

## Sensor hiperespectral HSS: sumário das características técnicas

Romero da Costa Moreira<sup>1,2</sup>  
Ruy Morgado de Castro<sup>1</sup>  
Enio Salvatore C. Esposito<sup>1</sup>  
Eduardo Viegas Dalle Lucca<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Estudos Avançados - IEAv/CTA  
Caixa Postal 6044 – 12.231-970 – São José dos Campos - SP, Brasil  
{moreira, rmcastro, enio, lucca}@ieav.cta.br

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{romero, lucca}@itid.inpe.br

**Abstract.** This paper briefly describes technical characteristics of the Hyperspectral Scanner System – HSS, an airborne sensor operated from SIVAM (Amazon Surveillance System). Built by SensyTech Inc. (USA), this sensor is a 12 bit electro-optical airborne scanner embracing spectral region within 0.43 to 12.6  $\mu\text{m}$  with 50 channels, not all continuously. Shortly, main operational information of spatial, spectral and radiometric characteristics is presented.

**Palavras-chave:** remote sensing, hyperspectral imaging, airborne optical scanner, sensoriamento remoto, imageamento hiperespectral, sensor óptico aerotransportado de varredura, HSS, SIVAM.

### 1. Introdução

Até hoje poucas e restritas coletas de dados ópticos multi ou hiperespectrais de caráter científico puderam ser realizadas no país com sensores aerotransportados, todas elas com equipamentos de propriedade estrangeira, através de contratos comerciais ou de convênios de instituições brasileiras de pesquisa com parceiros internacionais.

Mais recentemente, a fim de atender as necessidades do SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia), alguns sensores eletroópticos foram adquiridos para suprir a atual carência desse tipo de dados no país. Dos sensores adquiridos, o HSS (*Hyperspectral Scanner System*) é particularmente interessante a uma análise espectral mais minuciosa devido à sua grande disponibilidade de bandas (50 bandas), que abrangem regiões do espectro que vão da faixa do Visível ao Infravermelho Termal.

O sensor HSS do SIVAM foi fabricado pela SensyTech Inc. (EUA), preparado a partir do projeto comercial da série AHS (*Airborne Hyperspectral Scanner System*), desenvolvido pela empresa há alguns anos com a proposta de possibilitar estudos ambientais diversos (SensyTech, 2003). O modelo entregue ao SIVAM, batizado pelo fabricante de AA5201-AHS, difere de versões anteriores do AHS por apresentar uma maior disponibilidade de bandas, implementações na eletrônica, e pela capacidade de adquirir imagens a uma maior velocidade de varredura do espelho.

Apesar de já haver sido entregue ao SIVAM, ainda muito pouco foi divulgado desse sensor. No intuito de despertar a comunidade de Sensoriamento Remoto para as possibilidades de uso desse equipamento, esse trabalho tem por objetivo apresentar as características operacionais do sensor HSS, conforme seu status atual, abrangendo aspectos espaciais, espectrais e radiométricos. Espera-se que em breve seus dados possam ser disponibilizados às instituições participantes e/ou conveniadas do SIVAM.

## 2. Descrição Funcional do Sensor HSS

O HSS é um sensor de concepção modular, que consiste fisicamente de dois conjuntos destacados de equipamentos, os quais se comunicam através de cabos de alimentação e de transferência de dados: um módulo de controle e um módulo sensor (**Figura 2.1**).

Cada módulo possui um conjunto de subsistemas, responsáveis por funções específicas, que são agrupadas em unidades acomodadas em estruturas destacadas, mas de funcionamento interdependente, integradas pelo programa de operacionalização do fabricante, através do qual o usuário controla e monitora todo o funcionamento do conjunto.

