARMES TRANSMITIDOS PELA UAD

| OCCORRÊNCIAS | DESCRIÇÃO                                     | ESTADO LÓGICO |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------|
| N1 / 1       | PN em anúncio mais de 15 minutos              | 0 / 1         |
| N2 / 2       | Barreiras abertas mais de 30 seg após anúncio | 0 / 1         |
| N3 / 3       | Comando automático/manual                     | 0 / 1         |
| N4 / 4       | PN em manutenção                              | 0 / 1         |
| N5 / 5       | Sinal Rodoviário branco                       | 0 / 1         |
| N6 / 6       | Sinais Rodoviários vermelhos (X1,X2,Y1,Y2)    | 0 / 1         |
| N7 / 7       | Sinais Rodoviários vermelhos suplementares    | 0 / 1         |
| N8 / 8       | Anúncio ascendente (ZAN1)                     | 0 / 1         |
| N9 / 9       | Pedal de libertação (RPD0)                    | 0 / 1         |
| N10 /10      | Anúncio descendente (ZAN2)                    | 0 / 1         |
| N11          | Controlo de lâmpadas (CL)                     | 0             |
| N12/12       | Sinais ferroviários (SPN, KSM)                | 0 / 1         |
| N13/13       | Presença de 24 volt (KC)                      | 0 / 1         |
| N14/14       | Falta de 220 V > 6 horas (TA6h)               | 0 / 1         |
| N15          | Reserva                                       | 0             |
| N16          | Reserva                                       | 0             |

Prima tecla para continuar . . .

1991/11/20 16:37:36

A função TRANSFERÊNCIA (f3) do Menu Principal permite transferir um ficheiro, onde são registados os alarmes ocorridos (SATA.TXT), para uma diskette no drive A, e apagar o ficheiro em disco. Sempre que o programa SATA é inicializado, este ficheiro é aberto em modo "append". Assim, não se perderão os registos anteriores. Logo que este ficheiro ocupe 100KB no disco, é assinalado esse facto com uma indicação no écran "FICH. SATA.TXT C/ XXX KB !!!".

A função OPÇÕES (f4) do Menu Principal permite várias opções no que diz respeito aos Chefes de Equipa e zonas da CP. Permite, então, ACTIVAR ou DESACTIVAR a comunicação para os Chefes de Equipa ou Zonas da CP, no caso de recepção de alarmes. No caso de DESACTIVAR, poderá ser:

- com registo em buffer dos alarmes recebidos, para transmissão à posterior (quando estiver activo)
- sem registo em buffer; neste caso os alarmes recebidos nunca serão transmitidos

No primeiro caso surgirá no écran a seguinte indicação "CHF/C INIB!!!", para os Chefes de Equipa, ou no caso das zonas da CP "TPAC/C INIB!!!". No segundo caso "CHF/S INIB!!!" para os Chefes de Equipa, ou no caso das zonas da CP "TPAC/S INIB!!!".

Prima tecla para continuar . . .

### B.3 - Visualização de Estados de UAD

|                                               |                            |                     |
|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------|
| VISUALIZAÇÃO                                  |                            | 1991/10/12 15:49:16 |
| ***** SATA *****                              |                            |                     |
| SISTEMA AUTOMÁTICO DE TRANSMISSÃO DE AVARIAS  |                            |                     |
| - Estados de U.A.D. / Ficheiro de Ocorrências |                            |                     |
| f2-ESTADOS DE U.A.D.                          | f3-FICHEIRO DE OCORRÊNCIAS | f10-RETORNO         |

VISUALIZAÇÃO DE ESTADOS

1991/10/12 15:49:16  
UAD 5 (MI 014- 34,833 C)

STATUS: config / initdone

CHEFES: 1 / 0011100001110111

TELEPAC: 1 / 0011100001110111

TEMPO MAX. COMUNICAÇÕES: 24 hora(s) // TEMPO PARA TIMEOUT: 1273 mins.

ÚLTIMO TIPO DE MENSAGEM ENVIADA: 01 - MSG1 (Pedido de data e hora)  
91/10/12 13:02:29

SITUAÇÃO ACTUAL DAS ENTRADAS:

N16 N15 N14 N13 N12 N11 N10 N9 N8 N7 N6 N5 N4 N3 N2 N1

<PgUp>-U.A.D. SEGUINTE <PgDn>-U.A.D. ANTERIOR f10-RETORNO

VISUALIZAÇÃO DE ESTADOS

1991/11/20 16:34:19  
UAD 5 (MI 014- 34,833 C)

STATUS: config / initdone

CHEFES: 1 / 0011100001110111

TELEPAC: 5 / 0011100001110111

TEMPO MAX. COMUNICAÇÕES: 24 hora(s) // TEMPO PARA TIMEOUT: 617 mins.

