

## PROCESSAMENTO DOS DADOS HRPT DOS SATÉLITES DA SÉRIE NOAA

Carlos Ho Shih Ning  
Keiko Tanaka  
Maria Roseli Cabral  
Yoshihiro Yamazaki  
Yukitaka Nakamura

Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

### RESUMO

O TIROS-N é o primeiro da série de satélites meteorológicos operacionais de órbita polar, que foi seguido pelos satélites NOAA-6 a 9. Esses satélites carregam a bordo três sondadores passivos: Sondador de Radiação Infravermelha de Alta Resolução (HIRS-2) com 19 canais no infravermelho e 1 no visível; Unidade de Sondagem no Microonda (MSU) com 4 canais e uma Unidade de Sondagem Estratosférica com 3 canais. Em adição a esses instrumentos que constituem o Sondador Vertical Operacional TIROS-N (TOVS), esses satélites transmitem dados de imagens a partir dos Radiômetros Avançados de Resolução Muito Alta (AVHRR) sensível no visível e na janela do infravermelho próximo e médio. Esses dados, juntamente com outros dos instrumentais e de telemetria, constituem o conjunto de dados HRPT (Transmissão de Imagens de Alta Resolução). Os dados HRPT são transmitidos na banda S, captados pela antena parabólica de 4m de diâmetro na Estação de Recepção de Satélites Meteorológicos do INPE/Cachoeira Paulista, SP, processados no microcomputador e gravados digitalmente em fitas CCT a densidade de 1600BPI. É apresentada a descrição geral dos dados AVHRR e TOVS, juntamente com os sistemas desenvolvidos para a criação dos arquivos, dos programas de calibração e as aplicações de satélites meteorológicos.

### ABSTRACT

TIROS-N is the first of a serie of operational polar-orbiting meteorological satellites and has been followed by NOAA-6 to 9. Aboard each spacecraft are three passive sounding instruments: the High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS-2), a radiometer with 19 channels in the infrared and 1 in the visible; the Microwave Sounding Unit (MSU), with 4 channels and the Stratospheric Sounding Unit (SSU) with 3 channels. In addition to these instruments, which constitute the TIROS-N Operational Vertical Sounder (TOVS), these satellites transmit images from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) sensitive in the visible, near infrared and middle infrared window regions. These data with telemetry and other instruments data constitute the HRPT data set (High Resolution Picture Transmission). The HRPT data are transmitted in the S-band and received by parabolic antenna with 4m diameter at the INPE/Cachoeira Paulista Meteorological Satellite Reception Station. The signals are processed in the minicomputer and digitized in CCT tapes at 1600 BPI density. The general description of TOVS and AVHRR data are presented together with the system developed for the files creation for calibration and applications to the meteorological satellites.

### 1. INTRODUÇÃO

O TIROS-N foi o primeiro satélite ambiental, de órbita polar, da série de terceira geração. Esta série de satélites sucedeu a anterior carregando novos instrumentais a bordo o que tem permitido um avanço significativo no desenvolvimento das pesquisas ambientais. O satélite TIROS-N, lançado em 13 de outubro de 1978 foi sucedido pelos satélites NOAA-6 a 9. Segundo o planejamento feito pela Administração Atmosférica e Oceanográfica Nacional (NOAA), organização do Departamento de Comércio dos Estados Unidos, oito satélites deverão ser lançados nesta série (Hussey, 1977).

No presente, junho de 1986, os satélites

NOAA-6 e 9 perfazem a cobertura global da Terra a cada 6 horas. Cada um desses satélites permite no presente a obtenção da cobertura global do perfil vertical da temperatura, umidade, conteúdo de ozônio e indiretamente vários outros parâmetros ambientais a cada 12 horas. Esse potencial é assegurado pelos três sondadores passivos que eles carregam a bordo: Sondador de Radiação Infravermelha de Alta Resolução (HIRS-2) com 19 canais no infravermelho e um no visível; Unidade de Sondagem na Microonda (MSU) com 4 canais e uma Unidade de Sondagem Estratosférica com 3 canais. Em adição a esses instrumentos que constituem o Sondador Vertical Operacional TIROS-N (TOVS), esses satélites transmitem dados de imagens obtidos pe

Os Radiômetros Avançados de Resolução Muito Alta (AVHRR) sensível no visível e nas janelas do infravermelho próximo e médio. Esses dados, juntamente com os dos instrumentos do Monitor do Meio Espacial (SEM), Sistema de Localização e Coleta de Dados (DCLS) e de telemetria constituem o conjunto de dados HRPT (Transmissão de Imagens de Alta Resolução).

