

Sistema de Televislância suportado na RDIS

José P.O. Santos, Fernando M. S. Ramos, Osvaldo A. Santos

Resumo - Este artigo apresenta uma proposta de um sistema de televislância suportado pela RDIS.

O artigo encontra-se organizado em várias secções contemplando cada uma delas os seguintes aspectos: arquitectura do sistema e serviços RDIS, descrição funcional, análise e projecto estruturado, análise de desempenho do sistema proposto, e ainda conclusões sobre cada uma das secções anteriores

Este sistema é composto por uma estação central (EC) de televislância e por uma ou várias estações remotas (ERs) que comunicam através da RDIS. O sistema permite a transferência de imagens fixas ou móveis das ERs para a EC, sendo a iniciativa do estabelecimento de cada comunicação da responsabilidade do operador da EC, ou da ER; neste último caso a comunicação é estabelecida sempre que haja uma situação anómala correspondente à activação de um dos sensores da ER.

Como veremos a análise de desempenho do sistema permite concluir que o seu desempenho é adequado para a aplicação para que foi planeado e que as características da RDIS são apropriadas para o suporte deste tipo de aplicação.

Abstract - This article is a proposal of a telesurveillance system based on the ISDN - Integrated Services Digital Network.

The article is structured in several sections covering the following subjects: system architecture and ISDN services, functional description, structured analysis and project, and performance evaluation of implemented system.

The basic components of the system are a central telesurveillance station and one or several remote stations, that communicate through the ISDN. The purpose of the system is to allow the transfer of images (still or moving pictures) from the remote station whenever it is requested by the operator of the central station or when an abnormal situation occurs in a remote station; in this latter case this is related with the activation of one of the sensing devices installed in the remote station. The performance evaluation of the system leads to the conclusion that its behaviour is appropriate to its purpose, and also that ISDN provides a good support, for this type of application.

I. ARQUITECTURA DO SISTEMA E SERVIÇOS RDIS

O sistema proposto é constituído por um conjunto de estações remotas de vigilância equipadas com câmaras de vídeo, que permitem a transferência de imagens para uma

estação central a pedido do seu operador ou por iniciativa da própria estação remota no caso de ocorrer um alarme. A comunicação entre a estação central e as estações remotas é efectuada através da RDIS, utilizando para este efeito acessos básicos RDIS (2B+D), estando por isso cada estação equipada com uma placa de rede [1] PCBIT.

Na EC pretende-se basicamente visualizar imagens obtidas pelas câmaras de uma das ERs existentes.

Em vigilância de tipo convencional, os vigilantes no local podem dar o alarme ou tomar algumas acções quando uma situação anormal ocorre. Para compensar, com vantagem, a ausência de vigilantes no local este sistema deve possuir sensores e actuadores nas ERs.

Pretende-se que as ERs tenham sensores (ex. sensores de presença, fogo,...) para detectar anomalias nas instalações protegidas e poderem dessa forma tomar a iniciativa de ligar para a central a avisar do sucedido. Nessa altura a EC deve (se for conveniente) pedir imagens dessa ER.

A partir da EC o vigilante deve poder accionar automatismos (tais como: Sirenes, Trincos eléctricos, máquinas...) na instalação a proteger tal como o poderia fazer se lá estivesse presente.

TABELA 1
PARÂMETROS QUE CARACTERIZAM O SUPORTE DE COMUNICAÇÃO RDIS USADO PELO SISTEMA.

Parâmetros RDIS	serviços de comunicação RDIS, usadas pelo sistema proposto
capacidade de transferência	Voz, Informação digital não restrita.
Modo de transferência	Modo circuito
Taxa de transferência	64 Kbit/s
Configuração da estação do utilizador	Ponto a Ponto / Multiponto
Estabelecimento de ligação	pedido circuito permanente
Simetria de transmissão	Bidireccional
	Protocolos utilizados na pilha protocolar do utilizador
camada 1	Recomendações do CCITT I430/1 algoritmo de codificação de voz
camada 2	Recomendações do CCITT I440/1 (LAPD)
camada 3	não é usada

Este sistema deverá permitir vigiar instalações, dispersas geograficamente, de uma forma centralizada com redução de mão de obra e respectivos custos. Deverá também permitir um controlo de acessos a instalações com a visualização dos utilizadores.

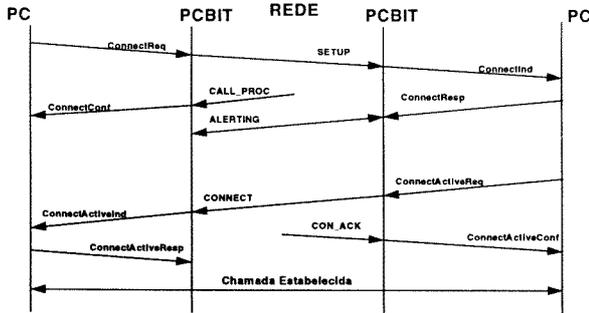


Fig. 1: Sinalização (canal D) necessária para o estabelecimento de uma ligação em comutação de circuitos no canal B.

Dado que a RDIS pode fornecer vários tipos de suportes de comunicação, nomeadamente comutação de pacotes e comutação de circuitos, com diferentes taxas de transmissão, são apresentadas na tabela seguinte os principais parâmetros suportados pela RDIS e utilizados pelo sistema.

Uma aplicação que queira aceder aos protocolos de transmissão sobre os canais B utilizando a placa de rede PCBIT, como é o caso do sistema proposto, deve começar por estabelecer a chamada RDIS como se pode ver na figura 1.

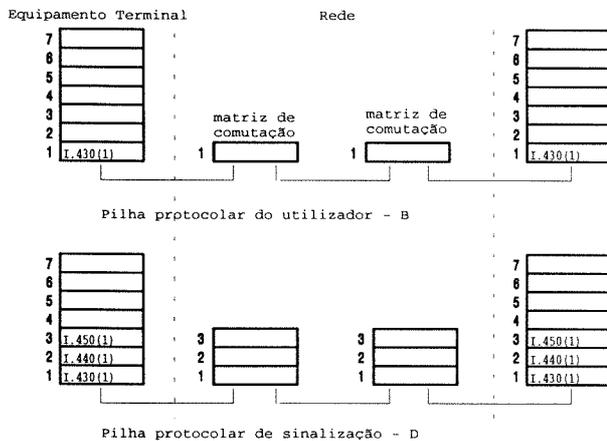


Fig. 2: Arquitectura do Protocolo para Ligação em Comutação de Circuitos

Após esta troca de mensagens de sinalização com sucesso entre o TE e rede através da pilha de protocolos de sinalização [2], a rede pode disponibilizar ao utilizador um canal de transmissão através da pilha de protocolos do utilizador ou através da própria pilha de protocolos de sinalização (fig. 2). Existem três tipos de ligações possíveis: Ligação em modo circuito nos canais de dados, ligação em modo pacote nos canais de dados e ainda

ligação em modo pacote no canal D. O sistema proposto utiliza apenas a ligação por comutação de circuitos com os protocolos indicados. Na RDIS e neste tipo de ligação a sinalização é feita fora da banda, esta situação tem a vantagem de permitir a notificação de uma nova chamada mesmo que já esteja a decorrer outra, o que é particularmente útil quando já existe uma ligação estabelecida entre a EC e uma ER, e ocorre um alarme noutra ER. Nessa altura o serviço suplementar *User to User Signalling* - UUS é usado para notificar a EC da ocorrência da anomalia.