ÚLTIMO TIPO DE MENSAGEM ENVIADA: 02 - MSG2 (Envio de alarmes)  
91/11/20 02:46:38

SITUAÇÃO ACTUAL DAS ENTRADAS:

N16 N15 N14 N13 N12 N11 N10 N9 N8 N7 N6 N5 N4 N3 N2 N1

ÚLTIMO ALARME ENVIADO:

N4

Data e Hora (UAD) - 91/11/20 02:34:16

Data e Hora (PC) - 91/11/20 02:46:38

<PgUp>-U.A.D. SEGUINTE <PgDn>-U.A.D. ANTERIOR f10-RETORNO

B.4 - Visualização de Ocorrências Gerais

| OCORRÊNCIAS/GERAL - pág. 1/6                              |       |            |       | 1991/10/12 15:53:15 |              |                 |   |
|-----------------------------------------------------------|-------|------------|-------|---------------------|--------------|-----------------|---|
| 91/10/12                                                  | 15:35 | -          | - 49  | (SU 004             | - 289,179 B) | -UAD EM SERVIÇO |   |
| 91/10/12                                                  | 15:10 | -          | - 95  | (DO 226             | - 97,814 C)  | -UAD EM SERVIÇO |   |
| 91/10/12                                                  | 14:24 | -          | - 108 | (DO 209             | - 28,257 C)  | -FALHA DE UAD   |   |
| 91/10/11                                                  | 17:41 | - 91/10/11 | 17:41 | - 81                | (SU 029      | - 63,256 B)     | - |
|                                                           |       |            | N9 N8 |                     |              | N1              |   |
| 91/10/11                                                  | 17:41 | - 91/10/11 | 17:40 | - 81                | (SU 029      | - 63,256 B)     | - |
|                                                           |       |            | 9     |                     |              |                 |   |
| 91/10/11                                                  | 17:39 | - 91/10/11 | 17:39 | - 81                | (SU 029      | - 63,256 B)     | - |
|                                                           |       |            | 8     |                     |              | 1               |   |
| <PgUp>-PÁGINA SEGUINTE <PgDn>-PÁGINA ANTERIOR f10-RETORNO |       |            |       |                     |              |                 |   |

B.5 - Visualização de Ocorrências por UAD

|                                                           |       |            |       |     |                     |                     |
|-----------------------------------------------------------|-------|------------|-------|-----|---------------------|---------------------|
| OCORRÊNCIAS / UAD 5 (MI 014 - 34,833 C) -                 |       |            |       |     |                     | 1991/11/20 16:29:47 |
|                                                           |       |            |       |     |                     | pág. 1/1            |
| 91/11/20                                                  | 02:46 | - 91/11/20 | 02:34 | - 5 | (MI 014 - 34,833 C) | -                   |
|                                                           |       |            |       |     | N4                  |                     |
| 91/11/20                                                  | 01:46 | - 91/11/20 | 01:34 | - 5 | (MI 014 - 34,833 C) | -                   |
|                                                           |       |            |       |     | 4                   |                     |
| 91/11/19                                                  | 03:26 | - 91/11/19 | 03:22 | - 5 | (MI 014 - 34,833 C) | -                   |
|                                                           |       |            |       |     | N4                  |                     |
| 91/11/19                                                  | 02:05 | - 91/11/19 | 02:01 | - 5 | (MI 014 - 34,833 C) | -                   |
|                                                           |       |            |       | N7  | 4                   |                     |
| 91/11/19                                                  | 02:03 | - 91/11/19 | 02:00 | - 5 | (MI 014 - 34,833 C) | -                   |
|                                                           |       |            |       | 7   |                     |                     |
| <PgUp>-PÁGINA SEGUINTE <PgDn>-PÁGINA ANTERIOR f10-RETORNO |       |            |       |     |                     |                     |

