

2.º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE REDES DE COMPUTADORES (2.º SBRC)

TENDÊNCIAS NA COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA REDES DE COMPUTADORES EM MISSÕES ESPACIAIS

Eduardo Whitaker Bergamini
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico - CNPq
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515
12200 - São José dos Campos - São Paulo

RESUMO

Este trabalho tem o propósito de introduzir o leitor às tendências da técnica de comunicação de dados que deverão influenciar na implementação de redes de computadores, em missões espaciais, a partir do final da presente década e, com maior ênfase, na década de 1.990. São abordados aspectos relativos à: comunicação de dados de telemetria, telecomando; troca padronizada de dados entre agências espaciais e aspectos de conexão entre as suas redes de comunicação de dados.

1 - Introdução:

Atualmente encontram-se em intenso trabalho de desenvolvimento as recomendações que deverão influenciar na padronização de missões espaciais. Este trabalho é executado com a reunião de diversas agências espaciais, entre elas: a NASA (EUA), ESA (Europa), CNES (França), DFVLR (Alemanha) e NASDA (Japão), além de outras, através do Comitê Consultivo em Sistemas Espaciais de Dados ou CCSDS, abreviação de "Consultative Committee on Space Data Systems". O INPE participa ativamente, como agência membro do CCSDS, deste esforço.

A grande motivação para o trabalho que vem sendo realizado pelo CCSDS e que deverá se refletir, na prática, já a partir da segunda metade da presente década é a de se obter condições para maior apoio cruzado entre as agências espaciais, em suas missões [1]. Este apoio cruzado maior poderá ser obtido somente se as agências espaciais envolvidas se dispuserem a padronizar seus sistemas de solo e de bordo, de acordo com as recomendações que deverão se consolidar com o trabalho do comitê CCSDS. Neste trabalho é de fundamental importância a questão relativa à padronização da comunicação de dados entre os diversos sistemas envolvidos em missões espaciais. Consequência natural desta afirmação é a de que torna-se lugar comum a existência de sistemas de computação, nas instalações terminais (Centros de Controle, Bancos de Dados; etc.), ou intermediárias (Estações Terrenas, Subredes, etc.) nos centros espaciais que efetivamente tem a incumbência de trocar entre si dados de diversas naturezas. Incluem-se também nesta classe, sistemas de computação embarcados em satélites e, mais recentemente, em espaçonaves, tais como o ônibus espacial ("Space Shuttle"). A rigor, deve-se também considerar as estações espaciais orbitais, que já se fazem presentes nesta década, embora em pequena escala, ainda experimental.

Todos os sistemas espaciais de dados que foram citados no parágrafo anterior formam uma complexa rede de computadores que utilizam ou necessitam, em escalas muito variáveis, da comunicação de

dados, em uma agência espacial. Por si só, este fato já justifica uma padronização. No entanto, a internacionalização do uso do espaço, em conjunto, por várias nações, tende a crescer de forma marcante, nos próximos anos. O que se verifica como consequência natural deste fato é uma necessidade cada vez mais intensa de serem realizadas missões com o apoio cruzado de diferentes agências espaciais [2]. Portanto, com maior razão, as recomendações sendo elaboradas pelo CCSDS deverão ser adotadas como padrões, pelas agências espaciais, com o propósito de se obter significativa redução no custo das suas missões cruzadas. Esta redução de custo também se traduzirá pela facilidade operacional de interfaceamento ou de integração de sistemas ou subsistemas utilizados em missões espaciais.

Três áreas técnicas merecem especial atenção nas tendências de comunicação de dados para redes de computadores em missões espaciais, dentro do escopo de aplicações que foi brevemente introduzido. A saber, estas três áreas são:

- 1.1 - Telemetria, Rastreamento e Comando;
- 1.2 - Estruturas para a Troca Padronizada de Dados;
- 1.3 - Comunicações Eletrônicas.

Os próximos três capítulos deste trabalho tratam, embora em caráter introdutório, destas três áreas técnicas, baseadas nos trabalhos que estão sendo realizados pelo Comitê CCSDS, presentemente.

- Telemetria, Rastreamento e Comando:

A comunicação de dados entre o computador do centro de controle de uma missão espacial e um satélite se faz pela troca de mensagens de Telemetria - TM, de bordo para solo ("downlink"), e de (Tele) Comando - TC, de solo para bordo ("uplink").

