

O SENSORIAMENTO REMOTO, COMO DISCIPLINA DOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL, APLICADO NO DESENVOLVIMENTO DOS SERVIÇOS DE ENGENHARIA CONSULTIVA.

Pedro José da Silva - pjsilva@faap.br

Fundação Armando Alvares Penteado – FAAP, Faculdade de Engenharia Civil.
Pesquisador Colaborador - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Centro de Química e Meio Ambiente – **IPEN/CNEN –SP; CQMA**
Rua Alagoas, 903 - Pacaembu
01242-902 - São Paulo – SP

Maria Aparecida Faustino Pires - mapires@ipen.br

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Centro de Química e Meio Ambiente – **IPEN/CNEN – SP; CQMA**
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242
Cidade Universitária - USP
05508-000 - São Paulo – SP

Resumo: *Nos últimos anos tem-se verificado uma inversão no sentido do fluxo da inovação, ou seja, o mercado induz à inovação, e esta indução chega às instituições de Pesquisa e Desenvolvimento como demanda por novos produtos ou novas técnicas de produção. O sensoriamento remoto é um exemplo do desenvolvimento ligado às geotecnologias que atende a mudança do sentido da indução do fluxo, sendo extremamente viável como instrumento que pode e deve ser aplicado nos projetos de engenharia, fazendo com que eles atendam aos domínios: financeiro, social, político, ambiental e jurídico, além dos já tradicionais domínios técnico e econômico. O objetivo desse trabalho é ressaltar a importância de se agregar o conhecimento armazenado no conteúdo programático de uma futura disciplina, denominada sensoriamento remoto, a outras disciplinas, já consolidadas, do curso de engenharia civil favorecendo, assim, o desenvolvimento de projetos de engenharia civil comprometidos com um cenário real, pois passam a considerar em seu desenvolvimento informações de diferentes áreas do conhecimento, minimizando, portanto, os possíveis efeitos adversos de futuros impactos no meio ambiente. O trabalho desenvolvido é exemplo de estudo descritivo e correlacional, pois observa, registra e correlaciona eventos por ele estudados, tomando como datum à engenharia civil. A metodologia para o desenvolvimento desse trabalho tem por base a implantação na grade curricular, do curso de engenharia civil, da disciplina sensoriamento remoto aplicado à engenharia civil, ministrada por um professor engenheiro ou acompanhada por ele. Como resultado desse estudo verifica-se que um novo arquivo foi aberto, colocou-se nele uma grande quantidade de informações, no entanto as demais disciplinas, não abrem esse novo arquivo, deixando de fazer uso do benefício do sensoriamento remoto em suas atividades.*

Palavras-chave: Engenharia, Educação, Geotecnologia, Pesquisa, Desenvolvimento.

1 INTRODUÇÃO

As diversas alterações ocorridas no quadro econômico mundial são responsáveis por evidentes mudanças de paradigmas. No antigo paradigma, a indução da inovação tecnológica ocorria prioritariamente dentro das instituições ligadas à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e daí migravam para os ambientes operacionais de transformação de bens e serviços, que seriam, então, consumidos por um mercado com feições fortemente apáticas.

Contemporaneamente verifica-se uma alteração no papel dos mercados consumidores, que passam a exigir qualidade, eficiência e design, tendo em vista a necessidade de atender outros domínios, além do técnico e econômico.

É interessante notar, por exemplo, que a utilização de um conjunto de técnicas computacionais relacionadas com a coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georreferenciadas para serem utilizadas com um objetivo específico tem sido cada vez mais freqüente, pois se difunde com tal velocidade e em tantos campos de aplicação, que poucas Instituições de P&D têm conseguido atender ao desenvolvimento ligado às suas aplicações, mesmo porque poucas têm conseguido sequer equipar-se com instrumental tão moderno.

No Brasil, principalmente, o setor primário tem a necessidade de trabalhar com informações precisas e em tempo hábil para a tomada de decisões, para tanto não é mais concebível que as Faculdades de Engenharia Civil, procurem atender a essas necessidades com campanhas de campo e levantamentos limitados, que nos fornecem muitas vezes informações com precisão questionável. As campanhas de campo continuam sendo necessárias, mas, no entanto passam a ser consideradas com elementos de apoio, agora não mais dentro de um sistema, mas sim dentro de uma estrutura.

Parece ter chegado à hora de mudar o placar do jogo do “Perde-Perde”. Perde o Brasil os seus recursos naturais que atravessam as nossas fronteiras sem que tenham agregado o valor da tecnologia, devido ao fato de não termos desenvolvido capacitação interna adequada, perde o setor privado, que pagará mais caro pelas inovações muitas vezes ajustadas e não adequadas ao cenário brasileiro, perdem as instituições pesquisa e desenvolvimento, que diminuem sua importância no contexto nacional.