O objetivo do presente artigo é dar uma descrição geral dos dados HRPT, e as dos sistemas desenvolvidos para a criação de arquivos para os programas de calibração e as aplicações de dados de satélites meteorológicos. Mais especificamente, serão detalhados apenas os dados AVHRR e TOVS do HRPT que estão sendo utilizados na obtenção de parâmetros meteorológicos.

## 2. RECEPÇÃO DE DADOS TIROS-N/NOAA

Uma descrição completa sobre o fluxo de dados que são transmitidos em tempo real pelos satélites da série TIROS-N/NOAA foi apresentada por Schwalb (1978) e Schneider (1976), e por conseguinte não será detalhada no presente trabalho.

Os dados digitais HRPT transmitidos na banda S, na frequência central de 1698.0 ou 1707.0 MHz, são diariamente recebidos pela Estação de Recepção de Satélites Meteorológicos do INPE/Cachoeira Paulista, SP. O direcionamento da antena e o horário da recepção é programado utilizando listagens de computador produzidas mensalmente pelo "software" de previsão de passagem de satélite desenvolvido no INPE. O armazenamento desses dados, para serem posteriormente processados no INPE/São José dos Campos, é feito através do minicomputador PDPI130 e de seus periféricos. Na configuração atual da estação de recepção, por limitações básicas do sistema computacional, os dados originais recebidos são disponíveis em 3 formatos distintos. Esses formatos serão apresentados após a descrição dos dados propriamente dito.

## 3. DADOS HRPT

A Transmissão de Imagens de Alta Resolução, conhecidos como HRPT, do inglês "High Resolution Picture Transmission", é feita na forma digital e é constituída pelos dados de controle, telemetria, Processador de Informações TIROS (TIP) e do Radiômetro Avançado de

Muito Alta Resolução (AVHRR). As características gerais desse sistema é apresentado na Tabela 1 e a sequência de dados que constituem a HRPT, e que são transmitidas pelo satélite é apresentada na Figura 1.

TABELA 1  
CARACTERÍSTICAS DA HRPT

Taxa de Transmissão	360 Linhas/Minuto
Modulação da Portadora	Modulação por Mudança de Fase
Frequência de Transmissão	1698.0 MHz* ou 1707.0 MHz
Potência de Transmissão	5 Watts
EIRP (aproximado)	39.0 dBm
Polarização	Direita e Circular
Largura da Banda do Espectro	Menos de 3 MHz

\*1.702.5 - MHz polarização circular disponível no caso de falha das frequências primárias.

FONTE: Levin et alii (1979)

A gravação dos dados HRPT é basicamente feita como eles são transmitidos pelo satélite, exceto por algumas limitações. Esses dados, no formato original apresentado na Figura 2, são constituídos de tal forma que os dados AVHRR são atualizados a cada mf ("minor frame") da HRPT composto de 11090 palavras de 10 bits. Os dados TIP por sua vez são atualizados a taxa de 3mf, isto é os 3mf que constituem o MF ("major frame") do HRPT apresentam dados idênticos. As únicas limitações, colocadas por questões computacionais disponíveis na Estação de Recepção de Satélites Meteorológicos do INPE/Cachoeira Paulista - SP, dizem respeito aos dados AVHRR. Assim, das 5 bandas do AVHRR, somente podem ser gravadas 3 bandas com resolução de 8 bits ou de 2 bandas com resolução de 10 bits. Os 3 formatos de gravação disponíveis são:

- COMPR - dados TIP completos e 3 bandas do AVHRR com resolução de 8 bits.
- FULL - dados TIP completos e 2 bandas do AVHRR com resolução de 10 bits.
- TIP - dados TIP, sem dados AVHRR.

A composição dos dados HRPT são ilustrados na Figura 2.

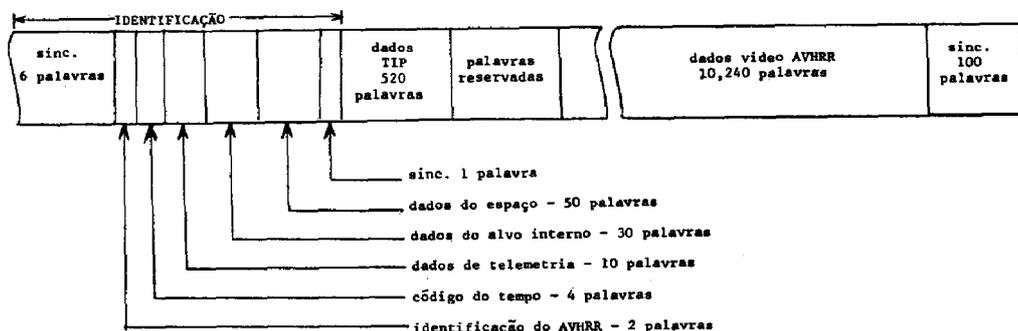


Fig. 1 - Sequência de dados da HRPT.