Após o estabelecimento de ligação estar concluído, a aplicação deve proceder à selecção do protocolo (fig. 3) que quer usar na pilha de protocolos do utilizador B recorrendo à mensagem *SelectProtocolReq*, que informa a placa PCBIT local dos protocolos pretendidos. Se a placa puder aceitar essa selecção responde com a mensagem *SelectProtocolConf*; remotamente a(s) outra(s) aplicação(s) deverão fazer o mesmo nos seus PCBIT respectivos.

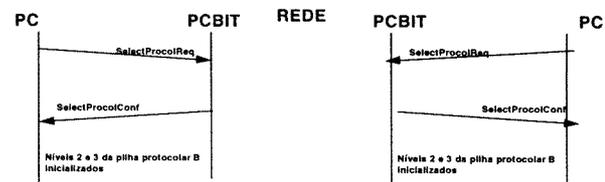


Fig. 3: Selecção do protocolo dos níveis 2 e 3 da pilha de protocolos do utilizador.

As aplicações que queiram usar transparentemente o nível 3 da pilha de protocolos do utilizador, têm à sua disposição um conjunto de mensagens de acesso directo ao nível 2 exclusivamente para o protocolo LAPD, nesse caso deverão na mensagem *SelectProtocolReq*, seleccionar o protocolo LAPD (fig. 2) para o nível 2. Depois de seleccionado este protocolo é necessário enviar para a API e desta para a RDIS pelo canal B as seguintes mensagens:

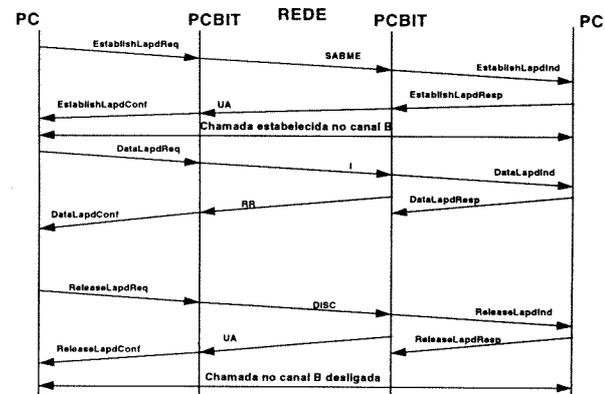


Fig. 4: Mensagens (canal B) necessárias para o estabelecimento de uma ligação LAPD no canal B.

II. DESCRIÇÃO FUNCIONAL

O sistema proposto [7], sistema de televigilância suportado pela RDIS (fig. 5), é constituído por um conjunto de ERs equipadas com câmaras vídeo que permitem a transferência de imagens para uma EC, a pedido do operador da EC ou por iniciativa das ERs no caso de ocorrer uma situação anómala.

A comunicação entre a EC e as ERs é efectuada através da RDIS, com base numa interface de acesso básico (2B+D).

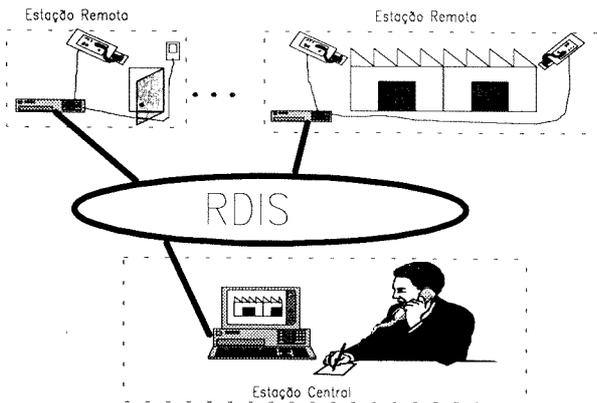


Fig. 5: Arquitectura do sistema de televigilância suportado pela RDIS

O sistema proposto é baseado em dois tipos de estações, a estação central (EC) e a estação remota (ER). A EC é baseada num computador do tipo PC compatível (de preferência com processador 486/66Mhz), equipado com:

- Carta de comunicações PCBIT, esta carta [1] dispõe de um interface com a RDIS do tipo 2B+D (acesso básico), e de um interface com a aplicação definido na API.
- Carta de processamento de imagens, esta carta é baseada no processador de sinal C30 e destina-se a suportar os algoritmos de compressão/descompressão de imagens.
- Carta gráfica SVGA (800*600 pixel) com 32000 cores
- Monitor policromático SVGA

Cada ER é igualmente baseada num computador de tipo PC compatível (de preferência com processador 486/33 Mhz ou superior), equipado com:

- Carta de comunicações PCBIT
- Carta de processamento de imagens, esta carta é idêntica à utilizada na EC, mas dispõe adicionalmente, de um interface baseado em ADCs para a aquisição e digitalização das imagens provenientes das câmaras.
- Carta de sensores e actuadores, esta carta permite a ligação de sensores e actuadores do tipo *on/off*

O sistema permite a aquisição e transferência de imagens a preto e branco com resolução espacial de 144*180 *pixel* e resolução tonal de 256 níveis de cinzento com um ritmo

de transferência de 8 imagens/segundo, e ainda a aquisição e transferência de imagens a cores com 288*360 *pixel* e 32000 cores. Em ambos os casos as imagens são previamente comprimidas na ER antes de serem enviadas para a EC; no caso das imagens a preto e branco é usado um algoritmo proprietário [3] baseado no cálculo de imagens diferença, e no caso das imagens a cores é usado o algoritmo [4] JPEG.

A carta de aquisição e processamento de imagens utilizada dispõe de seis entradas independentes de canais de vídeo, o que permite a ligação de um máximo de seis câmaras a preto e branco, ou de duas câmaras a cores RGB, ou ainda a ligação de uma câmara RGB e três a preto e branco.