Em países com dimensões continentais, como o Brasil, o ideal seria a parceria entre os setores de P&D e, principalmente, o setor primário, gerando benefícios, uma vez que os recursos e capacidade instalados para o desenvolvimento poderiam ser utilizados plenamente até o seu total esgotamento.

Frente a este cenário, os autores desse trabalho em nome de uma comunidade de pesquisa e desenvolvimento, negam-se a fechar os olhos à possibilidade da melhoria da qualidade de vida das diferentes parcelas da sociedade, a partir da aplicação não só do sensoriamento remoto, mas também de outras geotecnologias à engenharia civil.

2 A ENGENHARIA DESCOBRINDO O SENSORIAMENTO REMOTO

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, por exemplo, em uma imagem de uma bacia hidrográfica, 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 aquela que se move na forma de onda eletromagnética 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 físicas, químicas e biológicas desses objetos, podendo 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.

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 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 conhecidos como veículo lançador não recuperável. Ver figura 1.

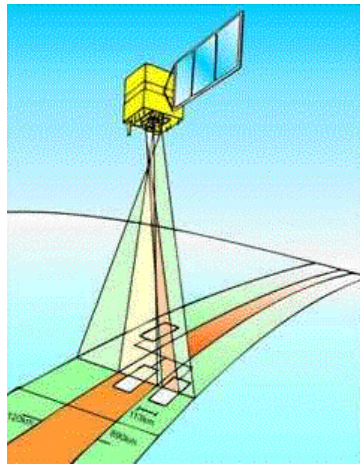


Figura 1: Campos de Visada de Imageador.

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

Os sensores eletromagnéticos coletam a radiação eletromagnética convertendo-a ao 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.

3 TIPOS E SELEÇÃO DE SENSORES REMOTOS ADEQUADOS AOS SERVIÇOS DE ENGENHARIA CIVIL

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, etc. Nessa seção apresentam-se alguns tipos imageadores, suas principais características, e suas principais aplicações, inclusive na engenharia civil; a saber:

a) 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 (infravermelho)
Campo de visada	60°
Resolução espacial	260 x 260 m
Largura da faixa imageada	890 km
Resolução temporal	5 dias

b) 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)

Campo de visada	+/- 32°
Resolução espacial	20 x 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Resolução temporal	26 dias

c) 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

d) 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

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

- Resolução espacial – representa a capacidade do sensor em diferenciar objetos.
- Resolução espectral – refere-se à largura espectral em que opera o sensor.
- 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.

4 A ENERGIA ESTUDADA NA ENGENHARIA E OS IMAGEADORES

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 pela equação 1.

$$Q = (c \cdot h) / \lambda \quad (1)$$

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	<i>Intervalo de Comprimento de onda (μm)</i>
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:

- a) 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.
- b) 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

5 ASSINATURA ESPECTRAL APLICADA À ENGENHARIA CIVIL

A assinatura espectral do objeto, que corresponde ao comportamento espectral de um objeto é definida como o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético. A assinatura espectral de um objeto define as feições desse, 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 energia eletromagnética incidente, pois os objetos presentes numa porção da bacia hidrográfica do rio Tocantins, por exemplo, apresentam diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas. Estas diferentes interações é que possibilitam a distinção e o reconhecimento dos diversos objetos, que formam a referida bacia, sensorizados remotamente, pois são reconhecidos devido à variação da porcentagem de energia refletida em cada comprimento de onda.

Como exemplo da identificação de feições, a partir da assinatura espectral, apresenta-se abaixo as principais características de algumas feições presentes, num trecho da bacia hidrografia do rio Tocantins. A tabela 2 é uma síntese do espectro eletromagnético e suas aplicações.

- 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.

Tabela 2 – Aplicações do Sensoriamento Espectral

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

Fonte: INPE (2007).

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

6 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS APLICADA À ENGENHARIA

A interpretação de imagens consiste na identificação de objetos presentes na imagem de uma superfície, em específico, dando a eles um significado.

O potencial de informações que se pode extrair de cada uma das imagens será tão maior quanto maior: a experiência do interprete; o seu conhecimento temático, o seu conhecimento de sensoriamento remoto e da área geográfica representada em cada imagem. O conhecimento temático refere-se àquele que um especialista apresenta sobre um determinado objeto ou tema, tal como: litologia, relevo, cobertura vegetal, etc., assim pode-se afirmar que um engenheiro hidráulico extrai de uma imagem contemplando diversos e diferentes cursos de água, mais informações de um curso de água que um interprete com uma outra formação.