## B.6 - Visualização de Ocorrências por Zona de Manutenção (Chefes de Equipa)

OCORRÊNCIAS DO CHEFE DE EQUIPA: 1 - pág. 1/1

1991/10/17 14:10:55

|          |       |   |          |       |   |    |                     |                |
|----------|-------|---|----------|-------|---|----|---------------------|----------------|
| 91/10/17 | 13:38 | - | 91/10/17 | 13:37 | - | 20 | (MI 009 - 26,468 C) | -              |
|          |       |   |          |       |   |    | N4                  |                |
| 91/10/17 | 13:18 | - | 91/10/17 | 13:16 | - | 20 | (MI 009 - 26,468 C) | -              |
|          |       |   |          |       |   |    | 4                   |                |
| 91/10/17 | 12:07 | - |          |       | - | 5  | (MI 014 - 34,833 C) | - FALHA DE UAD |

\*\*\*\*\*

FIM DE VISUALIZAÇÃO

\*\*\*\*\*

<PgUp>-PÁGINA SEGUINTE <PgDn>-PÁGINA ANTERIOR f10-RETORNO

## B.7 - Visualização das Comunicações

```

COMUNICAÇÕES
1991/10/12 15:54:52

                                LINHA 1
tim=02  rxf=07  rxs=2  timers[0]=13  L. Telef.=LIVRE  CTS=0  RTS=0
Equipa=1  timers[1]=25  count[1]=0  CHEFTASK

Mensagem recebida - PEDIDO DE DATA E HORA
RXBUF : 33 0D 01 02 00 00 A3 1B 11 29 0C 00 00 81 01 8D 87 0B 11 15

Mensagem transmitida - DATA E HORA
TXBUF : 17 00 21 08 01 18 5B 0A 0C 0F 35 2E 6B A3 41 4E 53 4D 49 54
-----

                                LINHA 2
timstat=00  rxflg=00  rxsize=0  txflg=00  txsize=0
tlpacstat=1  Nó Telepac=6  timers[5]=0

RXBUF : 0D 0A 0D 0A 43 4C 52 20 44 45 52 20 30 30 30 0D 0A 3E 3E 00
TXBUF : 30 32 30 30 31 30 35 37 35 35 38 0D 00 00 00 00 00 00 00 00

f10-RETORNO

```

## **APÊNDICE C**

### **Programa Auxiliar de Ensaaios e Teste**

## APÊNDICE C - PROGRAMA AUXILIAR DE ENSAIOS E TESTE

### C.1 - Objectivos

Em determinada fase do projecto houve necessidade de obter determinadas ferramentas de trabalho, as quais permitissem, por um lado dar certas garantias ao desenvolvimento do software para o CC, por outro lado garantir os prazos previstos para o projecto. Assim, paralelamente ao desenvolvimento específico para o CC, escreveu-se também um programa simples capaz de permitir:

- Simular um Codificador/Descodificador
- Simular uma UAD

O primeiro, com capacidade para testar o software relativo ao Codificador/Descodificador a usar no CC, determinar valores de  $(n,k)$  dado o polinómio  $g(x)$  e vice-versa, e ainda determinar desempenhos de alguns códigos.

O segundo, foi extremamente vantajoso, pois permitiu efectuar testes do protocolo muito antes da existência de qualquer UAD disponível, o que possibilitou testar e validar com uma certa antecedência essa parte do software do CC.

Seguidamente são apresentados alguns extractos relativos à primeira parte desse programa.

### C.2 - Bloco Codificador

*/ \* Determina resto da divisão entre conteúdo dum buffer apontado por pchar de comprimento n\_bits , e o polinómio gx \* /*

```
unsigned long int get_resto (char far *pchar,unsigned int n_bits unsigned long int gx)
```

```
{
  unsigned long int residuo,flag;
  char ch,i,m;
  unsigned int size,q;

  q=n_bits/8;
  size=q+((n_bits%8)!=0);
  residuo=0;
  while (size--) {
    ch=*pchar++;
    if (q-->0)
      m=8;
```

```

else m=n_bits%8;
  for (i=m;i-->0) {
    flag=0;
    if (isset((residuo^(ch)),B0))
      flag=flag>>1;
    residuo=residuo>>1;
    residuo^=flag;
    ch=ch>>1;
  }
}
return residuo;
}