2.1 - Telemetria:

Baseado no modelo ISO/ANSI para sistemas abertos [3], está se consolidando o conceito [4] de PACOTE FONTE ("SOURCE PACKET"), com características de Apresentação (nível 6), Transporte

(nível 4), para o formato de dados de telemetria, originados a bordo de um satélite, por exemplo. Está sendo também considerada a SEGMENTAÇÃO das estruturas de dados gerados para telemetria, diante da possibilidade de existirem longos pacotes fonte, o que apresenta características de nível 3 (rede). Por outro lado, para que seja possível um melhor aproveitamento do enlace (nível 2) de dados bordo-solo, para a telemetria, está sendo proposto o conceito de QUADRO DE TRANSFERÊNCIA ("TRANSFER FRAME"), dotado de capacidade para estruturar e controlar pacotes segmentados, de diferentes fontes. Este esquema, partilhado no tempo, dá margem ao uso de CANAIS lógicos VIRTUAIS, nos quadros de transferência. A figura 1 ilustra como se dá o FLUXO DE DADOS DE TELEMETRIA, com os conceitos de empacotamento que foram citados.

O FORMATO DOS PACOTES FONTE E SEGMENTADOS levam em conta campos de: IDENTIFICAÇÃO DO PACOTE ou de SEGMENTO; CONTROLE DE SEQUÊNCIA DE PACOTE ou de SEGMENTO e; de COMPRIMENTO DO PACOTE (livre) ou do SEGMENTO (2048, 4096 ou 8192 bits), em seu cabeçalho principal. Um cabeçalho secundário que contém dados como TEMPO, FORMATO DO PACOTE e DADOS ANCILARES, também é considerado no PACOTE. O CONTROLE DE ERRO é considerado opcional a nível de pacote, não sendo utilizado nos seus segmentos.

O FORMATO DOS QUADROS DE TRANSFERÊNCIA é constituído dos campos de: SINCRONISMO; IDENTIFICAÇÃO DO QUADRO, que contém a IDENTIFICAÇÃO DO CANAL VIRTUAL; PALAVRA DE CONTROLE DO ENLACE DE COMANDO; CONTADOR MESTRE DE QUADROS; CONTADOR DE QUADROS DO CANAL VIRTUAL e ESTADO ("STATUS) DO CAMPO DE DADOS DO QUADRO. Quatro comprimentos possíveis estão sendo considerados para o CAMPO DE DADOS do quadro de transferência, i. e, 2048, 4096, 8192 bits e mais um quarto tamanho ainda a ser designado. O CONTROLE DE ERRO (16 bits) do quadro é opcional se o quadro inteiro não for encapsulado com o código de canal do tipo REED-SOLOMON, adotado pelo CCSDS.

O padrão de tempo sendo considerado para constituir o conteúdo dos pacotes de telemetria em seu cabeçalho secundário, é o Tempo Atômico Internacional (TAI) [10].