O conhecimento prévio sobre a área geográfica capturada em uma determinada imagem, facilita o processo de interpretação dessa imagem. Somam-se a estes conhecimentos a necessidade do conhecimento sobre sensoriamento remoto, que segundo Moraes (2007), podem ser resumidos em: tipo de satélite, características do sensor, interação da energia

eletromagnética com os objetos que no espectro óptico (visível e infravermelho) depende principalmente das propriedades físicas e químicas dos objetos, enquanto que na região de microondas depende das propriedades dielétricas e geométricas dos objetos. Os fatores que interferem nessa interação, tais como: época do ano, horário, atmosfera, umidade, etc., também devem ser considerados.

7 ENGENHEIRO CIVIL, UM INTERPRETE DE IMAGENS

Segundo Silva (2007), as características fundamentais de um bom “intérprete de imagens” exigidas não só para a bacia hidrográfica citada como exemplo, mas também para outras temáticas, são:

a. Acuidade visual: É a habilidade de ver as imagens claramente. É de grande importância para o foto intérprete. Se ele não puder ver claramente as imagens não poderá interpretar corretamente. Desde que grande parte da interpretação é realizada por intermédio da estereoscopia, a acuidade estereoscópica é um requisito imprescindível a todos os intérpretes. As habilidades do foto intérprete em perceber as diferenças aparentes na posição de um objetivo visualizado de dois pontos diferentes governa a habilidade do foto intérprete em perceber os objetos em terceira dimensão.

b. Poder de observação e imaginação: É a capacidade de ver e analisar a fotografia utilizando o poder de imaginação para deduzir. Suponhamos uma série de objetos cujas imagens são retângulos quando vistos num estereopar de fotografias verticais, qualquer observador pode reconhecer cada um daqueles retângulos como uma edificação, mas de conformidade com a definição de foto interpretação espera-se que ele identifique o tipo de edifício suficientemente bem para deduzir sua significação. Por exemplo: Se numa fotografia se observa um prédio, para a identificação do mesmo deve-se observar os arredores. Examinando-se os arredores, percebem-se balanços, gangorras, etc., com muita probabilidade do edifício em questão ser uma escola primária. Quando um outro edifício, por exemplo, se encontrar circundado por campos de futebol e basquetebol, o prédio não se caracteriza somente como escola, mas como escola secundária.

c. Paciência e adaptabilidade: É a tolerância e a perseverança para estudar um problema e conseguir-lhe uma solução satisfatória. O processo de fazer uma interpretação detalhada de fotografias é semelhante ao da resolução de um problema de palavras cruzadas na qual toda e qualquer informação contribui com certa parcela para o delineamento do quadro geral. Semelhantemente, podemos estender o conceito de que o foto intérprete, assim como o indivíduo na resolução de seu quebra-cabeça, terá que ter uma grande paciência no decorrer da solução de seu enigma. Em alguns casos, é necessária ao foto intérprete a paciência para permanecer com um problema um pouco mais, na esperança de descobrir uma informação mais útil. A paciência necessária a um foto intérprete pode ser expressa como a tolerância de sua parte em realizar o seu trabalho corretamente, mesmo quando um outro procedimento possa ser mais rápido, porém menos exato.

d. Discernimento e bom-senso: Aplica-se o poder mental para alcançar uma decisão, comparando-se fatos e idéias, formando uma conclusão lógica, dependendo tudo isso de um raciocínio. Este fator entra na interpretação das fotografias aéreas, e de imagens de satélites de muitas diferentes maneiras. É necessário o raciocínio do foto intérprete para que pese apropriadamente a significação dos vários indícios que percebe na fotografia e/ou na imagem. O raciocínio é necessário para que ele saiba que a interpretação deve ser meticulosa e completa.

e. Experiência profissional: Grande parte da interpretação que será feita por um observador, será dirigida para um determinado campo, no qual é desejável que o foto intérprete tenha uma sólida formação. Certamente, nem todos os homens que têm a desejada formação profissional

são dotados das outras qualidades de um foto intérprete. Além do mais é preferível desenvolver e treinar as pessoas que possuem as qualidades imprescindíveis a um foto intérprete.

7.1 Chaves para Interpretação de Imagens

As imagens são interpretadas com base nos elementos de interpretação: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. Quanto à forma dos objetos vistos de cima, representados em imagens são diferentes daquelas que os objetos têm quando olhamos para eles de uma visão horizontal, sobre visão vertical, oblíqua, horizontal, portanto a interpretação destas imagens necessita de parâmetros de modo a permitir aos diferentes intérpretes uma mesma leitura de imagens, obtendo-se assim iguais informações/dados.