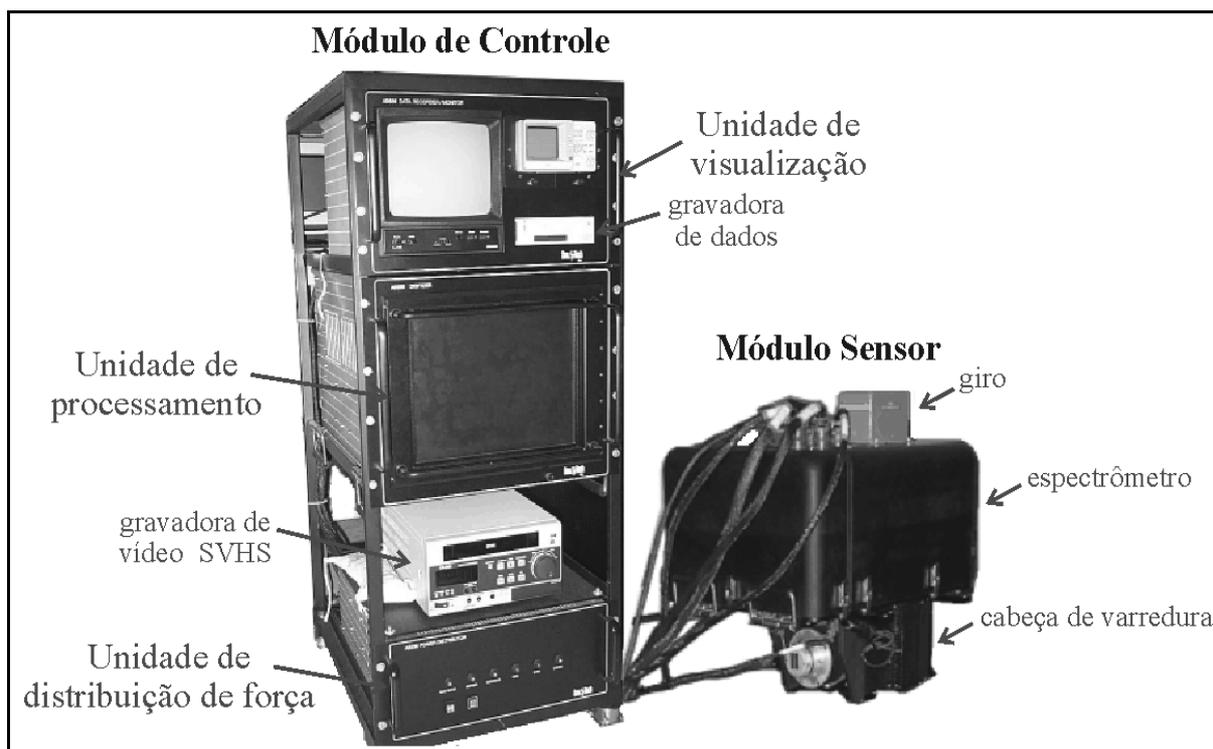


Fig. 2.1 – Sensor HSS: à esquerda o módulo de controle, com unidades montadas no gabinete de suporte; e à direita, unido pelos cabos de conexão, o módulo sensor.

### 2.1 Módulo Sensor

O módulo sensor é responsável pela captação e conversão da radiação eletromagnética em sinal elétrico analógico, e pela pré-amplificação desse sinal. Este módulo é dividido pelo fabricante em dois componentes: a cabeça de varredura e o espectrômetro. Além desses, no entanto, encontra-se fisicamente adaptado sobre a caixa de proteção do sensor um dispositivo giroscópico, responsável por fornecer informações de rolagem da aeronave, as quais são utilizadas para o ajuste lateral, em tempo real, do posicionamento das linhas de varredura.

Para a operação é feita a montagem do módulo sensor em coxins amortecedores sobre uma abertura na região central do piso de passeio da cabina de passageiros da aeronave, de forma a expor a cabeça de varredura verticalmente à radiação da superfície. Esta abertura, em geral, fica protegida por uma janela corredeira ventral de acionamento elétrico, a qual é aberta apenas durante o imageamento, a fim de evitar a excessiva exposição da cabeça a objetos que possam ser ingeridos em situações de transição como pousos, decolagens e traslados.

## A Cabeça de Varredura e as Características Espaciais

A cabeça de varredura consiste de um espelho giratório plano de 6 polegadas de diâmetro, de uma óptica coletora e de dois corpos negros de referência. O espelho varre a superfície no sentido horário, perpendicularmente à trajetória de deslocamento da plataforma em uma janela de  $86^\circ$  de campo de visada (*Field Of View* - FOV). O motor elétrico que gira o espelho tem possibilidade de ajuste da frequência ( $\omega$ ) em cinco rotações pré-estabelecidas: 6,25; 12,5; 25; 50 ou 100 Hz, selecionáveis em vôo, antes do início da gravação.