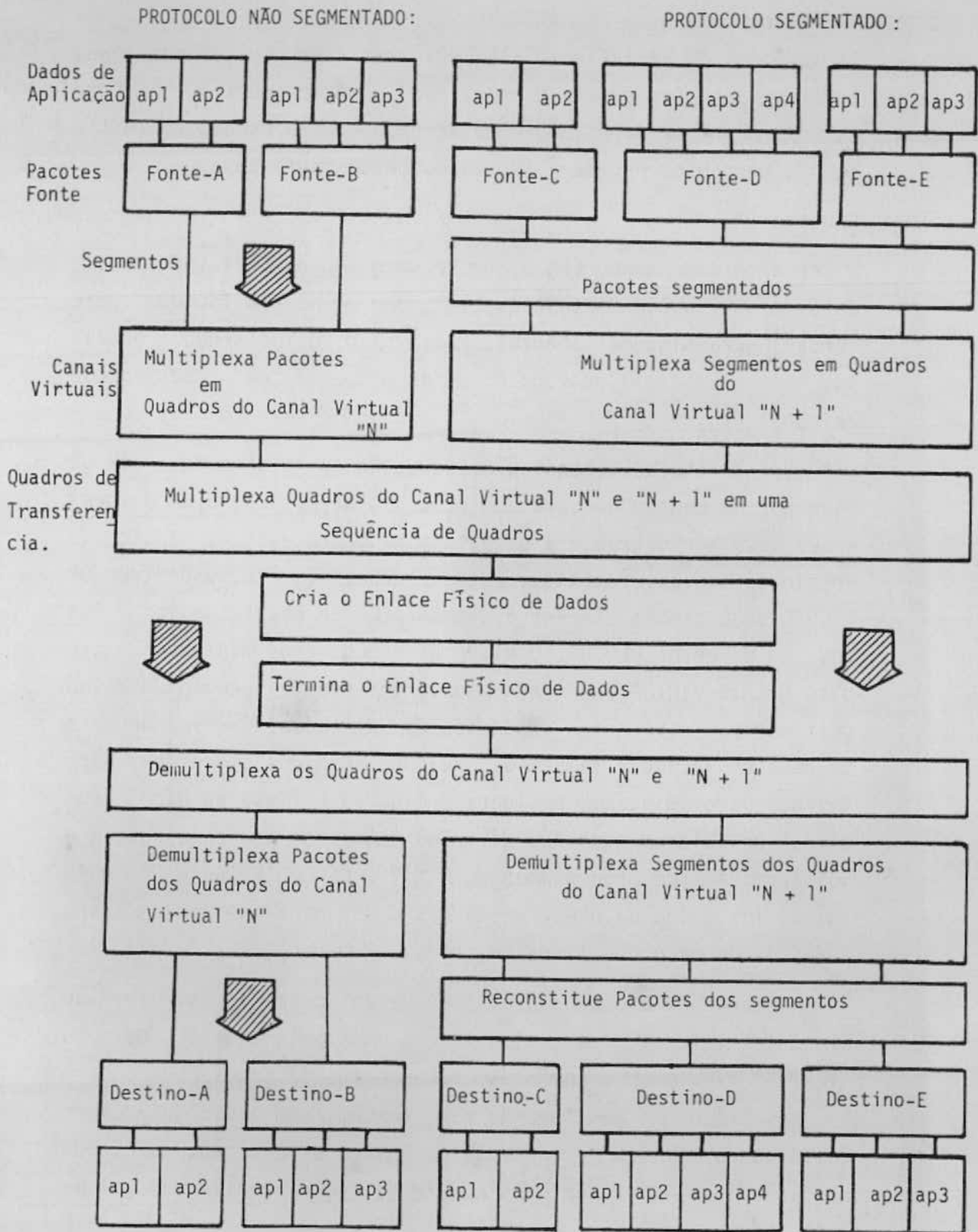


Figura 1 - Fluxo de Dados de Telemetria.

2.2 - Rastreo:

As técnicas de RASTREIO ("TRACKING") estão envolvidas com questões de rádio frequência e modulação, principalmente. Este assunto não está diretamente relacionado com o escopo deste trabalho, portanto, não será abordado, neste contexto.

2.3 Comando:

O conceito de comando [6] a ser recomendado para uso no enlace solo-bordo ("uplink") baseia-se, também no modelo ISO de referência, para sistemas abertos. Neste caso, estão sendo previstos três níveis: 1) de Pacote; 2) de Bloco. 3) de codificação de canal [7].

O PACOTE de (tele) comando é uma unidade de informação a ser gerada por um centro de comando (processo de aplicação de origem) e que deve ser entregue a um determinado processo de aplicação destinatário (ex. satélite, estação espacial, etc.). O NÍVEL DE PACOTE pode também exercer a SEGMENTAÇÃO de pacotes muito longos, em diversos BLOCOS. O NÍVEL DE BLOCOS pode manipular até oito CANAIS VIRTUAIS de informação, com pacotes provenientes ou destinados a diferentes processos de aplicação. O nível de pacote deve se incumbir também da (RE) MONTAGEM dos blocos nos pacotes que os originaram. A Figura 2 ilustra o Fluxo de Dados Funcional de Telecomandos nos diversos segmentos de comunicação e nos terminais de processamento. O NÍVEL DE CODIFICAÇÃO DE CANAL (nível 1) cuida da preservação dos dados para que se de a transferência de pacotes, livre de erro.