Como vimos o estabelecimento de uma ligação entre a EC e as ERs pode ser da iniciativa de qualquer uma delas. No caso da iniciativa ser da EC tal resulta de uma acção nesse sentido por parte do respectivo operador; no caso da iniciativa partir da ER tal resulta de se ter verificado uma situação anómala a que corresponde a activação de um sensor. Dado que numa ER podem existir diversas câmaras e sensores, o sistema permite, para cada ER, definir uma correspondência entre câmaras e sensores, de tal forma que quando um dado sensor é activado a ER transmitirá imagens provenientes da câmara correlacionada com o sensor activado.

A EC permite a visualização simultânea de uma imagem fixa e outra móvel. As imagens a preto e branco podem ser visualizadas no formato original (144*180 *pixel*), ou expandidas para uma área quádrupla (288*360 *pixel*).

Numa ER é possível que, mesmo sem existir comunicação estabelecida com a EC, esteja a ser efectuada a aquisição de imagens de alta resolução, as quais são armazenadas num *buffer* circular com capacidade para armazenar 4 imagens. Esta facilidade permite que, em caso de activação de um sensor, sejam guardadas na ER as duas imagens adquiridas imediatamente antes e as duas imagens adquiridas imediatamente após o instante do alarme. Esta sequência de quatro imagens, designada por pré-imagens, é guardada na ER podendo por iniciativa do operador da EC, virem a ser transferidas para visualização e armazenamento na EC.

O sistema permite ainda, que por iniciativa do operador da EC e na situação de estar estabelecida uma comunicação com transferência de imagem móvel, suspender temporariamente este modo de operação para ser obtida uma imagem de alta resolução (288*360 *pixel*) que poderá ser a cores ou a preto e branco consoante o tipo da câmara seleccionada. Esta facilidade pode ser usada sempre que a resolução limitada da imagem móvel não seja suficiente para caracterizar um dado pormenor.

A utilização da RDIS como rede de suporte neste sistema resulta desta rede ter algumas características particulares, algumas das quais não disponíveis noutras redes, nomeadamente:

- Canais de transferência de informação em modo circuito a 64 Kbits/s

- Disponibilidade do serviço UUS (User to User Signaling) usado para a transferência da ER para a EC das informações sobre os sensores.
- Tempo de estabelecimento de ligação em modo circuito da ordem dos 4 segundos
- Possibilidade de ligar até oito ERs no mesmo acesso básico.
- Tendência para a disponibilidade universal de acessos.

A. Facilidades da estação central

A EC permite ao operador o controlo da configuração e operação do sistema, quer no que respeita à EC quer no que respeita às ERs.

Estas facilidades estão disponíveis no écran principal da EC, e estão agrupadas nos seguintes menus:

- Configuração
 - Configuração da EC

- Configuração da ER
- Operação
- Alteração
- Visualização

Nos parágrafos seguintes são detalhadas as facilidades disponíveis em cada um destes menus.

A.1. Configuração da estação central:

Esta opção (fig. 6) permite ao operador definir os atributos da EC: nome, endereço e sub endereço RDIS e chave de acesso. A chave de acesso é fundamental para que alterações futuras da própria configuração da EC sejam aceites.

Estes atributos (ex. endereço da EC) são comunicados à ER quando da sua configuração, para que esta possa contactar a EC no caso de ocorrer um alarme.

Fig. 6: Configuração da estação central.

A.2. Configuração da estação remota

Esta opção (fig. 7) permite ao operador gerir a configuração das ERs instaladas. Para este efeito o operador pode *Inserir*, *Alterar* ou *Remover* ERs.

Cada ER é caracterizada por um conjunto de atributos: nome, endereço RDIS, sub endereço RDIS, chave de acesso, câmaras existentes e sensores. Estes atributos, definidos durante a operação de inserção ou alteração de uma ER, são comunicados pela EC à ER, só sendo

considerados atribuídos depois de aceites pela ER. Os atributos: sensores e câmaras podem ser correlacionados por forma que a ocorrência de um alarme e o consequente accionamento de um sensor (1 a 8) determine que sejam vistas imagens da câmara indicada (F1 a F8) na EC.

Quando uma ER é inserida a EC fica com uma cópia desses atributos. Quando a ER é configurada recebe não só os seus atributos, mas também o endereço e sub endereço da EC. Depois de uma ER ter sido inserida só é possível alterar os seus atributos ou removê-la conhecendo

a sua chave de acesso. A remoção de uma ER tem duas consequências: a eliminação dos atributos da EC existente na ER e a eliminação dos atributos dessa ER da lista das ERs, existente na EC. Por isso, após a remoção de uma ER

esta fica impossibilitada de estabelecer ligação para a EC mesmo quando um dos seus sensores é accionado, e a EC deixa de a reconhecer não sendo permitido ao operador seleccioná-la.