Após ser refletida no espelho giratório de varredura, a radiação é focalizada pelo espelho parabólico primário e conduzida ao conjunto óptico denominado *p-fund*, o qual engloba o espelho parabólico secundário e dois espelhos defletores planos. Nesse conjunto encontra-se a pupila limitadora, orifício que determina a área de entrada de radiação no espectrômetro. Essa pupila restringe a área de entrada do fluxo radiante e, portanto, caracteriza o Ângulo de Visada Instantâneo (*Instantaneous Field Of View* – IFOV) do sensor (Figura 2.2).

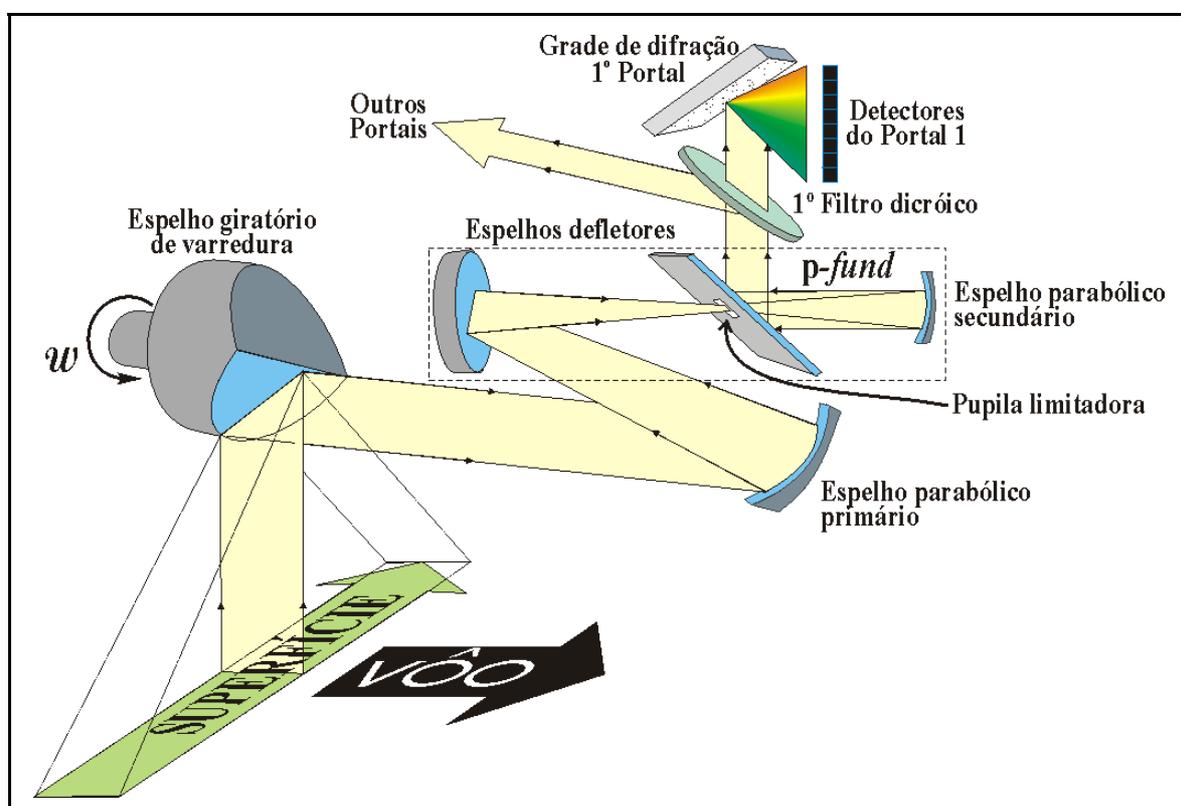


Fig. 2.2 – Esquema óptico do sensor HSS

Para o HSS, a pupila limitadora – por generalização chamada de IFOV – pode ser substituída em um procedimento de manutenção relativamente simples, mas que implica na abertura da cabeça de varredura para a troca do *p-fund*. Cabe ao operador escolher entre duas opções de pupilas disponibilizadas pelo fabricante: uma que resulta no IFOV de  $2,5 \times 2,5$  mrad; ou outra, de menor dimensão, que resulta no IFOV de  $1,25 \times 1,25$  mrad.