FONTE: Levin et alii (1979)

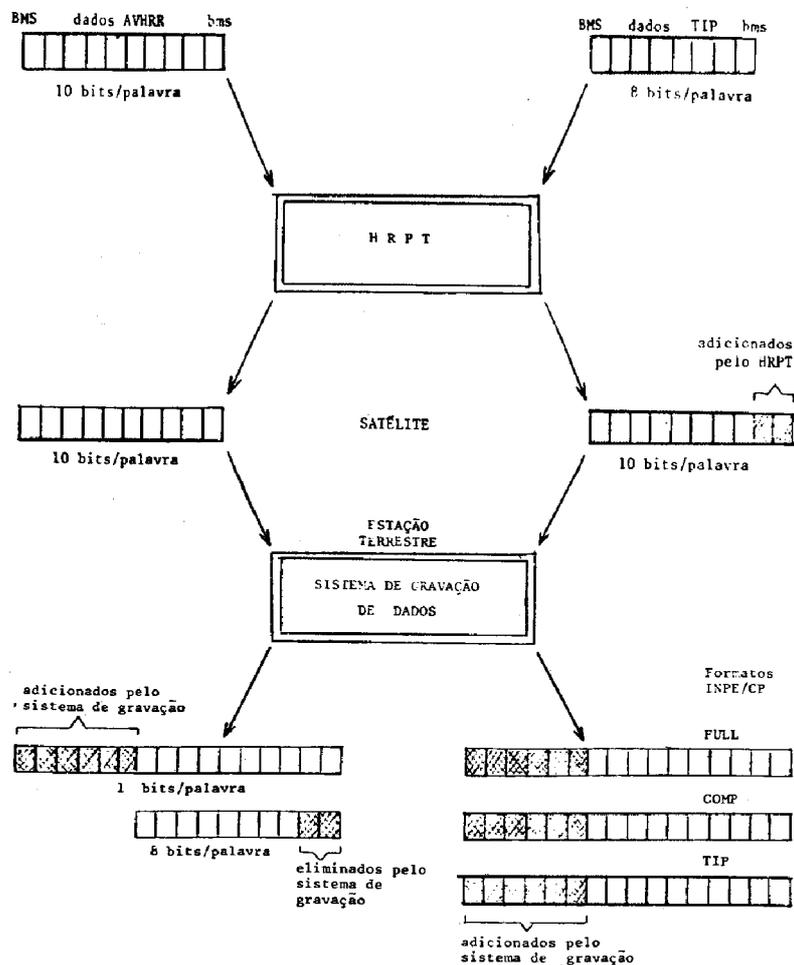


Fig. 2 - Composição em bits dos dados HRPT gravados no INPE/Cachoeira Paulista.  
BMS = bit mais significativo e bms = bit menos significativo.

### 3.1 - DADOS AVHRR

Os dados do Radiômetro Avançado de Resolução Muito Alta (AVHRR - "Advanced and Very High Resolution Radiometer") relevantes à calibração em órbita e de telemetria são transmitidos nas primeiras 103 palavras de 10 bits de cada mf do HRPT. Os dados radiométricos de cada varredura da Terra (linha), constituída por 2048 elementos de imagens ("pixels"), são apresentadas sequencialmente e de forma multiplexada para os cinco canais (1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, ...) entre as palavras 751 e 10990 de cada mf do HRPT. Dessas 10240 palavras (2048 elementos por canal), como já explicado, são gravados apenas 6144 palavras de 8 bits (formato COMP) ou 4096 palavras de 10 bits (formato FULL), na Estação de Recepção do INPE/Cachoeira Paulista-SP.

Na Tabela 2 é apresentada a descrição e a formatação dos dados de telemetria e de calibração do AVHRR. Estão também incluídos na tabela, os dados de identificação e de código do horário que são parâmetros utilizados no "software" de navegação para a obtenção das coordenadas geográficas dos "pixels", bem como os dados AVHRR propriamente ditos e TIP.

### 3.2 - DADOS TIP

Os dados do Processador de Informações TIROS (TIP) são constituídos por aqueles coletados pelos seguintes sondadores:

- SEM - "Space Environment Monitor"

Esse monitor do espaço ambiental mede partículas alfa, densidade de fluxo de elétrons, espectro de energia, próton solar e o total de energia das partículas. Essas medidas são feitas no mesmo ambiente e na mesma altitude do satélite.