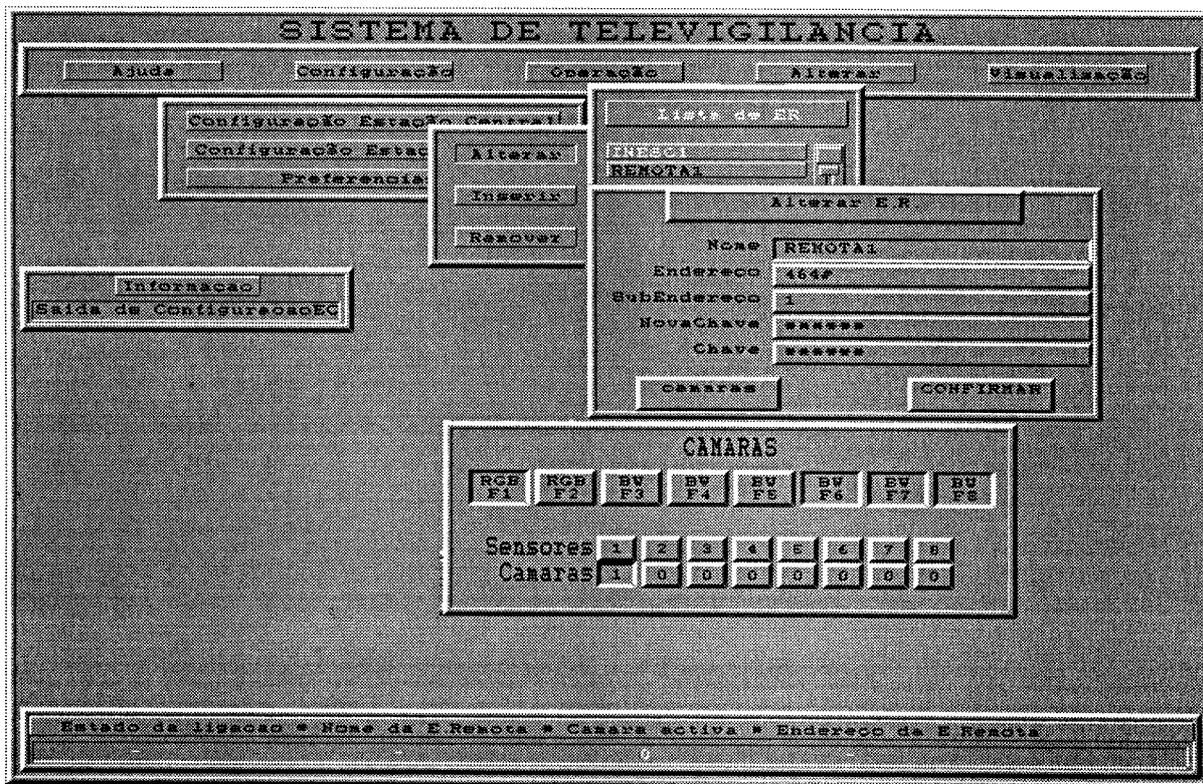


Fig. 7: Configuração da estação remota

A.3. Operação

Esta opção (fig. 8) permite ao operador da EC activar ou terminar a recepção de imagens provenientes uma câmara remota.

Quando o operador selecciona esta opção é lhe apresentada uma lista das ERs configuradas (fig. 8). Depois de seleccionada uma das ERs são-lhe apresentadas as câmaras disponíveis nessa ER. Logo que o operador escolhe a câmara de onde pretende obter imagens é iniciado o processo de estabelecimento da ligação de rede com a ER seleccionada. Quando a ligação se encontrar estabelecida é transmitida para a ER a ordem para começar a adquirir e enviar imagens da câmara escolhida para a EC.

Ao escolher a câmara o operador selecciona implicitamente o tipo de imagem que pretende obter, imagem fixa (a cores ou a preto e branco) ou imagem móvel a preto e branco. No caso do operador seleccionar uma imagem fixa pode definir qual a qualidade de imagem visual que pretende alterando as tabelas de quantificação: *Muito Boa*, *Boa*, ou *Razoável*; convém notar que uma

qualidade elevada implica maior demora na compressão e transmissão da imagem fixa.

Por *Terminar* entende-se o fim da ligação com a ER e consequentemente o fim da recepção de imagens.

A.4. Alteração

Esta opção (fig. 9) permite ao operador, seleccionar outra *Câmara*, *Parar*, *Continuar* ou *Gravar*.

Por seleccionar outra *câmara* entende-se o envio de uma mensagem para a ER com a indicação da nova câmara de onde se pretende obter imagens.

Por *Parar* entende-se a suspensão do envio de imagens móveis continuando a ligação com a ER activa.

Por *Continuar* entende-se a continuação da recepção de imagens móveis vindas da ER.

Por *Gravar* entende-se a gravação em disco na EC da imagem a cores presente no écran. A imagem fixa a cores será gravada com a indicação da câmara, do dia e da hora em que foi obtida, num ficheiro com um nome escolhido pelo operador.

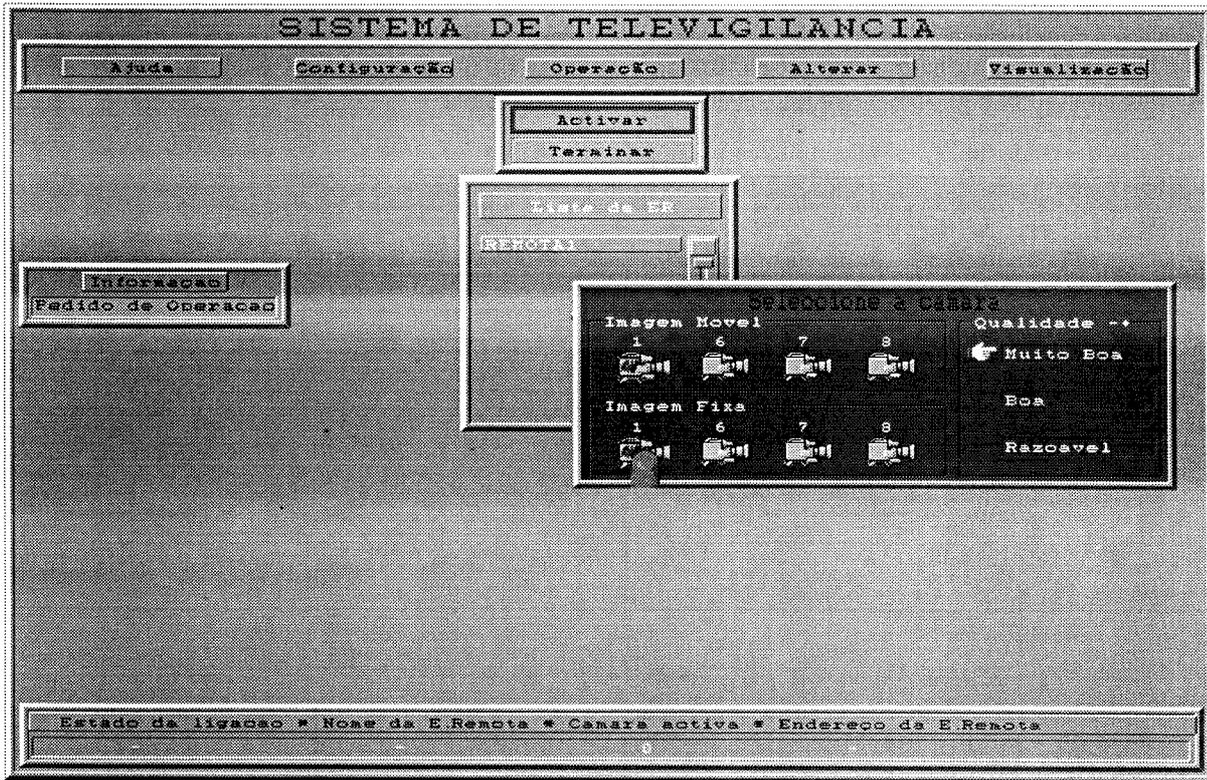


Fig. 8: Activar a recepção de imagens - Selecção da ER



Fig. 9: Alterar a câmara de onde se obtêm imagens.

