

Avaliação em laboratório do sensor HSS

Ruy Morgado de Castro ^{1,2}
Romero da Costa Moreira ^{1,3}
Enio Salvatore C. Esposito ¹

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

²Universidade de Taubaté - UNITAU
Caixa Postal 515 - 12201-970 - Taubaté - SP, Brasil
rmcastro@unitau.br

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{romero, lucca}@ltid.inpe.br

Abstract. This paper describes a methodology to assess the data obtained with HSS sensor, acquired by SIVAM. The procedure takes into account the randomness of the data and includes the study of the fast Fourier transform, correlations and the dispersion. These results show the good performance and stability of the sensor.

Palavras-chave: remote sensing, electro-optical airborne sensor, airborne optical scanner, sensoriamento remoto, sensor eletroóptico aerotransportado, HSS.

1. Introdução

A incerteza obtida no resultado final de uma medição é combinação das diversas incertezas em cada um dos componentes do sistema. Em um sistema imageador, como o HSS, a incerteza final para a radiância em um píxel é a composição das incertezas do sistema óptico, da eletrônica, da plataforma e da própria imagem. Deste modo torna-se importante avaliar e entender a influência da incerteza de cada um destes “subsistemas” no resultado final da medição, para que se possa determinar de maneira adequada à configuração de utilização do sensor.

Deste modo, este trabalho dá continuidade a estudos já desenvolvidos na Divisão de Geointeligência (EGI) do Instituto de Estudos Avançado (IEAv), Castro (2005), que tem por finalidade avaliar o Sensor HSS (*Hyperspectral Scanner System*), Moreira (2005), adquirido para o SIVAM (Sistema de Vigilância da Amazônia).

Em um trabalho anterior, foi utilizada a abordagem da imagem escura no sensor a fim de avaliar o ruído no produto final, a imagem, gerada nas condições normais de funcionamento do sensor. Este trabalho está sendo continuado, agora com a análise do sinal gerado na medição de uma placa difusora branca de Spectralon, Labsphere (2006), iluminada por lâmpadas de filamento de tungstênio calibradas. A partir destes resultados espera-se obter uma avaliação do sensor, em laboratório, para uma situação de medição, sem que sejam levados em consideração os efeitos devido a plataforma e a medições de alvos com reflectância desconhecida (que serão avaliados posteriormente).

2. Arranjo experimental e aquisição dos dados

As medições foram realizadas utilizando o sensor HSS, Sensytech Inc (2002a) e Moreira (2005), e sua bancada de calibração e testes, Sensytech Inc (2002b). A bancada possui dois sistemas de calibração. O primeiro deles permite a calibração radiométrica para comprimentos de onda entre 0,4 e 2,5 μm , abrangendo a região do espectro visível refletido (bandas de 1 a 37 do HSS), por meio de lâmpadas calibradas que iluminam um painel difusor branco. O segundo (não utilizado neste experimento) permite a calibração na região termal, ou seja de 2,5 à 14 μm , por meio de uma placa metálica com aquecimento controlado. A bancada também fornece a tensão necessária para o funcionamento do sensor.

Para a obtenção das imagens, o sensor HSS foi colocado sobre a bancada de calibração, com as lâmpadas de calibração ligadas. O IFOV utilizado foi de 2,5 mrad, para todas frequências de varredura. Os ganhos e *offsets* foram selecionados para que o sinal obtido, em cada conjunto de bandas, fosse o mais adequado para que não houvesse extrapolação dos limites na conversão dos valores de tensão para números digitais.

Foram realizadas medições para cada uma das frequências de varredura disponíveis no HSS. Os arquivos de dados resultantes possuíam 723 colunas para cada linha de varredura, sendo 720 referentes à imagem e outras três colunas de dados do sistema: uma coluna corresponde ao controle de sincronização do espelho de varredura e as outras duas referentes aos valores digitais dos corpos de referência.

3. Análise dos dados

Da mesma maneira que o trabalho anterior, Castro (2005), onde foi realizada uma avaliação do ruído no Sensor HSS, utilizando a abordagem de corrente escura, o tratamento dos dados foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, de caráter qualitativo, foi verificada a homogeneidade das imagens, investigando visualmente a existência de variações grosseiras de brilho. Na segunda etapa, foi avaliada a existência de componentes sistemáticas por meio de uma análise de Fourier e da Correlação (ρ) dos dados, permitindo a identificação de “sinais” periódicos de frequência característica e da existência de interferências no sistema. Também foi estudada a dispersão dos dados obtidos.

