

APLICAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA HIDROVIA PARANÁ – PARAGUAI

Pedro José da Silva¹, Maria Aparecida Faustino Pires²

Abstract — *The imaging cameras installed in the payload module, the satellites are examples of remote sensors, allowing the observation of the earth and collecting data at a distance. The signals recorded by remote sensors are transmitted to receiving stations in the earth, where they are transformed into data, images, graphs or tables. It is required of a researcher prior knowledge of the type of sensor installed on the satellite, because the type of camera imageadora is of fundamental importance for obtaining the information of interest. The observation of the earth that is of interest of this work is one that refers to the spectral width which collects data from River Basin of the Workmanships Paraná-Paraguay, and presents a spatial resolution which allows distinguishing features in the different spectral resolution of the basin, obtained with remote sensing such as: High Resolution Imaging Camera and Imaging Camera from Wide Field of View.*

Keywords: Remote Sensors, Workmanships, River Basin, Images.

Resumo — *As câmeras imageadoras instaladas no módulo de carga útil dos satélites são exemplos de sensores remotos, permitindo a observação da terra e a coleta de dados à distância. Os sinais registrados pelos sensores remotos são transmitidos para estações de recepção na terra, onde são transformados em dados, imagens, gráficos ou tabelas. Exige-se do pesquisador um prévio conhecimento do tipo de sensor instalado no satélite, pois o tipo de câmera imageadora é de fundamental importância para a obtenção das informações de interesse. A observação da terra que é de interesse deste trabalho é aquela que se refere à largura espectral que coleta dados da Bacia Hidrográfica da Hidrovia Paraná-Paraguai e, apresenta uma resolução espacial que permite distinguir diferentes feições existentes na resolução espectral da referida bacia, obtidas com sensores remotos do tipo: Câmera Imageadora de Alta Resolução e Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada.*

Palavras-chave: Sensores Remotos, Hidrovia, Bacia Hidrográfica, Imagens.

INTRODUÇÃO

O conjunto de atividades que envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres, presentes em uma imagem da Bacia Hidrográfica da Hidrovia Paraná – Paraguai, e registrados por sensores remotos é entendido como **sensoriamento remoto**.

A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética.

O **sol** e a **terra** são as duas principais fontes naturais de energia eletromagnética utilizada no sensoriamento remoto das diferentes porções da superfície terrestre. A radiação emitida pelo sol é composta por ondas ditas elétricas e magnéticas, por isto é denominada de radiação eletromagnética. A energia eletromagnética não necessita de um meio para se propagar sendo definida como que se move na forma de onda eletromagnéticas à velocidade da luz, isto é, a 300.000km/s.

Segundo Moraes (2007) a quantidade e a qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres resultam das interações entre a energia eletromagnética e estes objetos. Essas interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados dos sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, e assim avaliar suas principais características.

SENSORES REMOTOS

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2007) o sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas que permite obter informações da terra à distância, logo os sensores remotos são ferramentas indispensáveis ao sensoriamento.

Os sensores remotos são equipamentos que podem ser instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões, helicópteros e aviões) e orbitais (satélites artificiais). São exemplos de sensores remotos câmeras fotográficas, câmeras de vídeo, radiômetros, scanners, radares. Os equipamentos ópticos e eletrônicos usados para a observação da terra e

¹ Pedro José da Silva, Pós-doutorando/Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP/CNEN) – Centro de Química e Meio Ambiente - CQMA. Professor da Faculdade de Engenharia Civil - Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP, p-jose-silva@uol.com.br

² Maria Aparecida Faustino Pires. Supervisora do Pós-Doutorado. Gerente do Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA/ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP/CNEN), mapires@ipen.br

coleta de dados encontram-se acomodados no módulo de carga útil de “objetos” construídos pelo homem denominados satélites artificiais ou veículos espaciais colocados em órbita da terra por meio de foguetes, também conhecido como veículo lançador não recuperável.

Os sensores eletromagnéticos coletam a radiação eletromagnética convertendo-a formato digital. Um único sensor do satélite não coleta dados ao longo de todo o espectro eletromagnético, mas somente em porções específicas, as quais são denominadas bandas espectrais ou simplesmente bandas.