É importante notar que o protocolo de enlace para controle de blocos de telecomandos é viabilizado nos dois sentidos de comunicação, não somente com o uso de um campo de dados para controle, nos blocos de Telecomando mas, também, com o uso do campo de dados da Palavra de Controle do Enlace de Comando, já citado no capítulo 2.1, presente no Quadro de Transferência de Telemetria ("downlink").

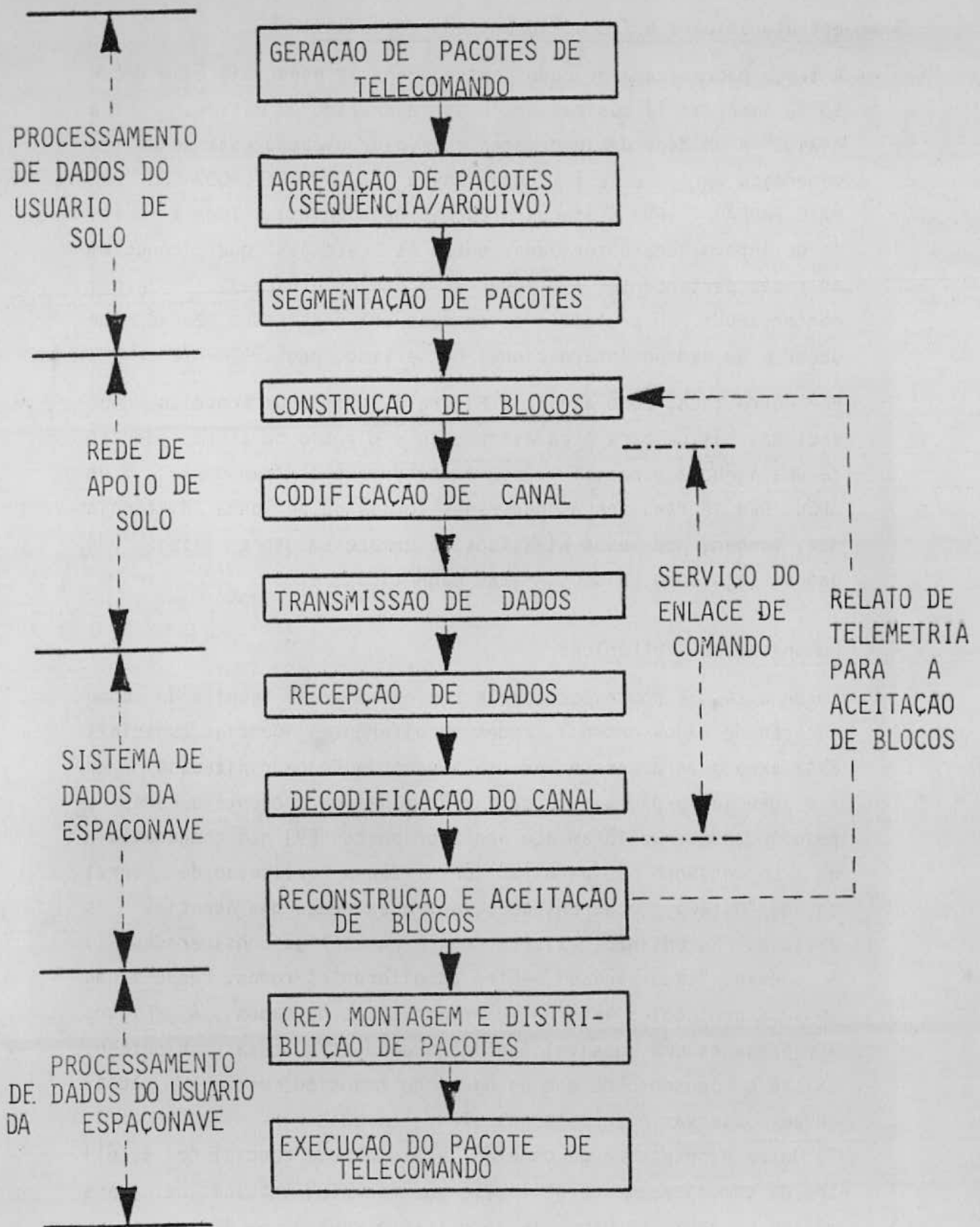


Figura 2 - Fluxo Funcional de Dados de Telecomando.