Devido à disposição geométrica (entre o sensor, o painel de Spectralon e as lâmpadas) as imagens obtidas, ver **Figura 1**, possuem um perfil ao longo de uma coluna, semelhante ao de uma gaussiana, ver **Figura 2**, onde o máximo de intensidade corresponde ao centro do painel de Spectralon. Com isto, as imagens foram avaliadas principalmente quanto ao comportamento ao longo da linha de “vôo” (ou seja, para uma determinada coluna da imagem), visto que o perfil dos dados ao longo de uma coluna, ver **Figura 1**, não permite uma análise muito consistente, devido à baixa quantidade de dados com mesmo comportamento.



Figura 1: Imagem, em tons de cinza, obtida com o sensor HSS de um painel de Spectralon iluminado por duas lâmpadas de filamento de tungstênio. Na medição foi utilizado o IFOV de 2,5 mrad e uma frequência de varredura de 6,25 Hz. Na vertical são mostradas as 150 linhas e na horizontal 720 colunas correspondentes ao FOV de 86° do sensor.

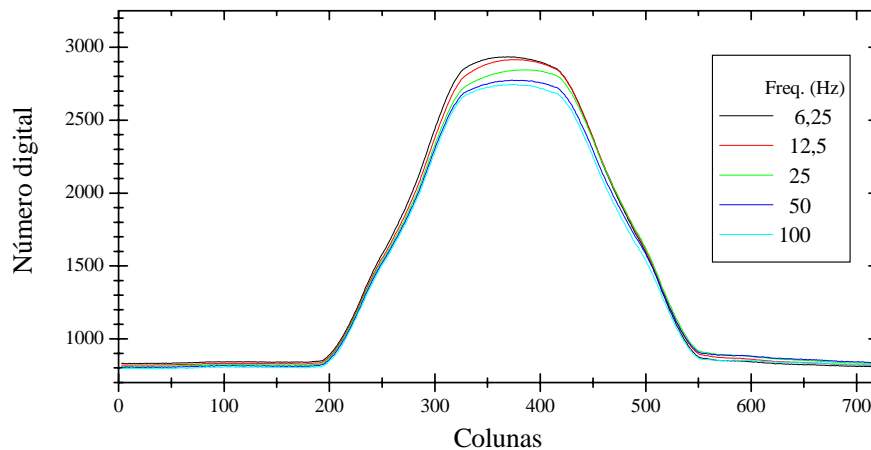


Figura 2: Perfil característico das colunas obtidas na medição. Na figura são mostrados os perfis da média de 100 linhas de uma imagem, do painel branco iluminado com as lâmpadas de tungstênio, para cada uma das frequências de varredura do Sensor HSS.

A partir da **Figura 2** podemos perceber que o sinal, correspondente a uma mesma radiância, medido em números digitais é sistematicamente maior quanto menor a frequência de varredura. Entretanto, é conveniente lembrar que, este efeito é devidamente corrigido quando são aplicados os coeficientes da calibração radiométrica.

Na análise visual dos dados não foram observadas variações de intensidade nas medições ao longo da linha de vô. Na análise quantitativa foi possível verificar que os dados, obtidos em uma determinada coluna, apresentam uma flutuação em torno de um valor médio, não sendo evidente (dentro da precisão estatística obtida nas medições) nenhum outro comportamento sistemático, além da radiância associada à coluna. Na análise temporal dos dados, realizada por meio do procedimento de FFT (*Fast Fourier Transform*), também não foi identificada a contribuição de sinal periódico evidente.

O estudo da correlação foi realizado em três partes. No primeiro foi calculada a correlação entre os dados (distribuídos ao longo da linha de vô) em uma mesma banda. No segundo foi estudada a correlação entre os dados ao longo de uma coluna, nas diversas bandas. Também foi estudada a correlação entre os dados obtidos para o painel branco e os obtidos para as referências 1 e 2 do sensor.

Da mesma maneira que o estudo anterior, Castro (2005), as correlações obtidas foram muito pequenas (em geral, ρ menores que 0,3), sendo que as maiores correlações correspondem aos dados de colunas vizinhas, em uma mesma banda. Verificou-se também a existência de uma pequena correlação entre as bandas 34, 35, 36 e 37, as quais pertencem a um mesmo conjunto de detectores, como no estudo anterior. As correlações entre os valores das referências nas diversas bandas também foram inferiores a 0,1.

Na avaliação da dispersão dos dados, realizada por meio do cálculo do desvio padrão das medições, a imagem foi novamente analisada ao longo da linha de vô. Para isto, o perfil da imagem em relação às colunas (ver **Figura 2**) foi dividido em 5 regiões: os dois corpos de referência, e três regiões de 5 colunas (uma região à esquerda do pico, outra à direita e a última no pico). Utilizando os dados referentes a 1000 linhas (para cada uma das regiões) foram calculados os valores de desvio padrão. Como os ganhos selecionados não foram os mesmos em todas as medições, a comparação dos desvios padrões só pode ser realizada normalizando os valores para um ganho igual a um. Os resultados obtidos indicam que os desvios padrões, das diversas regiões, são praticamente os mesmos, conforme pode ser observado na **Figura 3**.