TIPOS DE SENSORES REMOTOS - ESCOLHA

Para melhor interpretar os sinais coletados faz-se necessário o conhecimento das condições experimentais como: fonte de irradiação, efeitos atmosféricos, geometria de aquisição de dados, tipo de processamento e estado do objeto, características do sensor. Neste trabalho abordaremos em especial as características do sensor. Ver figura 1.

Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI – Wide Field Imager) - Como exemplos de aplicações potenciais da WFI podem-se destacar: previsão do tempo, estudos sobre correntes oceânicas, marés, química da atmosfera, planejamento agrícola, entre outros. Uma aplicação de grande relevância é o monitoramento das bacias hidrográficas pelas redes da plataforma ANA e do SIVAN, que fornecem diariamente os dados fluviométricos e pluviométricos do Brasil.

Características do Imageador de Amplo Campo de Visada

Bandas espectrais 0,63 – 0,69 μm (vermelho)
 0,77 – 0,89 μm (infra-vermelho)
 Campo de visada 60°
 Resolução espacial 260 x 260 m
 Largura da faixa imageada 890 km
 Resolução temporal 5 dias

Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD – High Resolution CCD Câmera) - Como exemplos de aplicações potenciais da CCD podem-se destacar: identificação de campos agrícolas, monitoramento de desmatamentos, planejamentos regionais do uso do solo, avaliação e prospecção de recursos naturais, análises ambientais diversas, fiscalizações, etc.

Características do Imageador de Alta Resolução

Bandas espectrais 0,51 – 0,73 μm (pan)
 0,45 – 0,52 μm (azul)
 0,52 – 0,59 μm (verde)
 0,63 – 0,69 μm (vermelho)
 0,77 – 0,89 μm (infravermelho próximo)

Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS – Infrared Multispectral Scanner) - Como exemplos de aplicações potenciais da IRMSS podem-se destacar: suas aplicações podem ser as mesmas da CCD, com as devidas adaptações.

Características do Imageador por Varredura de Média Resolução

Bandas espectrais 0,50 – 1,10 μm (pancromática)
 1,55 – 1,75 μm (infravermelho médio)
 2,08 – 2,35 μm (infravermelho médio)
 10,40 – 12,50 μm (infravermelho termal)
 Campo de visada 8,8°
 Resolução espacial 80 x 80 m (160 x 160 m termal)
 Largura da faixa imageada 120 km
 Resolução temporal 26 dias com visada vertical

Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC – High Resolution Câmera) - Como exemplos de aplicações potenciais da HRC podem-se destacar: observação com grande detalhamento dos objetos.

Características da Câmera Pancromática de Alta Resolução

Bandas espectrais 0,50 – 0,80 μm (pancromática)
 Campo de visada 2,1°
 Resolução espacial 2,7 x 2,7 m
 Largura da faixa imageada 27 km
 Resolução temporal 132 dias

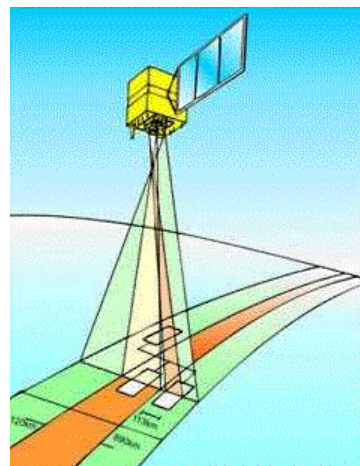


FIGURA 1: CAMPOS DE VISADA DE IMAGEADOR

Fonte: INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br>

O entendimento das características do Imageador necessita do conhecimento dos seguintes conceitos:

- Resolução espacial – representa a capacidade de o sensor distinguir objetos.

- b) Resolução espectral – refere-se à largura espectral em que opera o sensor.
- c) Resolução radiométrica – define a eficiência do sistema em detectar pequenos sinais, ou seja, refere-se à maior ou menor capacidade do sistema sensor em detectar e registrar diferenças na energia refletida e ou emitida pelos elementos que compõe a cena (rochas, solos, vegetação, águas, etc.).
- d) Espectro eletromagnético – é a distribuição da intensidade da energia eletromagnética (radiação eletromagnética) podendo ser ordenada de maneira contínua em função do seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético.
- e) Espectro solar – refere-se à região do espectro eletromagnético que compreende os tipos de energia emitidos pelo sol, a saber: 9% região do ultravioleta, 45% região do visível, 45% região do infravermelho próximo e médio.
- f) Espectro Óptico – refere-se à região do espectro eletromagnético que compreende as energias que podem ser coletadas por sistemas ópticos, a saber: ultravioleta, visível e infravermelho.
- g) Espectro visível – refere-se ao conjunto das energias eletromagnéticas percebido pelo sistema visual humano, também denominado de luz.
- h) Espectro termal – refere-se ao conjunto das energias eletromagnéticas emitidas pelos objetos terrestres e encontra-se nos intervalos espectrais correspondentes ao infravermelho médio e distante.

OBJETOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA HIDROVIA PARANÁ– PARAGUAI COMPORTAMENTO ESPECTRAL

O fluxo de energia eletromagnética ao atingir um objeto terrestre, presente na bacia, energia incidente, sofre interação com o material que o compõe, sendo parcialmente refletido, absorvido e transmitido pelo objeto. A capacidade de um objeto absorver, refletir e transmitir a radiação eletromagnética são denominados, respectivamente, absorvância, reflectância e transmitância, sendo que Os valores variam de 0 a 1 (Moraes, 2007).

A assinatura espectral do objeto, que corresponde ao comportamento espectral de um objeto é definido como o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético. A assinatura espectral de um objeto define as feições deste, sendo que a forma, a intensidade e a localização de cada banda de absorção é que caracteriza o objeto.

Segundo Moraes (2007), os objetos interagem de maneira diferenciada especialmente com a eletromagnética incidente, pois os objetos, presentes em específico na bacia hidrográfica da hidrovia Paraná – Paraguai apresentando diferentes propriedades físico-químicas e biológicas. Estas diferentes interações é que possibilitam a distinção e o

reconhecimento dos diversos objetos, que formam a referida bacia, sensoriados remotamente, pois são reconhecidos devido à variação da porcentagem de energia refletida em cada comprimento de onda.

Comportamentos Espectrais

As características básicas observadas na assinatura espectral, segundo Moraes (2007), dos objetos presentes na bacia em estudo são:

- a) Vegetação sadia – encontrada na bacia hidrográfica apresenta alta absorção da energia eletromagnética na região do espectro visível, que é capturada pela clorofila para a realização da fotossíntese. Dentro do espectro visível a absorção é mais fraca na região que caracteriza a coloração da vegetação. A alta reflectância no infravermelho próximo é devido à estrutura celular, sendo que a partir deste comprimento de onda é o conteúdo de água na vegetação quem modula as bandas de absorção presentes no comportamento espectral desta.
- b) Rocha – o comportamento espectral é resultante dos espectros individuais dos minerais que as compõem os minerais apresentam características decorrentes de suas bandas de absorção. Portanto a absorção é o principal fator que controla o comportamento espectral das rochas.
- c) Solos – o comportamento espectral é também dominado pelas bandas de absorção de seus constituintes. As combinações e arranjos dos materiais constituintes dos solos é que define o seu comportamento espectral, sendo que os principais fatores são: a constituição mineral, a matéria orgânica, a umidade e a granulometria (textura e estrutura) destes.
- d) Água – o comportamento espectral dos corpos de água é modulado principalmente pelos processos de absorção e espalhamento produzidos por materiais dissolvidos e em suspensão neles, pois é verificado que a presença de matéria orgânica dissolvida em corpos de água desloca o máximo da reflectância espectral para o verde-amarelo, enquanto que a presença de matéria inorgânica em suspensão resulta num deslocamento em direção ao vermelho
- e) Nuvens – o comportamento espectral de nuvens apresenta elevada reflectância, em todo o espectro óptico com destacadas bandas de adsorção.

De acordo com o INPE (2007) muitos pesquisadores com o intuito de melhor interpretar as imagens de satélite têm se dedicado a pesquisa fundamental, ou seja, a obtenção e a análise de medidas de reflectância dos objetos terrestres em experimento de campo e de laboratório, o quais possibilitam uma melhor compreensão das relações existentes entre o comportamento espectral dos objetos e as suas principais propriedades. Ver figura 2

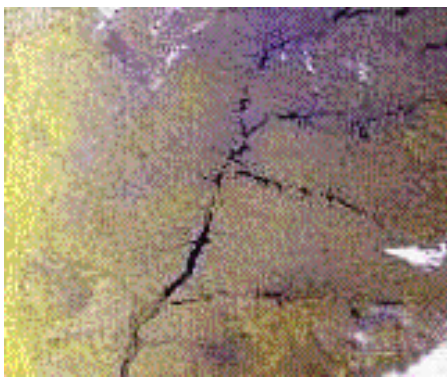


FIGURA 2: BACIA DO RIO PARANÁ - COMPORTAMENTO ESPECTRAL.