- DCLS - "Data Collection and Location Systems"

Esse sistema também conhecido como sistema de Localização e Coleta de Dados ARGOS, fornece meios para localizar a posição de plataformas móveis ou fixas e a obtenção de dados ambientais. Esse sistema vem sendo cada vez mais explorado no INPE, especificamente na meteorologia e oceanografia.

**OBS:** Tendo em vista que o interesse específico do presente trabalho não diz respeito aos dois primeiros sondadores, não será apresentado de talhe algum sobre os mesmos. Sugere-se consultar os trabalhos de Lanritson et alii (1979), para a obtenção de maiores informações e explicações dos dados desses dois instrumentos.

**TABELA 2**

**FORMATO "MINOR FRAME" DA HRPT**

FUNÇÃO	Nº DE PALAVRAS	POSICÃO DAS PALAVRAS	Nº BIT									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 - Código de palavras e significado
Sincronismo	6	1 : 2 6	Primeiros 60 bits do gerador de pseudo ruído com 63 bits, do estado inicial de cada mf do HRPT.									
ID(AVHRR)	2	7   8	Bit 1: 0 = sinc. interna, 1 = sinc. AVHRR Bits 2 & 3: 00 = não usado, 01 = mf 1, 10 = mf 2, 11 = mf 3 Bits 4-7: endereço da espaço nave, bit 4 = BMS, bit 7 = bms Bit 8: 0 = referência estável, 1 = ocorrência de ressync. de referência Bits 9-10: disponíveis, bit 9 = 0, bit 10 = 1 Palavra disponível, bit de símbolos indefinidos.									
Código do tempo	4	9  10  11 12	Bits 1-9: contagem binária do dia, bit 1 = BMS; bit 9 = bms Bit 10: disponível, bit 10 = 0 Bits 1-3 todos = 0 (disponíveis com valores 1,0,1) Bits 4-10: parte binária do mseg. da contagem do dia, bit 4 = BMS da contagem de msecs. Bits 1-10; complemento binário do mseg. da contagem do dia Bits 1-10; complemento binário do mseg. da contagem do dia Bit 10 = bms da contagem do dia em milisegundos.									
Telemetria (AVHRR)	10	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Calibração interna do AVHRR - canal 1 Calibração interna do AVHRR - canal 2 Calibração interna do AVHRR - canal 3 Calibração interna do AVHRR - canal 4 Calibração interna do AVHRR - canal 5 Alvo interno do AVHRR } Cada uma dessas palavras é de uma submutação dos 5 canais; 4 palavras de dados de infravermelho e um valor de referência. Temperatura } Dados } Temperatura "patch" do AVHRR 0 0 0 0 0 0 0 0 1 - disponível									
(AVHRR) Dados do alvo interno	30	23 ↓ 52	10 palavras de dados do alvo interno de cada canal (3, 4 e 5) do AVHRR. Estes dados são multiplexados em cada palavra.									
Dados do espaço (AVHRR)	50	53 ↓ 102	10 palavras de dados de varredura do espaço de cada canal (1, 2, 3, 4 e 5) do AVHRR. Estes dados são multiplexados em cada palavra.									
Sincronização Δ (AVHRR)	1	103	Bit 1: 0 = primeira sincronização AVHRR, 1 = última sincronização AVHRR Bits 2-10: contador binário de 9 bits dos períodos de 0,9984 Mhz bit 2 = BMS, bit 10 = bms									
Dados TIP	520	104 ↓ 623	As 520 palavras contêm 5 conjuntos de dados TIP (104 dados TIP/conjunto) Bits 1-8: formato exato como gerado pelo TIP Bit 9: verificação de paridade par sobre bits 1-8 Bit 10: -bit 1									
Palavras disponíveis	127	624 625 : 750	Bits gerados por um polinômio de pseudo ruído.									
Dados da superfície terrestre	10.240	751 752 753 754 755 756 : 10.990	Canal 1 - Amostra 1 Canal 2 - Amostra 1 Canal 3 - Amostra 1 Canal 4 - Amostra 1 Canal 5 - Amostra 1 Canal 1 - Amostra 2 Canal 5 - Amostra 2048									
Sincronização auxiliar	100	10.991 10.992 : 11.090	Bits gerados por um polinômio de pseudo ruído.									

IDENTIFICAÇÃO

FONTE: Levin et alii (1979).

● TOVS - "TIROS Operational Vertical Sounder"

Esse sondador é constituído por 3 instrumentos independentes, que permitem em última instância a obtenção de perfis verticais da temperatura e vapor d'água. São eles: o sondador de Radiação Infravermelho de Alta Resolução (HIRS), Unidade de Sondagem no Microonda (MSU) e a Unidade de Sondagem Estratosférica (SSU).