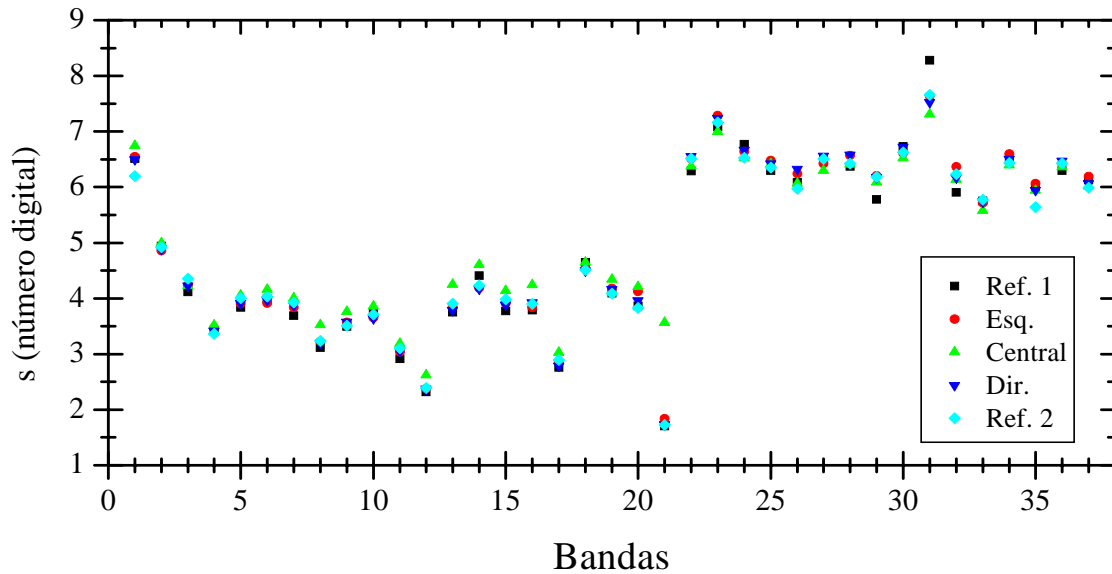


Figura 3: Gráfico do desvio padrão para a medição para as várias regiões (corpo de referência 1; regiões a esquerda, central e a direita do pico; e corpo de referência 2) em função da banda do sensor. A imagem, de uma placa de Spectralon iluminada por lâmpadas de filamento de tungstênio, foi obtida em bancada utilizando em uma frequência de varredura de 6,25 Hz.

Comparando estes resultados com os obtidos no trabalho anterior, Castro (2005), verifica-se que os resultados são muito semelhantes, ver **Figura 4**. Nesta figura pode ser observado o gráfico do desvio padrão em várias bandas para as medições na frequência de varredura de 6,25 Hz.

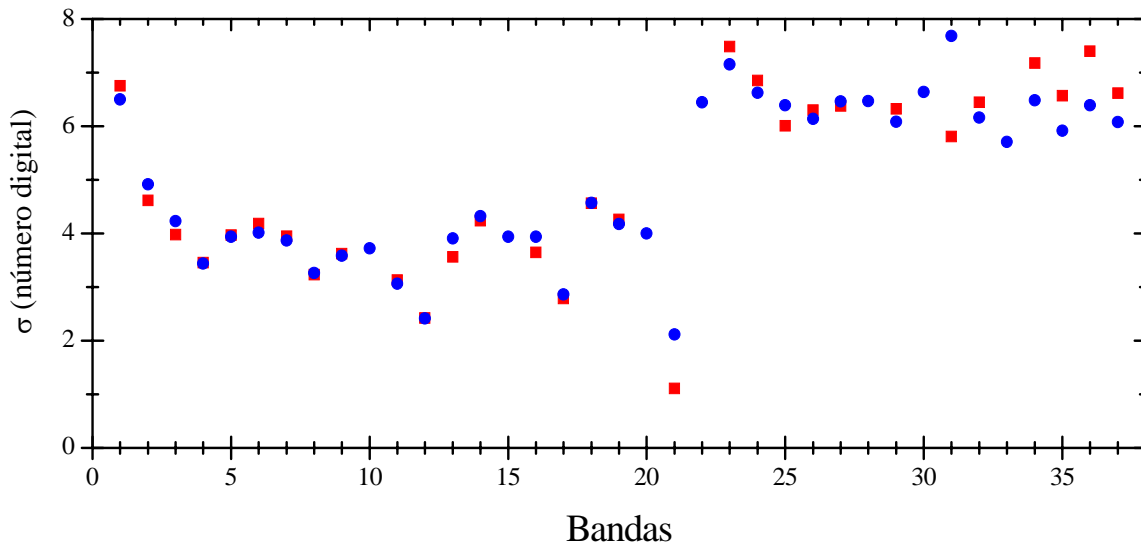


Figura 4: Gráfico do desvio padrão em função da banda para a frequência de varredura de 6,25 Hz. Em azul são apresentados os dados deste trabalho e, em vermelho, os dados do desvio padrão da medição da imagem escura, Castro (2005). Os desvios padrão de algumas bandas, do trabalho anterior, não são apresentados devido à alta extrapolação na conversão dos dados.