III. ANÁLISE E PROJECTO ESTRUTURADO

Para o desenvolvimento deste sistema, e antes do mesmo começar a ser implementado, foram usadas técnicas de análise e projecto estruturado.

Para a análise estruturada foi seguida a metodologia proposta por Yourdon [5]. A figura 10 apresenta o modelo Ambiente do sistema em análise.

Na análise estruturada, utilizando diversas ferramentas como os diagramas de fluxos de dados - DFD, dicionário de dados - DD e especificação de processos - EP, foram descritos os fluxos de dados, os armazéns, e ainda as diversas operações que o sistema a desenvolver deverá, respectivamente, tratar, possuir e efectuar para que os requisitos inicialmente especificados sejam cumpridos [7].

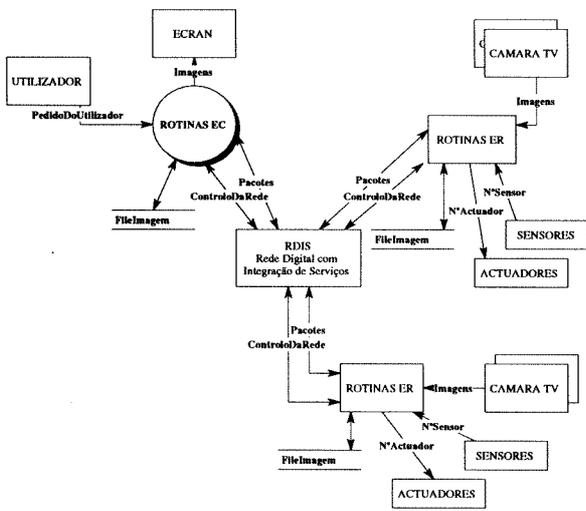


Fig. 10 : Modelo ambiente do sistema de televigilância

A figura 11 apresenta o diagrama de fluxo de dados do modelo de comportamento do sistema em análise.

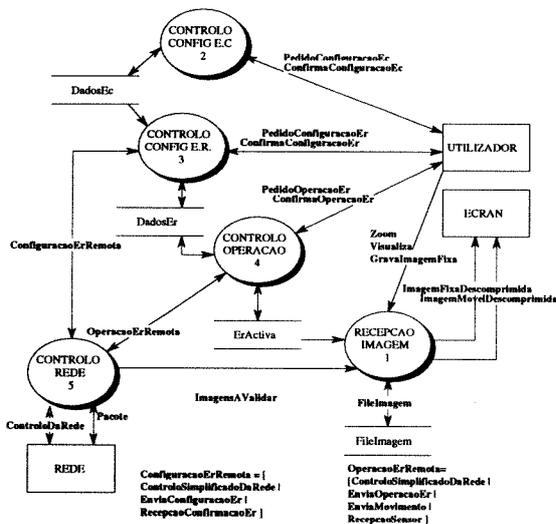


Fig. 11 - DFD 0: Rotinas EC

Usando as especificações criadas pela análise estruturada poderíamos começar logo a implementar o sistema, no entanto antes de o fazermos é conveniente considerar um conjunto de aspectos relacionados com o ambiente e com o tipo de tecnologia sobre a qual se irá implementar o sistema - projecto estruturado.

Com este objectivo Yourdon [5 - CAP22] propõe a criação de um diagrama de estrutura inicial (fig. 12), através da aplicação de técnicas de análise transformacional ou de análise transaccional [5-Cap22] [6] ao modelo de comportamento do sistema.

Neste caso como existem dois centros de transacção de fluxos, dado que os fluxos provenientes do *Utilizador* e os fluxos provenientes da *Rede* consoante o seu tipo são encaminhados para processos diferentes permitindo completar o seu processamento [6], optou-se pela análise transaccional, aliás Yourdon e Constantine referem que este tipo de análise se costuma adaptar particularmente bem a sistemas de tempo real com os processos de controlo e aquisição de dados.

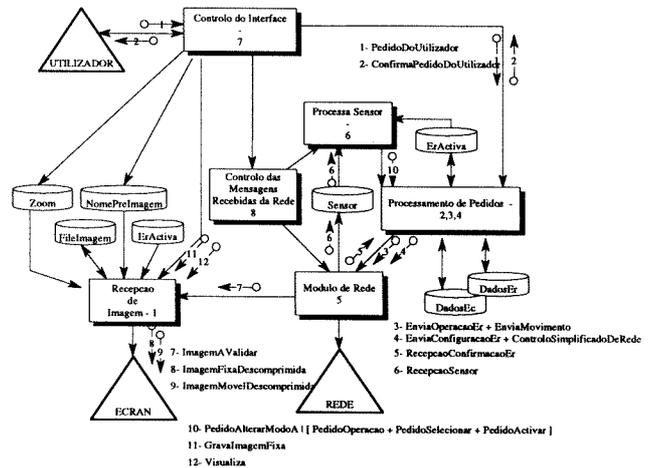


Fig. 12: Diagrama de estrutura inicial

Com base no diagrama de estrutura desenvolvido no Projecto estruturado, mais exactamente, com base nos módulos especificado (correspondendo cada módulo a uma ou várias rotinas) foi então implementadas o sistema.

IV. ANÁLISE DE DESEMPENHO

Esta secção tem como objectivo determinar o desempenho do sistema proposto [7], sob duas perspectivas: tempo de resposta do sistema a pedidos provenientes do operador ou da ER quando esta detectar situações anómalas.

Para o desenvolvimento do *software* da EC e da ER e para as medições efectuadas nesta secção foram usados: computadores baseados no processador Intel486 com o sistema operativo DOS e a ferramenta de *software* BorlandC, tendo o *software* sido desenvolvido em linguagem C++.

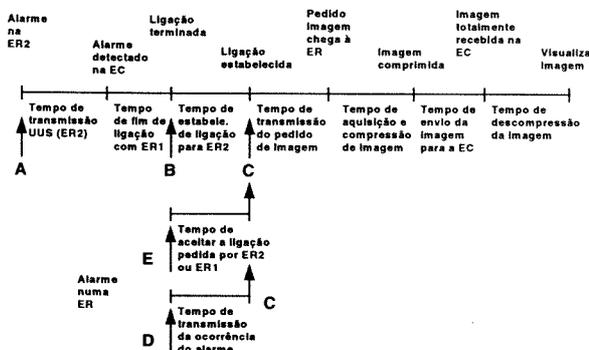
A. Identificação dos parâmetros com influência no desempenho

Para identificar os parâmetros com influência no desempenho deste sistema devemos analisá-lo numa perspectiva extremo a extremo, ou seja interessa considerar o tempo despendido desde a ocorrência de um pedido até à conclusão do seu processamento. O tempo despendido entre a ocorrência de um alarme ou a ocorrência de um pedido do utilizador e a visualização da primeira imagem relativa à câmara correspondente, é um dos parâmetros mais importantes. Na figura seguinte são apresentadas cinco situações possíveis (A-E), dependendo dos pedidos que o sistema recebe e do estado em que a EC se encontra.