O HIRS mede a radiação incidente em 19 regiões do espectro infravermelho (3.76-14.95µm) e em uma do visível (0,69µm). A SSU, empregando técnicas de absorção seletiva fornece informações de 3 canais cujas características são determinadas pela pressão do caminho ótico em uma célula de gás carbônico. A MSU é um radiômetro de 4 canais que faz medições na banda do oxigênio (5.5µm). Nas Tabelas 3, 4 e 5 são apresentadas as características dos parâmetros instrumentais respectivos e nas Figuras 3 e 4 a projeção das configurações das varreduras desses instrumentos sobre a superfície da Terra.

TABELA 3

PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DO HIRS/2

PARÂMETRO	VALOR
Calibração	Corpos Negros Estáveis (2) e do Espaço
Varredura Perpendicular a Trajetória	± 49.5° (± 1125km) Nadir
Tempo de Varredura	6.4 Segundos/Linha
Número de Passos	56
Campo de Visão Óptico	1.25°
Ângulo de Passo de Varredura	1.8°
Tempo de cada Passo da Varredura	100 Milisegundos
Resolução na Superfície (IFOV)* (Nadir)	17.4km de Diâmetro
Resolução na Superfície (IFOV) (Final da Varredura)	58.5km na Perpendicular à Trajetória e 29.9km ao Longo da Trajetória
Distância entre IFOV's	42km ao Longo da Trajetória Nadir
Taxa de Transmissão	2880 Bits/Segundo

\* Campo de Visão Instantânea.

FORNTE: Levin et alii (1979)

TABELA 4

PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DO MSU

PARÂMETRO	VALOR
Calibração	Corpo Negro Estável e Espaço para Ciclo de Varredura
Ângulo de Varredura Perpendicular a Trajetória	147.35°
Tempo de Varredura	25.6 Segundos
Número de Passos da Varredura	11
Ângulo do Passo da Varredura	9.47°
Tempo de cada Passo da Varredura	1.84 Segundos
Resolução Angular	7.5° (3 dB)
Taxa de Transmissão	320 Bits/Segundo

FORNTE: Levin et alii (1979)

TABELA 5

PARÂMETROS INSTRUMENTAIS DO SSU

PARÂMETRO	VALOR
Calibração	Corpo Negro Estável e do Espaço
Varredura Perpendicular a Trajetória	± 40° (± 737km)
Tempo da Varredura	32 Segundos
Número de Passos	08
Ângulo de Passo da Varredura	10°
Tempo de cada Passo da Varredura	04 Segundos
Resolução na Superfície (IFOV) (Nadir)	146km de Diâmetros
Resolução na Superfície (IFOV) (no Final da Varredura)	244km Perpendicular a Trajetória 186km ao Longo da Trajetória
Distância entre IFOV's	210km ao Longo da Trajetória Nadir
Taxa de Transmissão	480 Bits/Segundos

FORNTE: Levin et alii (1979)

Os 520 dados TIP são gravados em palavras de 2 bytes pela Estação de Recepção. Esses dados por sua vez são constituídos por 5 conjuntos de 104 palavras de 8 bites cada, conhecidos como mf ("minor frame") do TIP. Os dados HIRS, MSU, SSU e outros, já descritos anteriormente, são identificados em relação a esse mf. A Figura 5 mostra a posição relativa de cada um desses dados em um mf do TIP. Os dados HIRS contidos em cada mf do TIP são definidos como um elemento. Assim, como cada mf do HRPT contém 5 mf do TIP, cada mf do HRPT contém 5 elementos HIRS. Por outro lado, são necessários 64 elementos HIRS sucessivos no processamento dos 56 pontos de dados na superfície da Terra (Fig. 3). Os dados de 9 elementos HIRS (64-56) são fornecidos para a calibração interna, externa e identificação das condições dos instrumentos de bordo do satélite.