```

**/ \* Codificador - Codifica uma mensagem no buffer apontado por pchar, com k bits de comprimento, numa palavra de código, no mesmo buffer com n bits, dado o polinómio gerador gx** \* /

void coder (char far \*pchar, unsigned int n,unsigned int k, unsigned long gx)

```

{
  unsigned long int resto;
  unsigned int p;
  char far *ptr,i,j,flag1,flag2;

  ptr=pchar;
  for (p=(k-1)/8;p-->0,ptr++); /* Aponta para ultimo byte do buffer */
  resto=get_resto (pchar,k,gx); /* Determina o resto */
  j=n-k;
  while (j-->0) { /* Junta à mensagem os (n-k) bits redundantes */
    if (i%(k%8)) /* permitindo obter a palavra de código de */
      ptr++; /* comprimento n */
    flag1=(char)(resto&B0)<<(k%8);
    flag2=0;
    for (i=k%8;i-->0)
      flag2=flag2|(B0<<(i-1));
    *ptr=(*ptr & flag2)|flag1;
    resto=resto>>1;
    k++;
  }
}

```

### C.3 - Bloco Descodificador

**/ \* Descodificador - Descodifica uma palavra de código no buffer apontado por pchar, de comprimento n e obtém a mensagem no mesmo buffer de comprimento k, de acordo com o polinómio gerador gx** \* /

unsigned int decoder (char far \*pchar, unsigned int n,unsigned int k, unsigned long gx)

```

{
  char far *ptr,i,flag;

```

```

flag=0;
if (lget_resto(pchar,n,gx)) {
    ptr=pchar;
    for (i=(k-1)/8;i--;ptr++);
    if (k%8) {
        for (i=k%8;i--);
        flag=flag|(B0<<(i-1));
        *ptr=*ptr & flag;
    }
    return k;
}
else
    return (FALSE);
}

```

/\* Aponta para ultimo byte do buffer, se este contiver bits redundantes  
/\* retira-os desse byte  
/\* Devolve k se a palavra de código descodificada estiver correcta ou ...  
/\* ... FALSE se for detectado erro

#### C.4 - Determinação dos Parâmetros dum Código

```

/ * Coloca X^n + 1 num buffer, devolvendo um apontador para esse buffer * /
char far *divisor_X (unsigned int n)
{
    unsigned int i;
    char far *ptr,car, far *bufp;

    if(bufp=(char far*)malloc(n/8+1)) {
        ptr=bufp;
        car=B0;
        for (i=n/8;i--);
        *ptr++=0;
        *ptr=car<<(n%8);
        ptr=bufp;
        *ptr=*ptr|car;
    }
    return bufp;
}

/ * Apresenta na última linha do écran a informação apontada por 'strp' */
void last_line (char far *strp)
{
    gotoxy (FIRST_X, LAST_Y-1);
    delline();
    textattr (LIGHTGRAY<<4);
    cprintf ("%s",strp);
    textattr(YELLOW+(BLUE<<4));
}

```

```

/ *   Apresenta gx na forma polinomial, dado o seu valor em hexadecimal e grau
                                           * /
void polinomio (unsigned long gx,unsigned int grau)
{
    unsigned long word;                /* O bit mais significativo será o coeficiente de ...   * /
                                       /* ... x de expoente 0 (mais baixo)                * /
    word=B0;
    cprintf ("%lx - ",gx);
    for (;grau;grau--) {
        if (gx & word)
            cprintf ("X^%d + ",grau);
        word=word<<1;
    }
    if (gx & word)
        cprintf ("1 \n\r");
    else
        cprintf ("0 \n\r");
}

/ *   Obtém polinómio gx dado (n,k), seleccionando todos os polinómios de grau
      (n-k) e divisíveis por X^n + 1
                                           * /
unsigned long get_gx (unsigned int n,unsigned int k)
{
    unsigned long residuo,s,j,px;
    char far *ptr,i,str[80],p;

    i=0;
    px=0;
    s=(unsigned long)ldexp(1,n-k);
    j= (unsigned long)ldexp(1,n-k-1)-1;
    ptr=divisor_X(n);
    if (ptr) {
        do {
            px=s+1+(j<<1);
            residuo=get_resto (ptr,n+1,px);
            if (!residuo) {
                polinomio (px,n-k);
                if (i==10) {
                    do {
                        i=0;
                        strcpy (str,"Para continuar prima (c)");
                        last_line (str);
                        p=getch();
                    }while (p!='c');
                    window (FIRST_X,ABCISSA_Y-2,LAST_X,LAST_Y);
                    clrscr();
                    window (FIRST_X,FIRST_Y,LAST_X,LAST_Y);
                    strcpy (str," Aguarde por favor , estou a efectuar cálculos !... ");
                    last_line (str);
                }
            }
        } while (ptr);
    }
}

```

```

        gotoxy (FIRST_X,ABCISSA_Y-2);
    }
    i++;
}
} while (j--);
}
free (ptr);
return px;
}