Durante a varredura do espelho não há obturação mecânica para a amostragem espacial ao longo das linhas de varredura. Essa amostragem é realizada eletronicamente a uma taxa de um pixel a cada 1,04 mrad de rotação do espelho, na configuração de 1,25 mrad de IFOV, e de um pixel a cada 2,08 mrad de rotação do espelho para o IFOV de 2,5 mrad. Tal característica proporciona uma imagem de 1.440 pixels por linha na configuração de 1,25 mrad, e de 720 pixels por linha, para o IFOV de 2,5 mrad. Na imagem bruta, no entanto, são

registrados 723 pixels por linha. Os 3 pixels excedentes referem-se a informações complementares do sistema. O primeiro diz respeito a informações de codificação da linha, e os outros dois são os níveis digitais registrados com a varredura dos dois corpos negros de referência, posicionados no limite anterior e posterior do campo de visada do sensor. Esses corpos de referência são dispositivos termoelétricos de temperaturas ajustáveis (módulos TEC – *ThermoElectrical Coolers*, Marlow Industries Inc., 2004), cujo revestimento é pintado em tinta negra de alta absorção. Na prática são utilizados para a calibração radiométrica do sistema, tanto da região do espectro refletido quanto do espectro emitido. Para os canais do espectro refletido, em virtude da pintura apresentar reflectância praticamente nula, servem como informação do nível de ruído de fundo instantâneo (linha-a-linha) do sistema, cujos valores (Níveis Digitais) são utilizados para a determinação do *offset* desses canais.

No espectro emitido, os valores das referências servem de parâmetros para a determinação de uma escala de temperaturas de brilho, a qual é utilizada na estimativa de temperatura dos pixels da cena. Essa escala é obtida com o ajuste diferenciado de temperatura das referências, devendo uma ser ajustada para valor acima da temperatura média da cena e a outra para valor abaixo. Como a temperatura dos corpos de referência assim como os seus Níveis Digitais são registrados nos arquivos da imagem, basta uma regra de três simples *p/* estimar, em uma escala linear aproximada, a temperatura de brilho dos pixels da imagem.

### ***O Espectrômetro e as Características Espectrais***

Após passar na pupila de abertura, a radiação colimada pelo 2º espelho parabólico é refletida pelo 2º espelho plano defletor (*Folding Mirror*) do *p-fund*, sendo desviada para o espectrômetro. No espectrômetro a radiação é separada por 3 filtros dicróicos que a distribuem em 5 portais (*Ports*) numerados por: 1, 2A, 2, 3 e 4. Nesses portais ocorrem separações espectrais refinadas e, após, os feixes espectrais são focalizados nos detectores, através de conjuntos de lentes. No caso do HSS há apenas um detector para cada um dos 50 canais, os quais são agrupados em matrizes lineares, ou barretes, com número variável de detectores para cada portal.

Em geral, a separação espectral da radiação nos portais do HSS é realizada através de grades de difração específicas para cada região. É o que ocorre para os portais 1, 2, 3 e 4 (Osterwisch, 2004). No portal 1, por exemplo, conforme ilustrado na **Figura 2.2**, está posicionada a matriz de detectores dos primeiros 20 canais, que abrangem continuamente a região do Visível e do Infravermelho próximo (NIR) – entre os comprimentos de 0,4 e 1,0  $\mu\text{m}$ . No portal 2A, havendo um único elemento detector, numerado como canal 21, não há necessidade de dispositivo de dispersão, mas apenas de um filtro de banda, que no caso abrange uma região ampla do Infravermelho de ondas curtas (SWIR) – entre 1,5 e 1,7  $\mu\text{m}$ . Nos demais portais o esquema óptico é semelhante ao do portal 1, diferindo quanto ao número de canais e suas regiões espectrais: o portal 2, com 16 canais (numerados de 22 a 37) ainda no SWIR, de 1,9 a 2,4  $\mu\text{m}$ ; o portal 3, com 7 canais (numerados de 38 a 44) para a região do Infravermelho médio (MWIR), de 3,0 a 5,5  $\mu\text{m}$ ; e finalmente o portal 4, com 6 canais quase contínuos (numerados de 45 a 50), que abrangem parte do Infravermelho termal (TIR), na região entre 7,9 e 12,6  $\mu\text{m}$ , em larguras espectrais de banda bastante variadas.