Fonte: INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de energia (Q) emitida, transferida ou recebida na forma de energia eletromagnética, está associada a cada comprimento de onda ou frequência e é definida por:

$$Q = (c \cdot h) / \lambda$$

ONDE:

Q = quantidade de energia emitida, transferida ou recebida. A unidade que quantifica esta energia é dada em Joule (J).

h = é a constante de Planck ($6,625 \times 10^{-34}$ joule segundo)

c = velocidade da luz (m/s)

λ = comprimento de onda (m)

A Tabela 1 apresenta os intervalos espectrais associados às cores percebidas pelo sistema visual humano.

Tabela 1 - Associação entre as cores e comprimento de onda.

COR	Intervalo de Comprimento de onda (μm)
Violeta	0,390 – 0,455
Azul Escuro	0,455 – 0,485
Azul Claro	0,485 – 0,505
Verde	0,505 – 0,550
Amarelo – Verde	0,550 – 0,575
Amarelo	0,575 – 0,585
Laranja	0,585 – 0,620
Vermelho	0,620 – 0,700

Fonte: MORAES (2007).

Outros comprimentos são importantes para entendimento deste trabalho, são eles:

- Ultravioleta (UV) – é produzida em grande quantidade pelo Sol, sendo emitida na faixa de 0,003 μm até aproximadamente 0,38 μm . Seu poder de penetração se torna nociva aos seres vivos, porém toda esta energia eletromagnética deveria ser absorvida pela camada de ozônio atmosférico.
- Infravermelho (IV) – é a região do espectro que se estende de 0,7 a 1000 μm e costuma ser dividida em três sub-regiões:

Infravermelho próximo 0,7 – 1,3 μm

Infravermelho médio 1,3 – 6,0 μm

Infravermelho distante 6,0 – 1000 μm

CONCLUSÃO

Os impactos ambientais benéficos e adversos identificados, classificados e valorados no Projeto de Pesquisa: *Metodologia Ambiental Aplicada como Critério de Desempenho em Obras Fluviais Viabilizadoras da Hidrovia Paraná – Paraguai*, apresentado e desenvolvido por Silva (2007) no Centro de Química e Meio Ambiente – IPEN/USP/CNEN, é um tipo de pesquisa correlacional, pois além de identificar os “eventos” verifica se existe uma correlação entre eles.

O conhecimento da bacia hidrográfica do Rio Paraguai torna-se necessário, pois a natureza a *natureza propagandista das questões ambientais*, faz com que a sociedade venha crer que muitos dos impactos ambientais neste curso d’água, são devidos ao uso das águas e, principalmente quando este uso é para a navegação.

A contenda do impacto ambiental, devido ao uso d’água para navegação, não é assunto esgotado quando se aborda somente o Gerenciamento do Recurso Hídrico, ele vai muito além, tem sua origem na Bacia Hidrográfica e, portanto é abordado no Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

No referido projeto de pesquisa fez-se uso das “Aplicações de Sensoriamento Espectral”, de modo a atestar a ocorrência, extensão e evolução dos impactos ambientais.

Os recursos naturais apresentados na bacia hidrográfica são finitos e, o entendimento das suas limitações dentro do domínio econômico (juros altos, prazos curtos, financiamentos viciosos, arrendamentos por períodos breves, maus salários), dentro do domínio físico (solos, topografia, precipitações, estiagens e ventos) e, dentro do domínio social (estado de educação do lavrador, relações entre o homem e a terra, densidade demográfica, uso e posse da terra) são parâmetros que nos permitem identificar o bom ou mau uso dos recursos naturais.