```

**/\* Obtém (n,k) dado o polinómio gerador px e informação se é código BCH ou não, procurando qual o valor de n que torna  $X^n + 1$  divisível por px. O valor de k é determinado sabendo que o polinómio gerador px tem grau (n - k) \* /**

DATA far \*get\_nk (unsigned long px,char bch)

```

{
    unsigned long flag,residuo;
    unsigned int i,j,m;
    DATA far *datap;
    char far *ptr;

    datap=&data;
    flag=B31;
    i=32;
    do {
        residuo =px & flag;
        flag=flag>>1;
        i--;
    } while (!residuo);
    m=i;
    j=(unsigned int)(log(m)/log(2));
    do {
        if (bch) /* Se código BCH , então  $n = 2^m - 1$  , m=1,2,... * /
            m=ldexp(1,j++)-1;
        else
            m++;
            if(ptr=divisor_X(m))
                residuo=get_resto(ptr,m+1,px);
            free(ptr);
    } while (residuo && ptr);
    if(!residuo) {
        datap->n=m;
        datap->k=m-i;
    }
    else {
        datap->n=0;
        datap->k=0;
    }
    return datap;
}

```

**APÊNDICE D**  
**PROSPECTOS DO SATA**



## SISTEMA AUTOMÁTICO DE TRANSMISSÃO DE AVARIAS DE PASSAGENS DE NÍVEL (SISTEMA SATA)

Divisão SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E TRACÇÃO

A EFACEC, Divisão de Sistemas de Sinalização e Tracção, assinou um contrato com a CP-Gabinete de Acessos e Atravessamentos Rodoviários ao Caminho de Ferro, para o fornecimento, em «chave na mão», de um Sistema Automático de Transmissão de Avarias para 214 Passagens de Nível Automáticas instaladas pela EFACEC. Este sistema, denominado SATA, destina-se a dar apoio ao Serviço de Manutenção e Reparação das referidas PN, a cargo da Divisão Sistemas de Sinalização e Tracção.

O objectivo deste sistema é transmitir em tempo quase real a situação de anomalias das referidas PN, apesar da grande dispersão geográfica das PN, situadas de Norte a Sul do País, através de linhas telefónicas não dedicadas dos CTT ou TLP, e utilizando meios informáticos. Para tal cada PN é equipada com uma unidade de aquisição de dados (UAD) constituída por um microcontrolador e um modem ligado à referida linha telefónica.

O referido microcontrolador dispõe de 16 entradas digitais, devidamente filtradas e isoladas galvanicamente através de «optocouplers», estando ligadas a contactos eléctricos dos relés de comando da PN. Assim é possível discriminar vários tipos de anomalias, que depois de tratadas e datadas são enviadas através do modem para o centro de comando da Manutenção instalado na EFACEC. Quando há uma mudança de estado das anomalias o microcontrolador dá ordem ao modem para abrir a linha telefónica pondo-se em comunicação com o computador do centro de comando. A mensagem é constituída pela identificação da PN, tipo de anomalia, mudança de estado e data, hora e minuto da mudança de estado da anomalia. É usado um protocolo adequado que permite a detecção automática dos erros de transmissão com elevado segurança. A mensagem só é considerada transmitida quando o microcontrolador receber do centro de comando a confirmação da aceitação da referida mensagem.

Se a linha estiver ocupada ou a transmissão não for aceite, o modem voltará a ligar de acordo com uma lógica adequada, até que seja feita a transmissão em correctas condições.



Na UAD foram previstas duas funções específicas, respectivamente a anulação do alarme na PN (quando não houver anomalias após um certo tempo), assim como a possibilidade de utilizar a linha telefónica em fonia desde que não esteja nenhuma transmissão em curso. Além destas mensagens de anomalias, a UAD está programada para emitir uma mensagem de controlo após ter passado um determinado tempo sobre a última mensagem transmitida. Desta maneira, se o centro de comando não receber a referida mensagem, emitirá um alarme para o operador do sistema.