TABELA 2
IDENTIFICAÇÃO DAS DIFERENTES SITUAÇÕES EM QUE O DESEMPENHO TEMPORAL DO SISTEMA É CRÍTICO, EM FUNÇÃO DO ESTADO DA EC E DO TIPO DE OCORRÊNCIA.

Estado da EC	Tipo de ocorrência			
	Alarme na ER1	Alarme na ER2	Activar imagem	Alterar a câmara
ligação terminada	E	E	B	-
ligação estab. c/ ER1	D	A	-	C

Na figura 13 (desde o ponto A) podemos observar os procedimentos necessários para visualizar na EC imagens obtidas numa ER relativas a uma situação anómala, quando a EC se encontrar a receber imagens vindas de outra ER (ER2).



- A. A EC encontra-se a receber imagens de uma ER e ocorre um alarme numa segunda ER.
- B. A EC encontra-se inactiva e o operador pede para receber imagens de uma dada ER.
- C. A EC já se encontra activa e o operador pede para receber imagens de outra câmara da mesma ER.
- D. A EC já se a receber imagens de uma ER e ocorre um alarme nessa ER.
- E. A EC encontra-se inactiva e ocorre um alarme numa ER.

nota: neste figura apenas se pretende mostrar a sequência temporal de processamento de ocorrências; o espaçamento gráfico entre processamentos não tem significado temporal.

Fig. 13: Procedimentos necessários à visualização de imagens na EC.

Esta situação foi escolhida dado ser a situação mais complexa e que envolve o maior número de procedimentos, permitindo assim determinar o tempo no maior número de procedimentos possível, dado que esses procedimentos ou parte deles são comuns ao tratamento de

outras situações por parte do sistema; aliás na mesma figura podemos também observar os procedimentos necessários a outras situações, como por exemplo:

- Quando o operador (observar a fig. 13 desde o ponto B até *Visualiza Imagem*) toma iniciativa de pedir para receber imagens de uma ER, estando a EC inactiva.
- Quando o operador (observar a fig. 13 desde o ponto C até *Visualiza Imagem*) toma iniciativa de pedir para receber imagens de outra câmara, da ER que já se encontra activa.

Para que seja possível detectar e visualizar na EC com rapidez situações anómalas que ocorram na ER pode-se concluir que é necessário que o sub sistema de aquisição/compressão de imagens, o sub sistema de comunicações e o sub sistema de descompressão tenham um elevado desempenho. É de salientar ainda, a importância dos sub sistemas de aquisição/compressão e de descompressão para que a relação "taxa de compressão - qualidade de imagem" seja elevada, dado que quanto menos bytes ocuparem as imagens comprimidas maior a sua taxa de transferência; por outro lado, quanto maior a taxa de compressão mais tempo demora a compressão a ser efectuada ou menor é a qualidade da imagem comprimida.

B. Quantificação dos parâmetros com influência no desempenho

Existem basicamente dois tipos de parâmetros a quantificar, tempos de transmissão e tempos de processamento em cada estação. Este último é o mais fácil de quantificar, graças à leitura de uma variável da RAM BIOS incrementada 18.2 vezes pelo relógio interno do computador pessoal permitindo, por isso, uma resolução máxima de 55 ms. Os tempos de transmissão são mais difíceis de quantificar mas podem ser determinados se os relógios da EC e da ER forem previamente sincronizados (*reset* das variáveis da RAM BIOS no mesmo instante) e se nos pacotes transmitidos constar o instante de envio (T envio). Neste cenário o tempo de transmissão pode ser obtido através da diferença entre o instante de recepção (T recepção) e o instante de envio (T envio):

$$T \text{ transmissão} = T \text{ recepção} - T \text{ envio}$$

A sincronização dos relógios da EC e da ER foi obtida através da inicialização simultânea das respectivas variáveis da RAM BIOS. Esta inicialização foi efectuada em cada máquina através de um programa que monitoriza o estado lógico do pino 13 da interface paralela (printer OnLine), sendo forçada a ocorrência simultânea do estado "0" através de uma ligação à massa. A simultaneidade é garantida através do *shunt* de ambos os pinos das duas máquinas.

Os valores das medições efectuadas foram registados no ficheiro de LOG do módulo de *Rede* e no ficheiro de LOG do módulo de *Recepção Imagem*.

B.1. Sub sistema de comunicações

Quando uma anomalia é detectada na ER o tempo de estabelecimento da ligação é crítico, dado que se pretende visualizar na EC em tempo real e tão depressa quanto possível o sucedido na ER.

Depois da ligação com uma ER estar concluída, seja por iniciativa da ER ou do operador da EC, o tempo de transmissão das imagens, ou o tempo de transmissão de uma anomalia que ocorra nessa ou noutra ER, é importante para um bom desempenho do sistema.

O tempo de fim de ligação pode também ser crítico, sobretudo quando a EC se encontra a monitorar uma dada ER e é notificada da ocorrência de uma anomalia noutra ER: neste caso é necessário terminar a ligação existente e estabelecer uma nova.

Em resumo, para analisar o desempenho do sub sistema de comunicações devemos ter em conta quatro parâmetros: tempo de estabelecimento de ligação, tempo sinalização da ocorrência de uma situação anómala na ER, tempo de transferência de dados, e ainda o tempo necessário para terminar uma ligação.

O tempo de estabelecimento da ligação corresponde ao tempo de execução da função *UserConnectReq* dado que o *overhead* introduzido por esta função é negligenciável, limitando-se a evocar um conjunto de funções da API, de uma forma ordenada. Este tempo bem como os restantes tempos medidos neste capítulo, são medidos através da leitura de uma variável da *RAM BIOS*. A tabela 3 apresenta os valores característicos do tempo de estabelecimento de uma ligação, pedido pela ER quando detecta uma anomalia, e pela EC.

Quando a ligação de rede entre a ER e a EC não se encontra estabelecida e ocorre um alarme numa ER, esta tenta estabelecer ligação com a EC para lhe comunicar o sucedido. Para isso envia-lhe a mensagem *RDIS - SETUP* que contém entre outras informações o número do sensor que detectou a anomalia e o nome da ER que a envia, ambos definidos no elemento de informação *User to User Signaling -UUS*.