Comparando novamente o resultado da dispersão para uma mesma banda nas diversas frequências de varreduras verificamos que ele apresenta o mesmo comportamento que o já

registrado anteriormente, como pode ser observado na **Figura 5**. Como podemos perceber a menor dispersão é obtida com a frequência de varredura de 12,5 Hz.

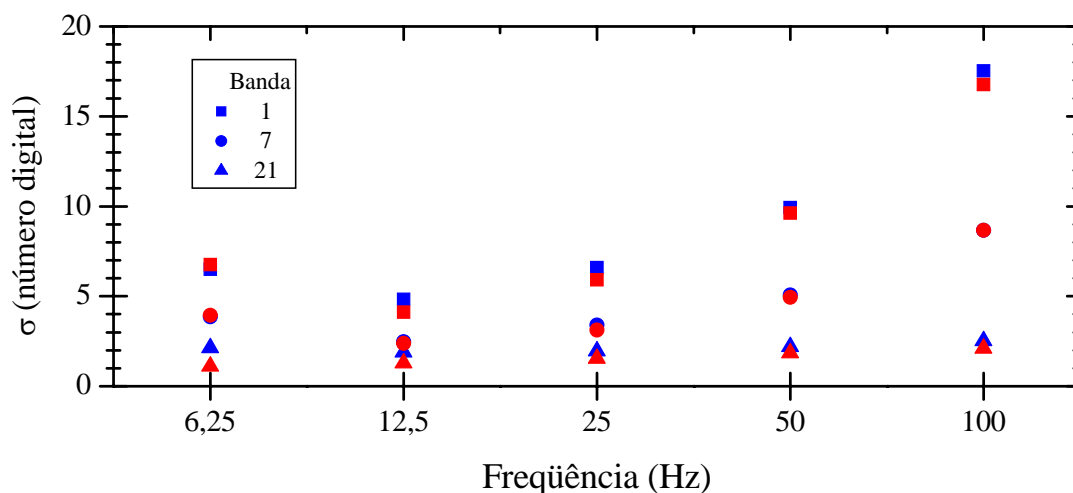


Figura 5: Gráfico do desvio padrão em função da frequência de varredura para as bandas 1, 7 e 21. Em azul são apresentados os dados deste trabalho e, em vermelho, os dados do desvio padrão da medição da imagem escura, Castro (2005).

5. Conclusão

Como nos resultados anteriores, a inspeção visual, a análise temporal e os testes de correlação, não indicaram nenhum comportamento não aleatório significativo nas medições realizadas, mesmo apresentando uma ligeira correlação para as bandas 34, 35, 36 e 37 (de um mesmo conjunto de detetores, que compartilham um mesmo sistema de eletrônico de amplificação e conversão de dados).

Os resultados do desvio padrão, obtidos nas medições do painel difusor iluminado foram muito semelhantes aos já registrados anteriormente para corrente escura, mesmo com um intervalo de tempo de aproximadamente um ano entre estas medições, indicando uma boa estabilidade no funcionamento do sensor.

Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração do COMGAR, CTA/IEAv, III FAE, 1°/6°Gav e INPE.

Referências

- Castro, R. M.; Moreira, R. da Costa; Espósito, E. S.C.; Lucca, E.V.D. **Avaliação do ruído em sensores eletroópticos: abordagem da imagem escura no HSS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 355-362. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.15.33/doc/355.pdf>>. Acesso em: 15 nov 2006.
- Labsphere, Materials & Coatings, http://www.labsphere.com/data/userFiles/MaterialsCoatings_2.pdf, ultimo acesso em 13/nov/2006.
- Moreira, R. C.; Castro, R. M.; Esposito, E. S. C.; Lucca, E. V. D. **Sensor hiperespectral HSS: sumário das características técnicas**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4517-4524. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.03.16.58/doc/4517.pdf>. Acesso em: 15 nov 2006.

Sensytech Inc. AA5201 Airborne hyperspectral scanner system: operator manual. Ann Arbor, Nov 2002a. v. 1.

Sensytech Inc. AB532 Scanner System Test Bench: Operator Manual. MN. Ann Arbor, Nov 2002b. v. 1.