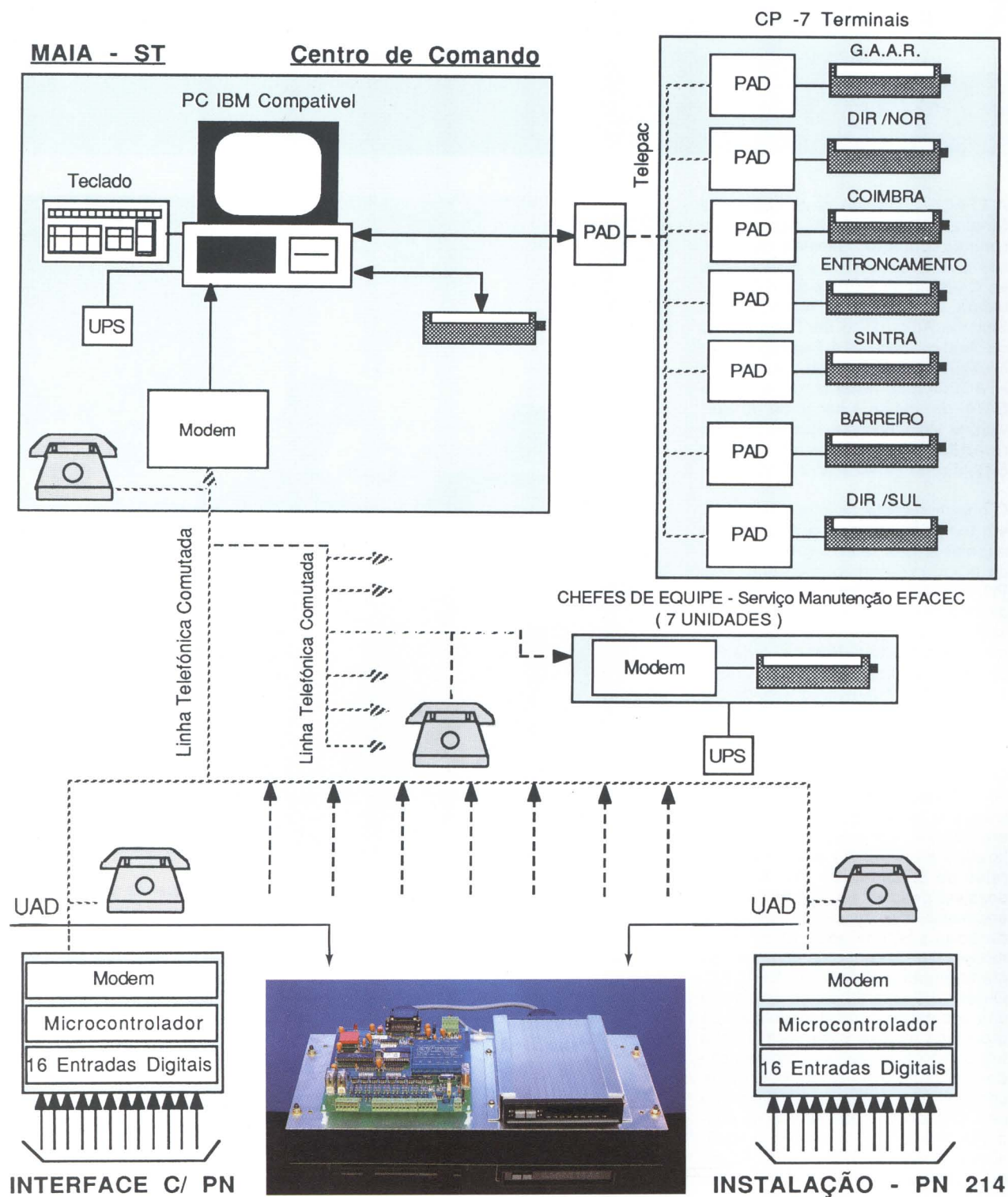
O centro de comando é constituído por computador em operação permanente e ligado a modem que recebe as mensagens transmitidas via telefone, estando ligado à impressora que regista as mensagens em linguagem clara. Além disso o referido computador trata e guarda a informação rece-

bida e comunica através da rede telepac com impressoras instaladas nas várias áreas da CP, que registam as anomalias das PN que lhes são atribuídas e também com os responsáveis das equipas de manutenção da EFACEC (neste caso a transmissão faz-se através de linha telefónica não dedicada).

Este sistema inovador foi desenvolvido com a participação da CP e da Divisão de Electrónica Industrial da EFACEC, que concebeu o hardware do microcontrolador da UAD assim como a programação do computador do centro de comando, baseado na sua larga experiência de Telecomandos Industriais.

O sistema SATA encontra-se em fase de instalação e vai permitir uma gestão mais optimizada do serviço de Manutenção, resultando um melhor serviço e uma melhor gestão, quer para a CP quer para os utentes das estradas.