De acordo com Figueiredo (1994) existem outros parâmetros que são apontados como possíveis causas do mau uso e conseqüente desgaste do recurso solo. Buscou-se no desenvolvimento do projeto a identificação dos parâmetros de 1 a 6, apresentados após a Tabela 2

“Aplicações de Sensoriamento Espectral”, com o uso de imagens, pesquisadas no site: www.dpi.inpe.br/mosaico

Tabela 2 – Aplicações do Sensoriamento Espectral

BANDA	FAIXA ESPECTRAL (μm)	APLICAÇÕES
1	0,45 – 0,52 (Azul)	a) Mapear Águas Costeiras b) Diferenciar: solo e vegetação c) Diferenciar: conífera e decídua.
2	0,52 – 0,60 (Verde)	a) Mapear vegetação b) Qualidade d’água
3	0,63 – 0,69 (Vermelho)	a) Absorção da clorofila b) Diferenciar espécies vegetais c) Áreas urbanas, uso do solo d) Agricultura e) Qualidade d’água
4	0,76 – 0,90 (IV Próximo)	a) Delinear corpos d’água b) Mapeamento geomorfológico c) Mapeamento geológico d) Áreas de queimadas e) Áreas úmidas f) Agricultura g) Vegetação
5	1,55 – 1,75 (IV Médio)	a) Uso do solo b) Medidas de umidade de vegetação c) Diferenciar nuvem e neve d) Agricultura e) Vegetação
6	10,40 – 12,50 (IV Termal)	a) Mapear estresse térmico em plantas b) Correntes marinhas c) Propriedades termal do solo d) Outros mapeamentos térmicos
7	2,08 – 2,35 (IV Médio)	a) Identificar minerais b) Mapeamento hidrotermal.

Fonte: INPE (2007).

PARÂMETROS PESQUISADOS

1. Má distribuição de rendas: a elevada concentração de rendas de uma reduzida parcela da população é a causa mais perversa que permite a implantação do ciclo da miséria em uma nação;
2. Crescimento (Explosão) Industrial: o cenário de acelerada industrialização dos centros urbanos, no final da década de 1950 e início da década de 1960, deu origem a um fluxo

migratório intenso em sua direção até o início da década de 1980, gerando um acréscimo na população dessas cidades sem a contrapartida de investimentos nos instrumentos urbanos;

3. Planejamento urbano/rural “deturpado”: a falta de integração entre as várias esferas governamentais associadas a interesses casuísticos e a uma visão distorcida de desenvolvimento das cidades, colaborou, por muitos anos, para a elaboração de inúmeros “Planos Diretores” inexpressivos e desgarrados da realidade;

4. Ocupação desordenada: consequência direta dos itens anteriores, este tópico traduz a omissão histórica do poder público no sentido proteger e coibir a presença humana seja aquela referente à habitação ou a indústria, em áreas especiais, isto é, áreas ambientais críticas, tais como: áreas marginais aos recursos hídricos superficiais; terrenos de encostas, áreas de vegetação; baixadas, várzeas e áreas alagadas; áreas de recarga de aquíferos; outras áreas especiais – estuários, manguezais, dunas, terrenos com solos problemáticos, com o intuito de impedir a formação e proliferação de áreas de risco, bem como evitar a degradação do meio ambiente;

5. Clandestinidade das favelas: outro erro histórico e sem a perspectiva de correção em curto prazo é o fato das favelas serem consideradas, isto é, não serem enfocadas como existentes, de fato e de direito, pelos órgãos públicos e pela sociedade em geral. Assim, todos os cadastros e registros são aproximados, não havendo uma sistemática adequada para tratar a questão;

6. Legislação: pode-se afirmar que algumas leis sobre o assunto, tanto do ponto de vista jurídico como do técnico (diretrizes para ocupação, execução de obras de terra, fiscalização, penalidades, multas, entre outras), a legislação específica tem se mostrado ineficaz e anacrônica para enfrentar com determinação e em sua totalidade tão grave problema.

BIBLIOGRAFIA

1. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2007. Notas de Aula. Curso: **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/ead/intro_sr
2. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br>
3. FIGUEIREDO, R. B. **Engenharia social: soluções para as áreas de risco**. Makron Books, São Paulo. 1994.
4. MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos, 2007. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). 26 p.
5. SILVA, P. J. **Estrutura para identificação e avaliação de impactos ambientais e obras hidroviárias**. 2004. 511 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.