7.2 Elementos de Interpretação

A partir dos elementos de interpretação de imagens podem ser elaboradas chaves (modelos) de interpretação, a saber:

- a. Forma – refere-se aos contornos que as feições assumem numa imagem ou fotografia e pode ser utilizada para descrever a natureza do objeto.
- b. Tamanho e Escala – referem-se ao tamanho das feições na imagem comparado com a escala da imagem. Especificamente, a escala descreve como as distâncias em uma imagem estão relacionadas às verdadeiras distâncias na superfície terrestre.
- c. Tom – é o brilho de uma determinada feição em uma imagem ou fotografia (solos bem drenados – tom claro; solos mal drenados – tom escuro; estacionamento – tom claro).
- d. Cor – o uso da cor melhora em muito nossa capacidade de interpretar imagens, porque as cores cobrem uma amplitude muito maior de tons (avermelhado – vegetação; claro – solo descoberto).
- e. Textura – basicamente refere-se a quão rugosa ou lisa uma feição aparece (pastagem – liso; floresta – rugosidade maior, o que confere uma textura mais rugosa; mata – textura rugosa).
- f. Sombras – podem fornecer informações sobre a forma das feições e sobre as distâncias relativas entre elas; contudo as sombras podem ocultar feições que estejam encobertas por elas.

A seguir apresenta-se a figura 2, de modo a exemplificar um exercício de habilidade, onde se procura associar as informações de assinatura espectral às chaves de interpretação de objetos, representados em composições coloridas, obtidas com as imagens TM-LANDSAT-5 e ETM-LANDSAT-7 dos canais: 3, 4 e 5 associadas, respectivamente, com as cores azul, verde e vermelho: 3(B) 4(G) 5(R), para a identificação de feições na referida figura.

- a) Área urbana: cor magenta (rosa); textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto a rodovias. **Ponto C**
- b) Estradas: cor branca ou magenta; textura lisa; forma linear. **Ponto G. (Ponte – Ponto B)**
- c) Área agrícola: cor magenta (solo preparado ou cultura colhida), verde claro para cultura em estágio inicial e verde mais forte para a cultura sadia e madura; textura lisa; forma regular/geométrica; padrão de talhões (divisão em parcelas); presença de sombras (áreas escuras) em culturas mais altas. **Ponto E**
- d) Área de reflorestamento: cor magenta (solo preparado) e verde para reflorestamento adulto; textura lisa; forma regular; presença de carregadores; são comuns talhões grandes.
- e) Área de pastagem: cor magenta (solo preparado e pastagem seca) e verde para pastagem densa e verde; textura lisa (pastagem plantada) e ligeiramente rugosa (pasto sujo); forma irregular.

- f) Área desmatada: cor magenta; textura lisa; forma regular.
- g) Solo exposto: cor magenta (dependendo do tipo de solos pode ser bem claro, tendendo ao branco); textura lisa; forma regular; localização junto a áreas urbanas (área terraplenada para loteamentos, instalação de indústrias, shopping center, etc.) ou áreas agrícolas (preparadas para cultivo ou recém colhidas).
- h) Área de mata/capoeira: cor verde escuro; textura rugosa; forma irregular.
- i) Corpos d'água (rios, lagos, represas e oceano): cor azul; (material em suspensão) ou preto (água limpa; textura lisa; forma irregular; linear retilínea ou curvilínea para rios). **Ponto I**
- j) Área queimada: cor preta; textura lisa; forma irregular em geral. **Ponto D**