O posicionamento e a largura das bandas podem sofrer variações, o que geralmente ocorre de fato, quando são realizados quaisquer procedimentos de manutenção do sistema óptico, como por exemplo a substituição de espelhos. Tais alterações ocorrem porque a movimentação de espelhos, prisma, grades, filtros ou lentes, mesmo que sutis, resultarão em variações do ângulo de incidência da radiação nesses componentes e, conseqüentemente da largura e/ou posicionamento espectral das bandas. É de se esperar, portanto, que a cada procedimento que envolva a recolocação desses componentes seja realizada nova calibração

espectral, a fim de verificar e ajustar as características espectrais resultantes, buscando aproximá-las dos valores estabelecidos no projeto.

Quando necessário, o procedimento de ajuste espectral (calibração espectral) é realizado portal a portal, com a sutil movimentação das matrizes de detectores nos três eixos e/ou com a rotação da respectiva grade de difração. A adequação do ajuste é verificada com o uso de um monocromador, comparando os limites espectrais e o pico do sinal de cada banda espectral com os valores estabelecidos no projeto. Como o ajuste da matriz movimenta todos os detectores do portal de uma só vez, deve-se buscar um ajuste médio de posição, onde os sinais do conjunto de detectores seja coletivamente o mais adequado.

Na **Tabela 2.1** são apresentados os intervalos medidos na última calibração espectral do fabricante, realizada em Junho de 2004, que são dispostos ao lado das especificações de projeto. Nessa tabela pode ser observado que além da divisão dos canais dentro de cada portal há subdivisões em grupos de canais. Cada grupo refere-se a um conjunto de canais que sofrem a mesma aplicação de ganho e de *offset* no sistema, parâmetros radiométricos que podem ser ajustados pelo operador.

Para a operação adequada, os detectores dos portais 2 e 3, de InSb, e os do portal 4, de HgCdTe, necessitam de refrigeração. Esta é proporcionada principalmente por um sistema de ciclo aberto (não pressurizado), à base de Nitrogênio líquido ( $N_2$ liq), que reduz a temperatura a 77 K, mas também, auxiliarmente, por módulos TEC de resfriamento. O portal 2A, com um detector de InGaAs (SensyTech, 2002b), também sofre refrigeração, a fim de proporcionar a estabilidade do sinal para a região espectral abrangida. Este, no entanto, como não necessita de temperaturas tão baixas quanto as das portas 2 a 4 para sua adequada operação, é suficientemente resfriado por um módulo TEC de duplo estágio, operando entre 5 a 10°C (Green, 2004). O portal 1, por fim, é composto por uma matriz linear de detectores de cristais de Silício que não necessita de sistema de refrigeração para a operação na região espectral a ele atribuída, funcionando adequadamente à temperatura ambiente.

## 2.2 Módulo de Controle

O módulo de controle consiste de 3 unidades fisicamente independentes, mas de funcionamento interdependente, interligadas entre si por cabos externos de alimentação e de transferência de dados: unidade de distribuição de força; unidade central de processamento/digitalização, e unidade de visualização/monitoramento e gravação de dados. Estas unidades, montadas em uma torre metálica, incluem os dispositivos responsáveis pelo controle e distribuição de toda energia que alimenta o sistema, pela digitalização do sinal analógico que chega do sensor e pela gravação dos dados, além de prover as interfaces de entrada de comandos e de visualização dos dados para o usuário. Esse módulo também abriga o receptor *Global Positioning System* (GPS) que está incorporado ao sistema – acomodado na unidade de processamento/digitalização, uma unidade de gravação de Disco Rígido (HD) de gaveta intercambiável – posicionada na unidade de visualização, e um gravador analógico de vídeo SVHS – montado sobre a unidade de distribuição de força (**Figura 2.1**).

### *Unidade de Distribuição de Força*

A unidade de distribuição de força recebe alimentação de 28 VDC proveniente da aeronave ou da bancada de testes e distribui automaticamente a tensão regulada necessária ao funcionamento de cada subsistema, tanto do módulo sensor quanto do módulo de controle. Em geral a saída da unidade de força é de corrente contínua, para a alimentação dos circuitos do sistema, com tensão de 5 a 15 Volts, exceto para a alimentação do motor do giro e do monitor de vídeo, que são alimentados com 115 VAC de 400 Hz (SensyTech, 2002a).