**DIAGRAMA DE BLOCOS - Sistema Automático de Transmissão de Avarias de Passagens de Nivel Automáticas da CP - SATA**



**EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.**

Divisão Sistemas de Sinalização e Tracção

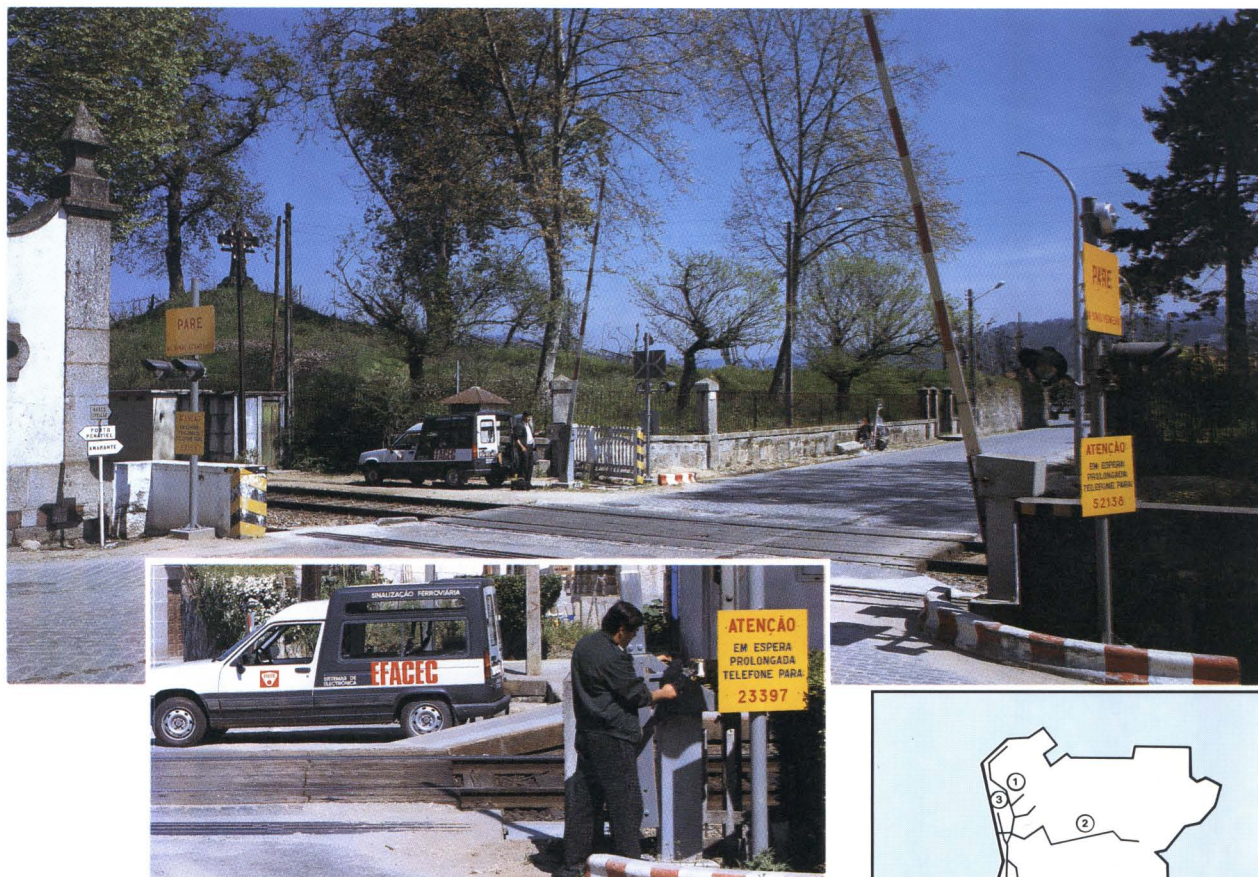
Rua. Eng.º Frederico Ulrich — Apartado 31 Guardelinas

4470 Maia — Telefone 941 36 66 — Telefax 948 54 28 — Telex 25448 EFAGSE P



# SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DE PASSAGENS DE NÍVEL AUTOMATIZADAS DA CP

Divisão SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E TRACÇÃO



A EFACEC através da sua Divisão Sistemas de Sinalização e Tracção assinou um contrato com a CP no fim de 1989 para a manutenção e reparação de 214 Passagens de Nível Automatizadas, fornecidas pela EFACEC.

Este contrato tem a duração de três anos e a EFACEC obriga-se à criação progressiva duma estrutura humana de sete equipas localizadas de Norte a Sul do país de modo a realizar o serviço em causa.