TABELA 3
TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE LIGAÇÃO

Iniciativa	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
ER -> EC	4.4	4.6	4.8
EC -> ER	4	4.3	4.5

Mesmo que a EC não queira atender imediatamente esse pedido de ligação, toma de imediato conhecimento da ocorrência na EC, podendo mais tarde activá-la. Nesta situação o tempo de transmissão da mensagem de *SETUP* corresponde ao tempo que a EC demora a detectar a ocorrência de um alarme. A tabela 4 apresenta os valores

característicos da transmissão da mensagem de *SETUP* desde o instante em que o alarme é detectado até ao instante em que a EC toma conhecimento.

TABELA 4
TEMPO DE TRANSMISSÃO UUS.

Iniciativa	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
ER -> EC	2.3	2.4	3.2

Quando a ligação de rede entre a EC e a ER já se encontra estabelecida esta última pode enviar para a EC três tipos de dados: imagem móvel, imagem fixa e informação sobre a ocorrência de uma anomalia. Por seu lado a EC pode enviar para a ER pedidos de configuração ou operação. Para analisar o desempenho do sistema é necessário conhecer os tempos de transmissão (tabela 5) de cada um destes dados, desde o instante que a função *UserDataReq* é evocada para enviar dados pela rede até ao instante em que esses dados são totalmente recebidos no destino.

TABELA 5
TEMPO DE TRANSMISSÃO DOS DADOS.

ER -> EC	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
Imagem móvel	0.16	0.22	0.27
Imagem Fixa	0.8		1.9
Sensor	0.22	0.27	0.33
Pedidos feitos pela EC à ER	< 0.055	< 0.055	< 0.055

O tempo de fim de ligação (tabela 6) corresponde ao tempo de execução da função *UserDisconnectReq* dado que esta função se limita a evocar um conjunto de funções da API de uma forma ordenada. Os valores apresentados referem-se apenas a pedidos da EC, dado que em nenhum caso a ER pode solicitar esta acção.

TABELA 6
TEMPO DE FIM DE LIGAÇÃO

Iniciativa	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
ER -> EC	-	-	-
EC -> ER	1.8	2	2.4

B.2. Sub sistema de processamento de imagem

Como já vimos é de esperar que o atraso na obtenção de imagens e a sua qualidade seja em grande medida condicionada pelos sub sistemas de processamento de imagem. Para que seja possível determinar objectivamente

o desempenho destes sub sistemas é necessário conhecer os tempos de aquisição e de compressão e descompressão de imagens móveis e imagens fixas.

A tabela 7 apresenta os tempos de aquisição e compressão de uma imagem, móvel ou fixa. Estes tempos foram medidos como um todo, dado que ao sistema apenas interessa saber o tempo que decorrido entre o momento em que a ordem de aquisição foi dada à placa de imagem e o momento em que esta possui um array com a imagem já comprimida.

TABELA 7
VARIACÃO DO TEMPO DE AQUISIÇÃO/COMPRESSÃO

Aqui/Compressão	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
Imagem Móvel	0.1	0.12	0.16
Imagem Fixa	0.9	1	1.2

Quando a EC recebe da rede uma imagem comprimida vários procedimentos são realizados: primeiro a imagem é armazenada na memória da placa de imagem, em seguida é dada ordem à placa para a descomprimir, depois a imagem descomprimida é transferida da memória da placa para a memória da EC e finalmente é visualizada. Destes procedimentos interessa sobretudo determinar o tempo de descompressão dado que este é seguramente o mais significativo.

A tabela 8 apresenta o tempo de descompressão de uma imagem móvel ou fixa, desde o momento em que é dada a ordem à placa de imagem armazenada na sua memória até ao momento em que esta possui um array com a imagem descomprimida.

TABELA 8
VARIACÃO DO TEMPO DE DESCOMPRESSÃO DE UMA IMAGEM

Descompressão	Valor mínimo (s)	Valor médio (s)	Valor máximo (s)
Imagem Móvel	< 55 ms	< 55 ms	< 55 ms
Imagem Fixa	0.88	0.93	0.99

V. CONCLUSÕES

A. Implementação e Análise de Desempenho

A.1. Organização do software

Tendo por base o objectivo de escrever código de uma forma estruturada por forma a facilitar a sua reutilização, manutenção e compreensão, optou-se por organizar as diferentes funções em três tipos principais: rotinas de Interface, rotinas de Processamento e rotinas de Comunicação. Para melhor se compreender as vantagens desta organização convém analisar o funcionamento de uma aplicação com comunicações e o papel de cada um destes tipos de rotinas.

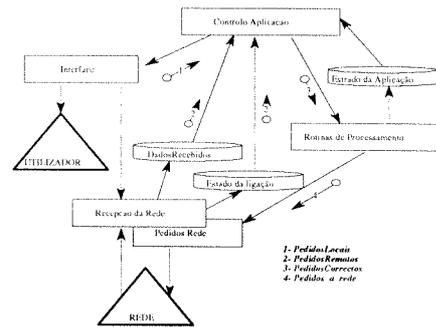


Fig. 14: Organização do software.

Na fig. 14 podemos observar que a rotina de *Controlo da Aplicação* chama as rotinas de *Interface* com o *Utilizador* para lhe permitir seleccionar opções (*PedidosLocais*). Logo devem existir tantas rotinas de *Interface* como opções, janelas e menus disponíveis para o *Utilizador*. Por exemplo, a rotina *IntroduzChaveAcesso(char * Chave)* deve, no caso de um interface gráfico, criar uma janela que permita ao utilizador escrever a chave de acesso. Como as rotinas de *Interface* podem manter a execução do programa por muito tempo (ex. introdução de uma chave de acesso, feita pelo utilizador), para que a rede possa continuar a ser monitorada as rotinas de *Recepção da Rede* (que fazem parte das rotinas de *Comunicação*) deverão continuar a ser chamadas. As rotinas de *Recepção da Rede* podem também ser chamadas pelas rotinas de *Processamento* se estas mantiverem por muito tempo o controlo da execução do programa ou se necessitarem de monitorar a rede. Em qualquer dos casos os dados recebidos da rede são armazenados num *buffer* de recepção. O *Controlo da Aplicação* lê o *buffer* de recepção (*PedidosRemotos*) e consoante o tipo de dado recebido chama a rotina de processamento adequada.

Para se obter uma melhor organização do software cada tipo de rotinas deve ser implementada no seu directório respectivo.