**Tabela 2.1 – Características espectrais do sensor HSS**

		DEFINIÇÕES DE PROJETO				MEDIÇÕES DO MONOCROMADOR (JUN 2004)					
		Características Espectrais				Características Espectrais					
PORTAL ÓPTICO	Grupo	Canal	Centro	Limites das Bandas	Largura	Pico do Sinal	Centro	Limites das Bandas	Largura		
PORTAL 1 (20 bandas)	1	1	0,445	0,430	0,460	0,030	0,454	0,457	0,442	0,473	0,030
		2	0,475	0,460	0,490	0,030	0,482	0,485	0,469	0,500	0,030
		3	0,505	0,490	0,520	0,030	0,511	0,512	0,497	0,527	0,030
		4	0,535	0,520	0,550	0,030	0,540	0,540	0,526	0,555	0,029
	2	5	0,565	0,550	0,580	0,030	0,568	0,569	0,554	0,584	0,030
		6	0,595	0,580	0,610	0,030	0,597	0,598	0,583	0,613	0,030
		7	0,625	0,610	0,640	0,030	0,626	0,626	0,610	0,642	0,032
		8	0,655	0,640	0,670	0,030	0,656	0,656	0,640	0,672	0,031
	3	9	0,685	0,670	0,700	0,030	0,685	0,685	0,670	0,700	0,030
		10	0,715	0,700	0,730	0,030	0,715	0,714	0,700	0,729	0,029
		11	0,745	0,730	0,760	0,030	0,743	0,743	0,728	0,757	0,029
		12	0,775	0,760	0,790	0,030	0,772	0,771	0,756	0,785	0,029
	4	13	0,805	0,790	0,820	0,030	0,801	0,800	0,786	0,814	0,028
		14	0,835	0,820	0,850	0,030	0,830	0,829	0,814	0,843	0,028
		15	0,865	0,850	0,880	0,030	0,859	0,859	0,844	0,874	0,030
		16	0,895	0,880	0,910	0,030	0,888	0,887	0,874	0,901	0,027
	5	17	0,925	0,910	0,940	0,030	0,915	0,914	0,900	0,928	0,028
		18	0,955	0,940	0,970	0,030	0,944	0,943	0,928	0,957	0,029
		19	0,985	0,970	1,000	0,030	0,971	0,971	0,956	0,985	0,029
		20	1,015	1,000	1,030	0,030	1,000	0,999	0,983	1,014	0,030
										Média	0,0296
PORTAL 2A	6	21	1,650	1,550	1,750	0,200	1,625	1,585	1,525	1,646	0,122
PORTAL 2 (16 bandas)	7	22	2,050	2,040	2,060	0,020	2,006	2,004	1,991	2,017	0,026
		23	2,070	2,060	2,080	0,020	2,032	2,031	2,018	2,044	0,026
		24	2,090	2,080	2,100	0,020	2,058	2,061	2,044	2,077	0,033
		25	2,110	2,100	2,120	0,020	2,083	2,083	2,070	2,096	0,026
	8	26	2,130	2,120	2,140	0,020	2,109	2,109	2,096	2,122	0,025
		27	2,150	2,140	2,160	0,020	2,135	2,134	2,122	2,147	0,025
		28	2,170	2,160	2,180	0,020	2,159	2,160	2,147	2,172	0,025
		29	2,190	2,180	2,200	0,020	2,184	2,184	2,171	2,196	0,025
	9	30	2,210	2,200	2,220	0,020	2,208	2,208	2,196	2,221	0,024
		31	2,230	2,220	2,240	0,020	2,233	2,233	2,221	2,245	0,024
		32	2,250	2,240	2,260	0,020	2,256	2,257	2,245	2,268	0,023
		33	2,270	2,260	2,280	0,020	2,279	2,280	2,268	2,292	0,024
	10	34	2,290	2,280	2,300	0,020	2,302	2,303	2,291	2,316	0,024
		35	2,310	2,300	2,320	0,020	2,326	2,326	2,315	2,338	0,023
		36	2,330	2,320	2,340	0,020	2,348	2,349	2,338	2,361	0,023
		37	2,350	2,340	2,360	0,020	2,370	2,371	2,360	2,382	0,022
										Média	0,0250
PORTAL 3 (7 bandas)	11	38	3,200	3,025	3,375	0,350	3,170	3,201	3,011	3,392	0,380
		39	3,550	3,375	3,725	0,350	3,523	3,509	3,320	3,698	0,378
		40	3,900	3,725	4,075	0,350	3,850	3,864	3,683	4,045	0,362
	12	41	4,250	4,075	4,425	0,350	4,178	4,250	4,046	4,454	0,409
		42	4,600	4,425	4,775	0,350	4,593	4,606	4,414	4,798	0,384
		43	4,950	4,775	5,125	0,350	4,977	4,951	4,768	5,134	0,366
		44	5,300	5,125	5,475	0,350	5,320	5,273	5,126	5,426	0,300
										Média	0,3685
PORTAL 4 (6 bandas)	13	45	8,220	8,000	8,450	0,450	8,215	8,181	7,897	8,465	0,568
		46	8,680	8,450	8,900	0,450	8,671	8,684	8,455	8,912	0,457
		47	9,130	8,900	9,350	0,450	9,153	9,158	8,934	9,382	0,449
	14	48	9,800	9,350	10,250	0,900	9,622	9,805	9,405	10,205	0,801
		49	10,750	10,250	11,250	1,000	10,601	10,811	10,328	11,294	0,966
		50	12,080	11,250	12,900	1,650	11,705	12,025	11,455	12,594	1,139