3 - Estruturas para a Troca Padronizada de Dados:

A troca padronizada de dados entre agências espaciais é um recurso de importância básica para o apoio cruzado em missões espaciais. A unidade de informação cuja padronização está sendo recomendada para este fim denomina-se UNIDADE DE DADOS COM FORMATO PADRÃO - SFDU ("Standard Format Data Unit"). Toda a troca de informações autorizadas, entre os "gateways" que conectam as redes pertencentes a diferentes agências espaciais, deverá conter SFDUs. O protocolo de conexão entre as redes deverá obedecer a um padrão internacional de serviço, provavelmente.

Por outro lado, como atesta a Figura 3, existe um conceito operacional básico para o cadastramento e difusão de SFDUs, dentro de uma agência espacial. Deve-se notar que o "transporte" de SFDUs não se fará apenas por redes locais ou de longa distância mas, também, por meios clássicos de armazenamento em massa de dados, tais como: discos, fitas magnéticas, etc.

4 - Comunicações Eletrônicas:

Entende-se por comunicações eletrônicas a área técnica de comunicação de dados entre as redes de diferentes agências espaciais. Esta área deverá apresentar uma tendência de padronização, entre agências espaciais, a partir do final da presente década. As recomendações que foram até agora propostas [9] não chegaram ainda a um consenso que permita consolidar a realização de serviços de "gateway", padronizados, entre as redes das agências espaciais. No entanto, existem duas hipóteses já consideradas: 1) A conexão, "caso-a-caso", entre as diferentes redes, respeitando-se seus protocolos internos de comunicação de dados. A Figura 4 representa uma possível configuração dentro desta hipótese. Existe o consenso de que os dados de trânsito, entre as redes, devem observar o formato dos SFDUs, citados no capítulo 3; 2) Outra hipótese é a de conexão via uma rede mundial de satélites de comunicação que utilizem, por exemplo, técnicas de transmissão baseadas em esquemas de múltiplo acesso com divisão tempo

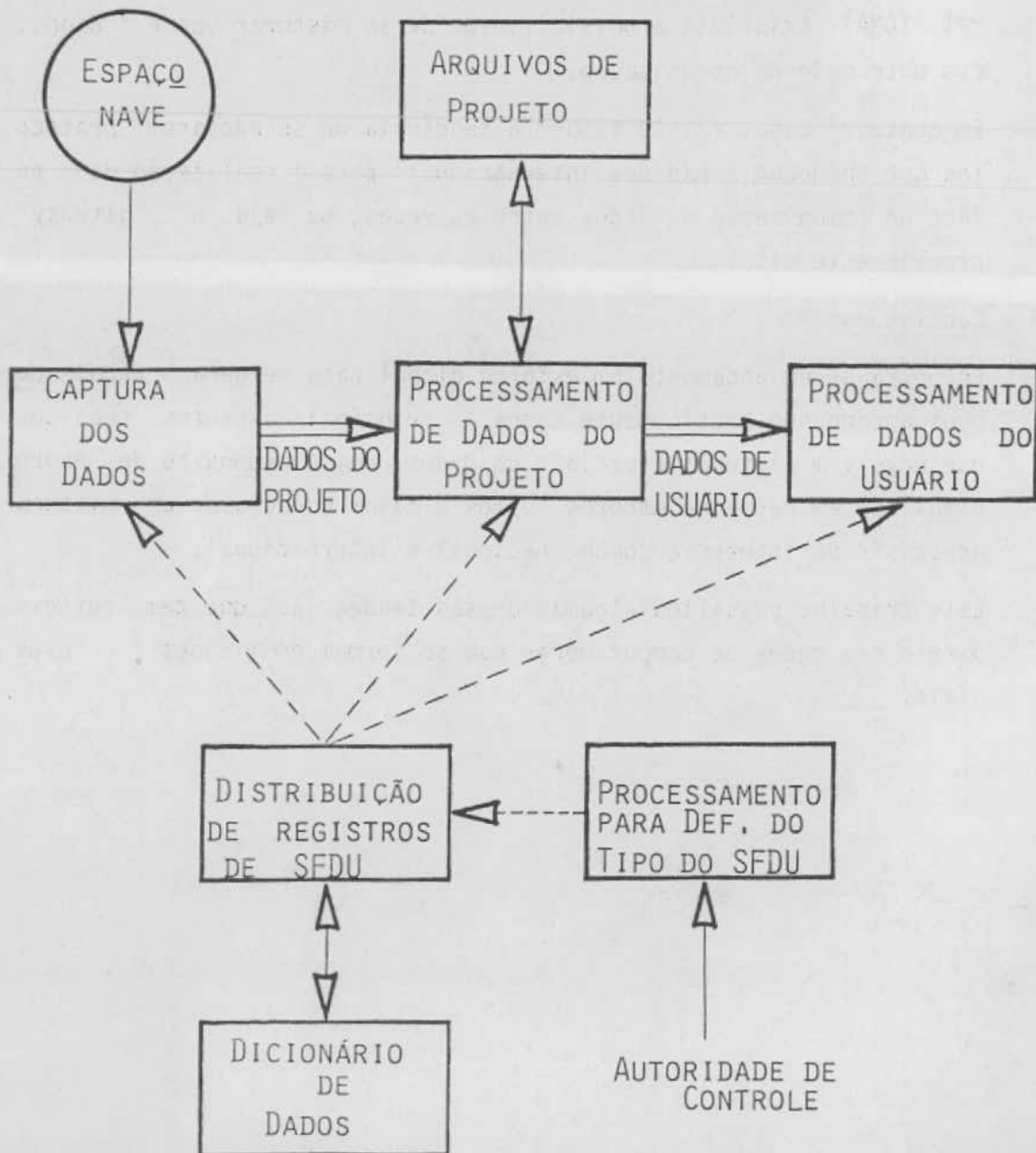
ral (TDMA). Existiria a possibilidade de se misturar voz e dados, com este meio de comunicação.