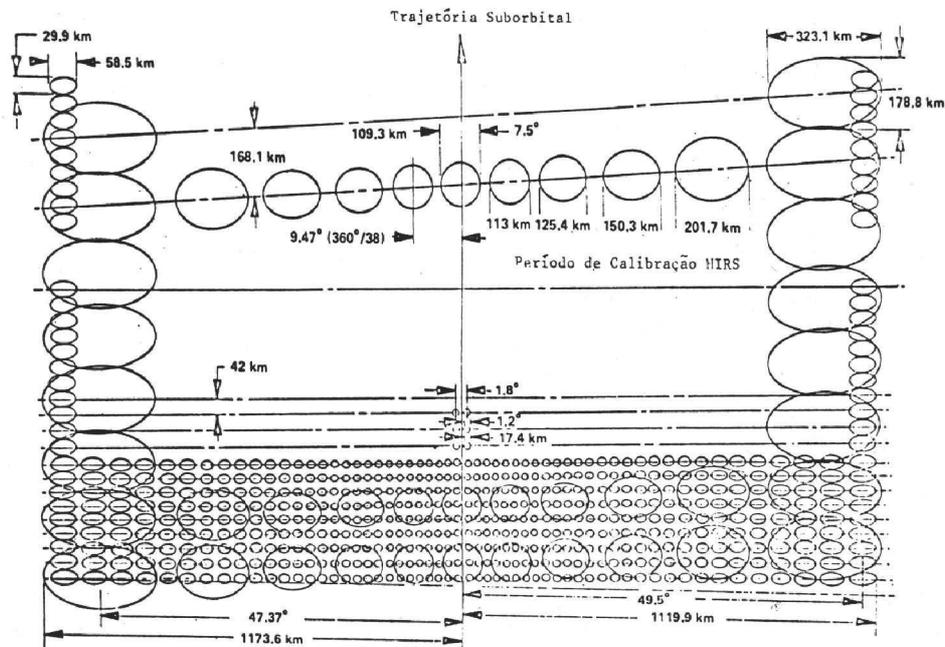


Fig. 3 - Projeção na superfície da Terra dos campos de visão do HIRS/2 e MSU.  
 FONTE: Levin et alii (1979)

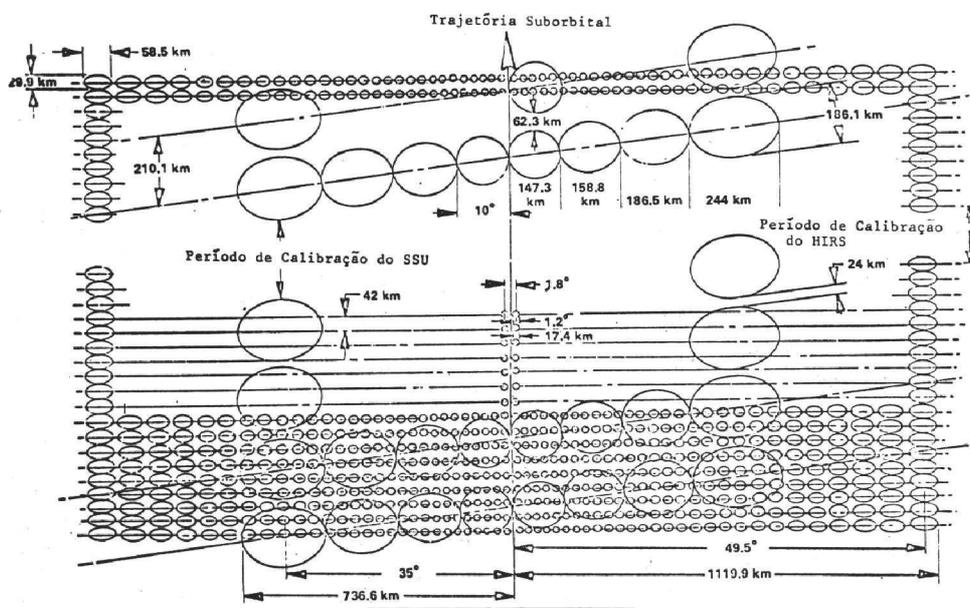


Fig. 4 - Projeção na superfície da Terra dos campos de visão do HIRS/2 e SSU.  
 FONTE: Levin et alii (1979).