FONTE: Adaptada de SensyTech (2004b).

Basta que operador acione o interruptor de alimentação principal do painel frontal dessa unidade para que o sistema seja adequadamente energizado, restando apenas monitorar o disjuntor principal de segurança, no caso desse vir a interromper a alimentação por ocorrência de uma eventual sobrecarga. Além deste disjuntor principal, outros disjuntores auxiliares promovem a segurança de subsistemas específicos, como no caso do giro, do motor de acionamento do espelho de varredura, das fontes de referência, da unidade de processamento/digitalização e do monitor de vídeo.

### ***Unidade Central de Processamento e as Características Radiométricas***

Na unidade central de processamento (UCP) é realizada a maior parte do processamento e todo o controle de operação do sistema. Um monitor de tela ativa (*touch screen*) permite a visualização dos ajustes e a entrada de comandos do operador, por toque, para a modificação de parâmetros de funcionamento do sistema.

Internamente, a unidade de processamento acomoda o digitalizador, que recebe os sinais analógicos pré-amplificados dos 50 canais do espectrômetro e os converte em valores digitais, com 12 bits de quantização por canal (4096 Níveis Digitais), através de quatro placas conversoras Analógico-Digital (A/D). É no digitalizador que são aplicados sobre o sinal proveniente do espectrômetro, antes da conversão A/D, os valores de ganho e *offset*, conforme inseridos pelo operador na tela ativa de controle operacional, para os 14 grupos de canais (discriminados na **Tabela 2.1**). O ganho é um fator multiplicativo que, no HSS, varia de  $\frac{1}{4}$  a 10, podendo reduzir (fator de  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{2}$ ) o sinal de alvos muito brilhantes (“claros”), amplificar o sinal de alvos “escuros” (fatores 2 a 10) ou preservar o sinal original (fator 1). O *offset*, por sua vez, é uma constante que é propositalmente somada ao sinal do alvo, de forma a ajustá-lo, em toda sua amplitude, dentro de valores adequados. No HSS essa constante tem 4 níveis de ajuste, cada nível equivalendo a aproximadamente  $\frac{1}{4}$  volt. É na própria tela que se verifica, em um gráfico, se o sinal está adequado, ou se está ocorrendo saturação ou compactação, em virtude da seleção inadequada do ganho e/ou do *offset*.

Do digitalizador o sinal da imagem é formatado e enviado ao sistema de memória interna, onde é agregado a dados auxiliares – como as informações de GPS, de temperatura dos corpos de referência e de calibração em bancada – ficando pronto p/ ser gravado na unidade externa de gravação, quando for comandado pelo operador.

### ***Unidade de Visualização***

A unidade de visualização acomoda três componentes independentes, que estão diretamente ligados à unidade central de processamento: a gravadora de dados, o osciloscópio de visualização do sinal e o monitor de visualização da imagem em tempo real, o MWD (*Moving Window Display*).