Em qualquer caso, existe também a tendência de se adotarem protocolos que obedecem a padrões internacionais para a realização do enlace de comunicação de dados entre as redes, ou seja, o "gateway" propriamente dito..

5 - Conclusões:

Encontra-se em andamento um esforço global para se gerar recomendações abrangendo praticamente todos os principais aspectos técnicos que envolvam Sistemas Espaciais de Dados, com o propósito de padronizá-los, em busca de menores custos e maior cooperação em missões espaciais de interesse comum, nacional e internacional.

Este trabalho ressaltou algumas dessas tendências, que tem reflexo direto nas redes de computadores que se formam em missões espaciais.



- - - - : FLUXO DE DEFINIÇÕES DOS TIPOS DE SFDU
- ⇒ : FLUXO DE SFDUS
- : DADOS QUE NÃO SÃO SFDUS

Figura 3 - Conceitos Operacionais para SFDUs.

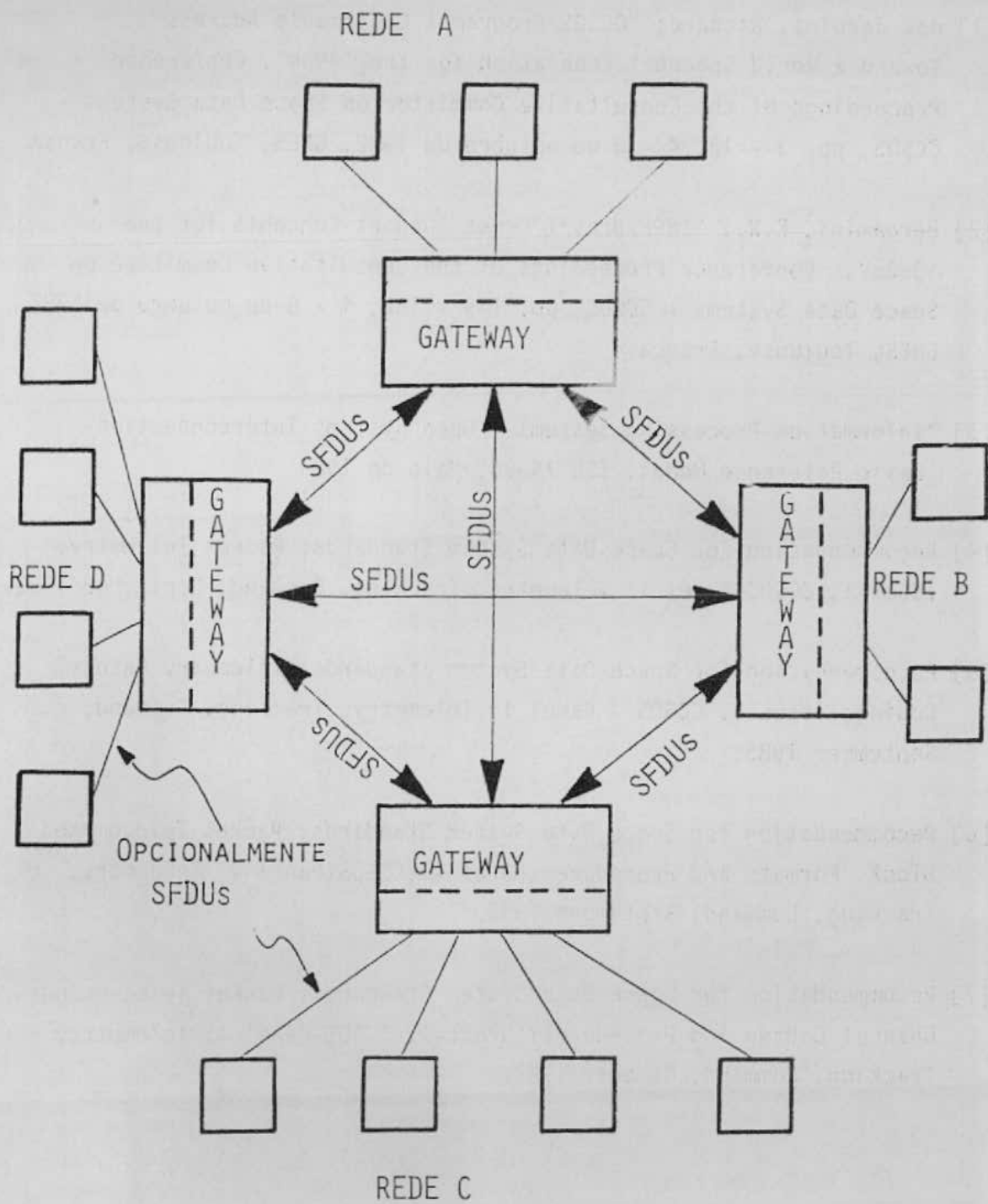


Fig. 4 - Conexões "caso-a-caso" entre diferentes redes de dados.

Referências Bibliográficas

- [1] des Jardins, Richard; "CCSDS Program's Chairman's Address: Toward a World Spacenet Federation for the 1990s", Conference Proceedings of the Consultative Committee on Space Data Systems - CCSDS, pp. 3 - 12, 4 - 8 de outubro de 1982, CNES, Toulouse, França.