Além disso, e apesar de em cada directório só existirem rotinas de um tipo, devem mesmo assim estar organizadas em vários ficheiros possuindo um deles todas as rotinas de mais alto nível usadas pelos outros módulos, sendo as restantes rotinas (auxiliares, de processamento intermédio, etc.) desse tipo agrupadas noutros ficheiros nesse mesmo directório. Por exemplo, no caso do módulo de processamento, devem existir tantas rotinas de processamento de alto nível nesse ficheiro como pedidos feitos a este módulo e o nome de cada rotina deve ser igual ao pedido correspondente, tendo essa rotina tantos parâmetros como os campos do pedido correspondente.

As rotinas de processamento podem enviar para a rede dados (*Pedidos_a_Rede*). Se os pedidos feitos à estação remota forem bem sucedidos ou se os pedidos recebidos poderem ser satisfeitos o estado da aplicação é alterado. O estado da aplicação é importante porque permite ao

controlo de aplicação e às rotinas de processamento, validar (*PedidosCorrectos*) ou tratar de forma diferente os pedidos recebidos.

A separação entre os três tipos base de rotinas, rotinas de *Interface*, rotinas de *Comunicação* e rotinas de *Processamento*, permitem também um desenvolvimento em paralelo da aplicação por dois ou três programadores, facilitando a integração e os testes finais uma vez que é possível realizar testes individuais. A própria integração é gradual uma vez que cada módulo quando atinge alguma maturidade é passado aos outros programadores

Em conclusão e pelas razões acima expostas esta separação entre rotinas tem as seguintes vantagens:

- Maior rapidez de desenvolvimento de aplicações.
- Melhor organização do software.
- Permite uma identificação e uma correcção mais fácil dos erros existentes
 - A manutenção do software torna-se mais fácil.
 - Alterações do interface, das rotinas de rede ou do processamento de pedidos são independentes do resto do programa. Apenas o módulo alterado necessita de ser recompilado sendo depois *linkado* com os restantes.

A.2. Desempenho do Sistema

Para ser possível determinar se os parâmetros identificados são realmente significativos, isto é, se são na realidade os principais responsáveis pelo tempo de resposta do sistema, é necessário comparar o tempo total gasto por eles, para cada uma das cinco situações consideradas, com o tempo de resposta total do sistema.

Na Tabela 9 são apresentados no seu conjunto e para cada uma das cinco situações consideradas os tempos médios de processamento medidos e o tempo total de cada uma delas.

Convém ter em conta que os valores medidos tem uma resolução de 0.055 segundos e podem, no caso das imagens fixas, ser significativamente influenciados pelo tipo de imagem adquirida, na medida em que o tempo de processamento e transmissão pode variar no seu conjunto de mais ou menos 1 a 2 segundos; no entanto, e apesar disso, podemos a partir destes valores concluir que os parâmetros identificados são os que contribuem de forma significativa para o desempenho do sistema.

Existe no entanto, na situação C, uma diferença significativa ente o tempo esperado e o tempo real de visualização da primeira imagem móvel, devido ao tempo de reinicialização da placa de processamento de imagem da ER sempre que se altera o seu modo de funcionamento (pré-imagens, imagem fixa, ou imagem móvel) que não foi considerado.

Com base nestes valores podemos concluir que só é possível melhorar o desempenho do sistema se for possível diminuir os tempos de processamento, de estabelecimento de ligação ou de transmissão, ou ainda se for possível paralelizar estas duas actividades. Esta

solução já foi implementada para a imagem móvel, e só por isso é possível receber oito imagens por segundo ao contrário das 4 imagens por segundo que os tempos medidos para a aquisição/compressão, transmissão e descompressão da primeira imagem móvel visualizada na EC permitiriam concluir. A mesma solução pode e deve ser implementada para a imagem fixa, devendo por isso, surgir um novo modo de funcionamento (refrescamento periódico de imagem fixa) que permitiria receber uma imagem de qualidade cada 2 ou 3 segundos.

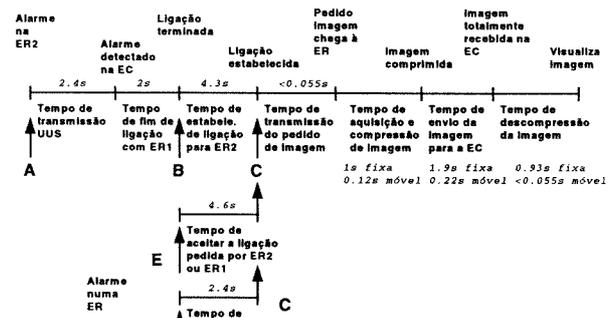


Fig. 15: Tempos considerados significativos para o tempo de resposta total do sistema.

Tabela 9

Comparação entre os tempos de resposta totais e o somatório dos tempos relativos aos parâmetros considerados significativos.

	A(s)	B(s)	C(s)	D(s)	E(s)
tempo considerados	9	4.64 (imag. móvel) 8.17 (imag. fixa)	0.34 (imag. móvel) 3.87 (imag. fixa)	2.74	4.94
tempo total	10	5 (imag. móvel) 8 (imag. fixa)	0.8 (imag. móvel) 4 (imag. fixa)	3	5.5

Existe ainda outra solução, à semelhança do que é feito para a imagem móvel, que permitiria obter um maior número de imagens por segundo com uma qualidade intermédia; esta solução consiste em aplicar o algoritmo das diferenças entre imagens consecutivas às imagens fixas, e posteriormente aplicar o algoritmo JPEG às diferenças, passando o sistema a disponibilizar imagens a cores com uma cadência inferior às imagens móveis mas com uma qualidade superior a estas.

REFERÊNCIAS

[1] Augusto Casaca, João Lourenço, M. Serafim Nunes: "Personal Computer Based ISDN Terminal - PCBIT", *Telemática 90*, IFIP TC6, Portalegre, Brasil, Set. 1990.

- [2] Peter Bocher , "The Integrated Service Digital Network", ed. Springer Verlag, 1988.
- [3] L. Corte-Real, A. Pimenta Alves: "Vector Quantization of Images Sequences Using Variable Size And Variable Shape Blocks", *Electronics Letters* 30th August 1990, vol. 26 Nº 18 pp. 1483-1484.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC2/WG10/CCITT SGVVIII, "Working Draft for Development of JPEG CD", *JPEG - 9 - R6*, January 1991.
- [5] E. Yourdon, "Modern Structured Analysis", ed. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, N.J.,U.S.A.,1989.
- [6] Edward Yourdon and Larry Constantine, "Structured Design", Englewood Cliffs, NJ: Yourdon Press/Prentice-Hall, 1979.
- [7] J. Santos, "Especificação, Análise, Projecto e Implementação de um Sistema de Televisão suportado pela RDIS", Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra, 1994.