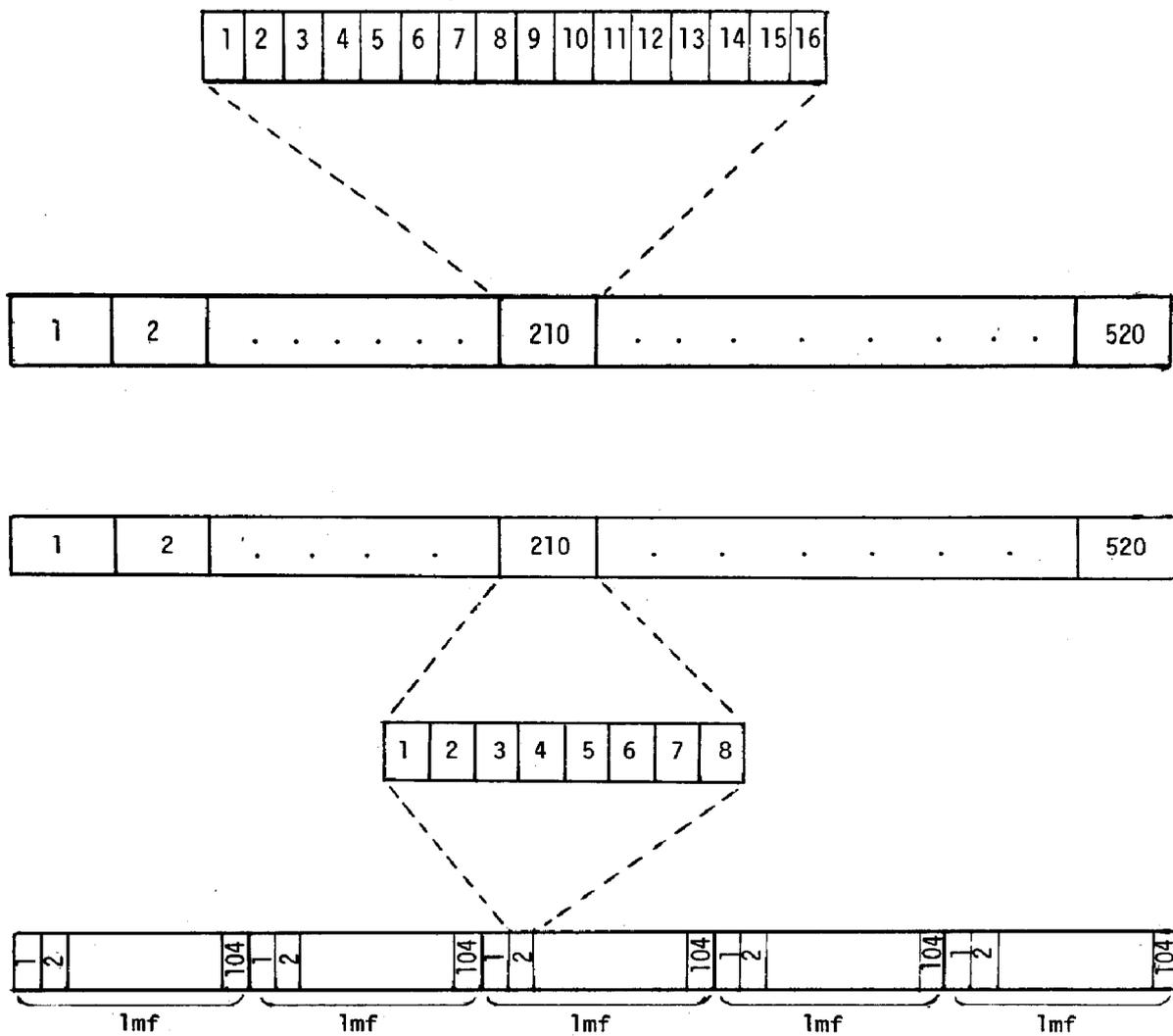


Fig. 6 - Geração dos 5mf TIP

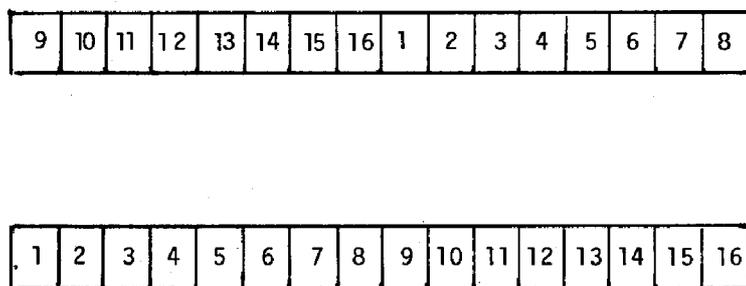


Fig. 7 - Transposição de bits

#### 4.2 - PROGRAMA GERAIMG CANAIS INFRA

Este programa tem como entrada o arquivo FILE22/X gerado pelo programa TOVS (Yoshihiro et alii, 1986) e formata uma imagem de 19 canais infravermelho e 1 canal visível para uma tela de 512 linhas por 512 colunas. Tal tela por ser suficientemente grande pode-se alojar até duas sondagens numa mesma imagem. No caso de haver mais de duas sondagens para ser processadas, basta informar ao programa o número de sondagens e os nomes destes arquivos. Assim, serão criadas imagens em fita magnética CCT, separados por um "tape mark", sendo que dois "tape marks" indicam o término da última imagem. A seguir, descrevemos o tratamento dado a cada sondagem.