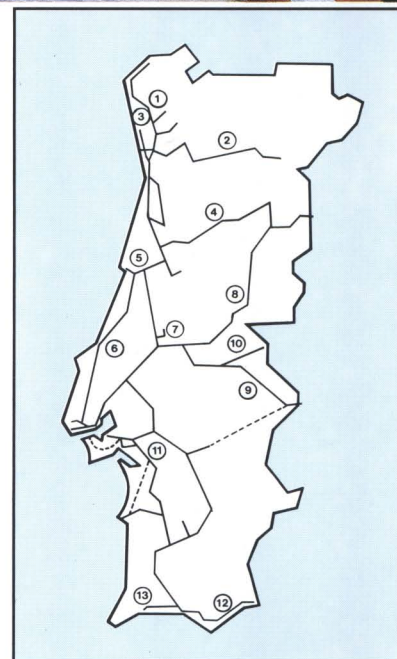
Na mesma altura a EFACEC assinou também o fornecimento de um Sistema Automático de Transmissão de Anomalias das Passagens de Nível (SATA), que está em curso de montagem. Este sistema que utiliza a rede telefónica comu-

tada, vai permitir otimizar a gestão do Serviço de Reparação de Avarias.

## Localização geográfica

N.º de PN

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 — Linha do Minho .....       | 32 |
| 2 — Linha do Douro .....       | 23 |
| 3 — Linha da Póvoa .....       | 2  |
| 4 — Ramal da Lousã .....       | 10 |
| 5 — Ramal de Alfaias .....     | 5  |
| 6 — Linha do Oeste .....       | 49 |
| 7 — Ramal de Tomar .....       | 5  |
| 8 — Linha da Beira Baixa ..... | 10 |
| 9 — Linha do Leste .....       | 12 |
| 10 — Ramal de Cáceres .....    | 5  |
| 11 — Linha do Sado .....       | 8  |
| 12 — Linha do Sul .....        | 41 |
| 13 — Ramal de Lagos .....      | 12 |



## EFACEC Sistemas de Electrónica, S.A.

Divisão Sistemas de Sinalização e Tracção

Rua. Eng.º Frederico Ulrich — Apartado 31 Guardedeiras

4470 Maia — Telefone 941 36 66 — Telefax 948 54 28 — Telex 25448 EFAGSE P

**REFERÊNCIAS  
&  
BIBLIOGRAFIA**

**REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA**

- [1] D. J. MORRIS (1977)  
Introduction to Communication Command and Control Systems  
Pergamon Press
- [2] R. G. Willson e N. Squibb (1986)  
Broadband Data Communications and Local Area Networks  
Collins Professional and Technical Books
- [3] Andrew S. Tanenbaum (1989)  
Computer Networks  
Prentice-Hall International Editions
- [4] James F. Mollenauer (1988)  
Standards for Metropolitan Area Networks  
IEEE Communications Magazine (Vol.26, Nº4, Abril 1988)
- [5] William Stallings (1985)  
Data and Computer Communications  
Addison Wesley
- [6] Yves Baumgartner (1991)  
Remote Management Systems for Payphones  
Telecommunications (Vol.25, Nº2, Fevereiro 1991)
- [7] Rede OSCAR, Descrição Genérica  
Estudo Nº8303.00 - Divulgação CET/CTT
- [8] Bernard Sklar (1988)  
Digital Communications, Fundamentals and Applications  
Prentice-Hall International Editions
- [9] Arnold M. Michelson e Allen H. Levesque (1985)  
Error Control Techniques for Digital Communication  
Wiley-Interscience
- [10] Edward A. Lee e David G. Messerschmitt (1988)  
Digital Communication  
Kluwer Academic Publishers

- [11] Richard E. Blahut (1983)  
Theory and Practice of Error Control Codes  
Addison Wesley
- [12] Dogan Tugal e Osman Tugal (1982)  
Data Transmission Analysis, Design, Applications  
McGraw-Hill Book Company
- [13] David G. Messerschmitt (1986)  
Design Issues in the ISDN U-Interface Transceiver  
IEEE Journal on Selected Areas in Communications (Vol. SAC-4, Nº 8,  
Novembro 1986)
- [14] David H. Sargrad e James W. Modestino (1990)  
Errors-and-Erasures Coding to Combat Impulse Noise on Digital  
Subscriber Loops  
IEEE Transactions on Communications (Vol. 38, Nº 8, Agosto1986)