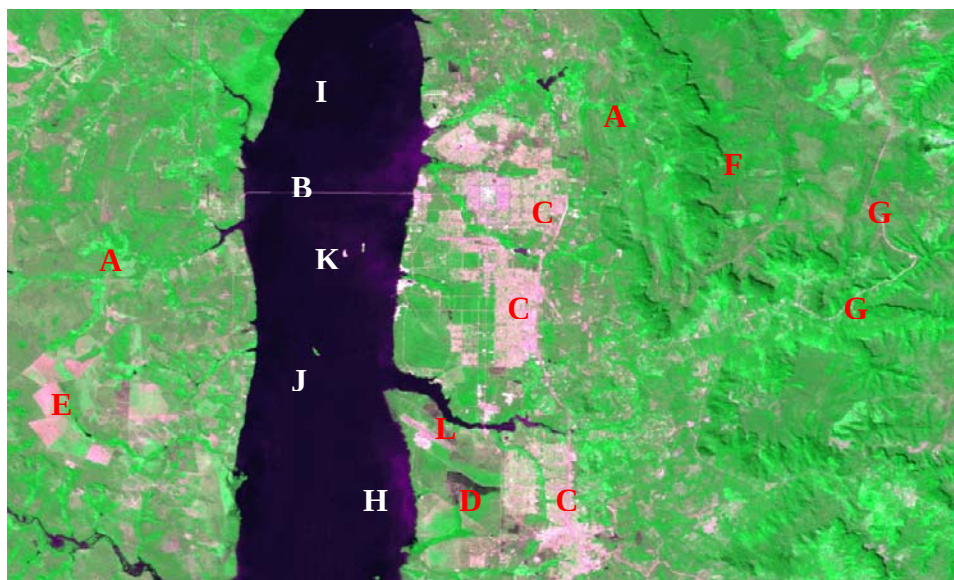


Figura 2: Composição colorida 4(G) 3(R) 2(B) com as imagens CCD – CBERS-2 (2004). Trecho da bacia hidrográfica do Rio Tocantins. PALMAS/TO.

Fonte: INPE (2007). Disponível; em http://www.dpi.inpe.br/ead/intro_sr.

CONCLUSÃO

Os sistemas sensores quando mantidos no nível orbital (satélites) ou suborbital (acoplados em aeronaves ou mantidos ao nível de solo) têm de forma incontestável auxiliado a Engenharia Civil, no desenvolvimento de projetos sustentáveis, pois um conjunto de informações, até então ignoradas, porém contidas em imagens passam a ser interpretadas a partir de uma simples ação, que consiste em se abrir um arquivo que se assemelha a outros, e que por analogia corresponde às disciplinas. O arquivo sensoriamento remoto aplicado à Engenharia Civil, resultará em enormes vantagens e novas adequações, pois um novo capítulo deverá se acrescentar história das campanhas de campo destinadas aos levantamentos de linhas e superfícies. No primeiro capítulo, a prática da fotogrametria terrestre se restringia aos levantamentos de extensões relativamente reduzidas, no capítulo seguinte, verifica-se modernamente que a aerofotogrametria permite uma visão da região a levantar muito mais ampla e apresenta maior nitidez, de um avião, que de qualquer outro ponto da terra, e finalmente neste capítulo as imagens de satélites, até então se apresentam sem limites, pois um bom intérprete de imagens poderá obter informações escondidas numa diferença entre texturas.

Espera-se da Engenharia Civil, no século 21, o real compromisso de converter recursos naturais em formas capazes de atender as necessidades humanas, sem, no entanto limitar a continuidade da espécie humana na superfície da terra, devido à falta de compromisso com a

sustentabilidade do planeta. Para um fim tão nobre, as Geotecnologias nos permitem métodos e técnicas que viabilizam as correções de erros passados, permitindo no futuro o desenvolvimento de projetos que atribuem iguais pesos a fatores tão diferentes, como economia e meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br>

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto.** São José dos Campos, 2007. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). 26 p.

SILVA, P. J. **Metodologia ambiental aplicada como critério de desempenho em obras fluviais viabilizadoras da Hidrovia Paraná – Paraguai.** 2007. Projeto de Pesquisa: Pós – Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/USP/CNEN, Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA. São Paulo.

THE REMOTE SENSING AS DISCIPLINE COURSES OF CIVIL ENGINEERING, APPLIED IN THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING ADVISORY SERVICES.

Abstract: *In recent years there has been a reversal in the direction of the flow of innovation, ie, the market leads to innovation, and this induction reaches the institutions of research and development as demand for new products or new techniques of production. The remote sensing is an example of geo-related development that meets the changing of the direction of induced flow, is extremely viable as a tool that can and should be applied to engineering projects, making them meet the areas: financial, social, political, environmental and legal, in addition to the already traditional technical and economic. The aim of this work is to emphasize the importance of adding the knowledge stored in the program content of future discipline, known as remote sensing, other disciplines, has consolidated, the current engineering favoring thus the development of civil engineering projects committed with a real scenario, it will consider in its development information in different subject areas, minimizing, therefore, possible adverse effects of future impacts on the environment. The work is an example of descriptive and correlational study, it notes, logs and correlate events he studied, taking as datum civil engineering. The methodology for the development of this work is based on the deployment in grade curriculum, students of civil engineering, remote sensing of discipline applied to civil engineering, taught by a teacher or engineer together with him. As a result of this study indicates that a new file was opened, it put up a large amount of information, however the other disciplines, do not open this new file, instead of using the benefits of remote sensing in its activities .*

Key-words: *Engineering, Education, Geotechnologies, Research, Development.*