- [2] Bergamini, E.W.; "INPE/Brasil Cross Support Concepts for the 1990s", Conference Proceedings of the Consultative Committee on Space Data Systems - CCSDS, pp. 179 - 182, 4 - 8 de outubro de 1982, CNES, Toulouse, França.
- [3] "Information Processing Systems - Open Systems Interconnection-Basic Reference Model, ISO 74-98, Maio de 1983.
- [4] Recommendation for Space Data System Standards: Packet Telemetry; Issue-1, CCSDS-Panel 1: Telemetry, Tracking, Command; September 1983.
- [5] Recommendation for Space Data System Standards: Telemetry Channel Coding; Issue-1, CCSDS - Panel 1: Telemetry, Tracking, Command; September 1983.
- [6] Recommendation for Space Data System Standards: Packet Telecommand: Block Formats and Procedures; Draft-1, CCSDS-Panel 1: Telemetry, Tracking, Command; September 1983.
- [7] Recommendation for Space Data System Standards: Packet Telecommand: Channel Coding and Procedures; Draft-1, CCSDS-Panel 1: Telemetry, Tracking, Command; October 1983.

- [8] Standard Data Interchange Structures, CCSDS-Panel 2 Report, Third Meeting; Dezembro, 1983.
- [9] Bergamini, E.W; Concepts for Connectivity and Interoperability of World Space Data Networks - INPE Proposal to CCSDS/Panel 3, CCSDS - Panel 3 meeting, Lanham, Md, EUA, Maio de 1983 (Relatório INPE-2722-PRE/307).
- [10] Recommendation for Space Data System Standards: Timecode Formats; Issue-1, CCSDS Panel 1: Telemetry, Tracking, Command; September 1983.