Cada canal ocupa 50 registros do arquivo de entrada, mas apenas os 40 primeiros registros tem efetivamente dados do canal de interesse. Os dados dos canais começam a partir do registro 512, pois os registros iniciais contêm informações para outras aplicações. E, cada registro é constituído por 112 "pixels", associado a 2 linhas de uma imagem de 56 "pixels". Ao todo a imagem de um canal tem 80 linhas. Para eliminarmos ruídos nas bordas, 5 linhas superiores e 5 linhas inferiores são ignorados resultando numa imagem de 70 linhas e 56 colunas. Critérios adequados são utilizados para a eliminação de outros ruídos.

Uma normalização é realizada independentemente, em cada canal, para que os valores de pixel variem entre 0 e 255.

Finalmente, para cada sondagem é preparado uma tela com os 20 canais HIRS, dispostos da seguinte forma: na parte superior os primeiros 9 canais; na parte central mais 9 canais, e na parte inferior os canais 19 e 20. Ilustrando a disposição dos canais (Figura 8).

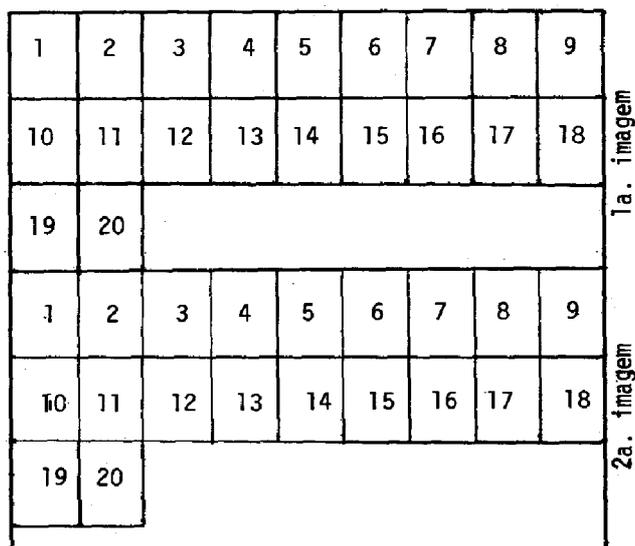


Fig. 8 - Disposição dos 20 canais HIRS no vídeo.

#### 4.3 - PROGRAMAS PRE AVHRR/FULL E PREEAVHRR/COMPR

Estes programas foram desenvolvidos com o objetivo de gerar fitas magnéticas CCT com imagens respectivas nos canais de vídeo AVHRR, setorizadas em sub-imagens de 512 linhas por 512 colunas, a partir da mesma fita de entrada do programa PRETIP.

A versão PRE AVHRR/FULL processa dados de vídeo AVHRR de dois canais, com resolução de 10 bits; ou seja, com valores que variam entre 0 e 1023. Mas, tendo em vista que para uma visualização na Unidade de Análise de Imagens (UAI) os valores de "pixel" estão restritos entre 0 e 255, portanto com resolução de 8 bits, faz-se a normalização através de um deslocamento de 2 bits para a direita. Isto é, elimina-se 2 bits da direita, observando que os 10 bits, a exemplo do NEWTIP, estão alojados numa palavra de 2 bytes. Após o tratamento do dado de vídeo, é necessário reparar a imagem por canais colocando-os em fitas magnéticas distintas. A imagem do vídeo como um todo é setorizado em sub-imagens constituídas por 512 linhas por 512 colunas. Na fita magnética essas sub-imagens são armazenadas sequencialmente, da esquerda para a direita e de cima para baixo, formando 32 imagens.

No caso do PRE AVHRR/COMPR o trabalho é semelhante, diferindo apenas na resolução e quantidade de bytes por pixel, isto é, um pixel ocupando os 8 bits de um byte sem degradação. O armazenamento das imagens é feito por um processo idêntico ao do FULL, mas agora para 3 canais.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HUSSEY, W.J. "The Tiros-N Polar Orbiting Environmental Satellite System", NOAA Technical Memorandum. October 1977.
- LAURITSON, L.; NELSON, G.J.; PORTO, F.W. "Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Radiometers", NOAA Technical Memorandum NESS 107, November 1979.
- SCHAWALB, A. "The TIROS-N/NOAA A-G Satellite Series", NOAA Technical Memorandum, NESS 95, March 1978.
- SCHNEIDER, J.R. "Guide for Designing RF Ground Receiving Stations for TIROS-N", NOAA Technical Report, NESS 75, December 1976.
- YAMAZAKI, Y. et alii, 1986 "Sondador Vertical da Atmosfera". A ser apresentado no Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, Gramado, RS, 10-15 agosto 1986.