A gravadora de dados registra em mídia externa as informações completas armazenadas na memória interna da unidade de processamento. Até Maio de 2004, esta gravadora era uma unidade do tipo *Mammoth-2*, para fitas exabyte, de 40 GBytes de capacidade. Em uma revisão posterior do fabricante essa unidade foi substituída por um disco rígido de gaveta móvel, do tipo SCSI (*Small Computer Standard Interface*), com a mesma capacidade de armazenamento (SensyTech, 2004a). Essa substituição trouxe como vantagens uma maior velocidade de gravação e a simplificação do processamento dos dados. Atualmente os dados podem ser processados através da própria unidade central de processamento e gravados no HD juntamente com os dados brutos – desde que o sensor não esteja coletando dados – não sendo obrigatória, portanto, a utilização de uma estação externa de processamento.

O monitor de visualização MWD apresenta a imagem de apenas um dos canais do sensor, conforme selecionado pelo operador. Este monitor recebe e apresenta os dados do canal

selecionado, já processados, que estão disponíveis no sistema interno de memória da unidade de processamento. Como o processamento é imediato, é comum referir-se aos dados do monitor como a imagem “em tempo real” da superfície.

Uma outra forma de utilização do monitor de visualização é através da função *Replay*, quando um dado já gravado na mídia externa (HD móvel) pode ser repassado na tela. Há ainda a possibilidade de utilização do MWD como monitor para a visualização das imagens gravadas na fita de vídeo da unidade SVHS. Essa unidade, no entanto, registra apenas a imagem do único canal ativo na MWD. Ou seja, será gravado na fita exatamente o que estiver sendo visualizado na MWD: imagens em tons de cinza.

Assim como o monitor de visualização, o osciloscópio recebe diretamente os dados da memória interna da unidade de processamento, mas difere do primeiro por permitir visualizar, em forma de sinal (no domínio do tempo), até dois sinais de canais do sensor, selecionáveis na tela ativa através das opções *Upper Trace* e *Lower Trace*. Normalmente é posicionado no *Upper Trace* o sinal proveniente do mesmo canal apresentado no MWD, mas este pode ser modificado manualmente, caso necessário, através dos comandos da tela ativa.

### 3 Considerações Finais

O objetivo deste trabalho, conforme mencionado, é apresentar as características operacionais do HSS, no intuito de divulgar os seus recursos à comunidade de Sensoriamento Remoto. Aspectos espaciais, espectrais e radiométricos foram apresentados para permitir o julgamento dos usuários de imagens multi e hiperespectrais sobre a conveniência dos recursos do sensor nas aplicações que lhes interessam.

Outros aspectos do sensor ou das características dos seus dados deverão ser objeto de novas publicações, à medida que a utilização de suas imagens gere maior demanda de informação. Espera-se que as informações aqui apresentadas, entretanto, sejam suficientemente abrangentes para propiciar ao pesquisador conhecimento das reais possibilidades de utilização do sensor.

### 4 Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração da CCSIVAM, CTA, COMGAR, III FAE e 2º/6ºGA v., que disponibilizaram equipamentos, dados e/ou meios para a realização do trabalho.

### Referências

- Green, J.M. <john.green@argonst.com >. **AHS detector cooler system**. Moreira, R.C. <moreira@ieav.cta.br> Out 22, 2004.
- Marlow Industries, Inc. **Thermoelectric Cooling Systems**: design guide. Dallas, 1996. 21 p.
- Osterwisch, F.G. <fred.osterwisch@sensytech.com>. **About HSS optics**. Moreira, R.C. <moreira@ieav.cta.br> Sep 09, 2004.
- Sensytech Inc. **AA5201 Airborne hyperspectral scanner system**: operator manual. Ann Arbor, Nov 2002a. v. 1. (Sensytech MN52011A Rev.1).
- Sensytech Inc. **AA5201 Airborne hyperspectral scanner system**: maintenance manual. Ann Arbor, Nov 2002b. v. 2. (Sensytech MN52012A Rev.1).
- Sensytech Inc. **AA5201 Airborne hyperspectral scanner system**: operator manual. Ann Arbor, Apr 2004a. v. 1. (Sensytech MN52011A Rev.2).
- Sensytech Inc. **AA5201 Airborne hyperspectral scanner system**: spectral calibration data. Ann Arbor, Jun 2004b.
- Sensytech. **AHS – Airborne Hyperspectral Scanner**. [on line]. <<http://www.sensytech.com/Imaging/ahs.html>>. Apr 22, 2003.