

1. Publicação nº <i>INPE-3618-MD/028</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1985</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DDS/DTM</i>	Programa <i>TRANSF</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>MSS METODOLOGIA DRENAGEM</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7</i>			
8. Título <i>INPE-3618-MD/028</i> <i>METODOLOGIA DE INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS MSS/LANDSAT PARA A CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM</i>		10. Páginas: <i>23</i>	
		11. Última página: <i>15</i>	
9. Autoria <i>Evelyn Márcia L. de M. Novo</i>		12. Revisada por <i>Celina Foresti</i> <i>Celina Foresti</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp</i> <i>Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <i>O objetivo dessa publicação é fornecer a principiantes na área de sensoriamento remoto algumas noções básicas sobre o comportamento espectral da água na região do visível e infra-vermelho próximo de modo a facilitar a extração de informações sobre a rede de drenagem em Imagens MSS/LANDSAT.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

The objective of this publication is to furnish to beginners in the remote sensing field, some basic concepts about spectral response of water in the visible and near infrared region so as to aid in the extraction of information about drainage network on MSS/LANDSAT imagery.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>CARACTERÍSTICAS ESPACIAS, ESPECTRAIS E TEMPORAIS DAS IMAGENS MSS/LANDSAT</u>	5
3. <u>AS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS, ESPECTRAIS E TEMPORAIS DA REDE DE DRENAGEM</u>	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Tipos de padrão de drenagem	4
2 - Comportamento espectral de componentes básicos da superfície terrestre	9
3 - Efeito do teor de umidade sobre o comportamento espectral da vegetação	12
4 - Efeito do teor do sedimentos no comportamento espectral da água	13

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Especificações da WMO quanto à frequência e à resolução dos sistemas	6
2 - Composição multitemporal	14

1. INTRODUÇÃO

A partir do tema Metodologia de Interpretação Visual de Imagens MSS/LANDSAT para a Caracterização da Rede de Drenagem, pode-se observar que três conceitos básicos devem ser colocados: o conceito de metodologia.

O que é interpretação visual no contexto das técnicas de sensoriamento remoto? É o conjunto de conhecimentos e procedimentos executados pelo indivíduo visando a extração de informações de uma imagem opticamente processada, tendo como instrumento básico de análise os olhos. Esta imagem analisada, pode, obviamente, ter sido anteriormente processada digitalmente para realçar algumas características de interesse do intérprete, ou pode ter sofrido processamento fotográfico especial. O tipo de tratamento prévio sofrido pela imagem a ser analisada pelo intérprete deve ser conhecido, de modo a ajudá-lo na sua interpretação.

Na interpretação visual, os olhos do intérprete são o instrumento utilizado para discriminar entre objetos diferentes que podem ser observados numa cena. Esta fase é sucedida por um processo de elaboração mental, em que o indivíduo tenta relacionar o objeto discriminado e desconhecido, com um conjunto de informações conhecidas, para identificá-lo.

Que tipo de parâmetros são observados em relação ao objeto detectado numa cena? Os tipos de parâmetros avaliados variam com as características da imagem analisada. No caso da imagem MSS/LANDSAT, caracterizada pela baixa resolução, em geral os parâmetros avaliados são: forma, cor ou tonalidade, textura, localização, padrão. Estes parâmetros são comparados mentalmente com uma classe de objetos conhecidos para proceder sua identificação. Por exemplo, numa imagem o indivíduo identifica um objeto com as seguintes características: tem forma linear, textura lisa, cor clara, localiza-se próximo a uma mancha clara, não forma um padrão específico. Catalogadas as características foto

gráficas do objeto identificado, o indivíduo relaciona-as com informação previamente conhecida. Sabendo, por exemplo, que a imagem com a qual trabalha é uma imagem referente a banda de 0,6 a 0,7 μm , o indivíduo pode supor, por seu conhecimento teórico, que manchas claras se tratam de áreas sem revestimento vegetal, pois estas apresentam alta reflectância nessa faixa. A forma linear pode sugerir a presença de um objeto longilíneo, que pode ser um rio, uma estrada, um lineamento estrutural. Por exclusão, e associando-o à falta de um padrão e à localização junto a uma mancha clara que pode ser inferida como uma cidade, o indivíduo, finalmente interpreta o objeto como uma estrada. Este processo que levou alguns minutos para ser descrito ocorre instantaneamente na realidade.

Portanto, pode-se definir Interpretação Visual como a transformação de dados contidos em níveis de cinza de uma imagem em informações. A interpretação portanto é a atribuição de um significado temático ao objeto discriminado a partir de suas características de forma, tamanho, etc.

Uma vez estabelecido o conceito de interpretação visual torna-se fundamental elucidar o conceito de rede de drenagem.

A rede de drenagem representa o conjunto de cursos d'água que são responsáveis pelo escoamento dos excessos de precipitação e de infiltração de uma dada bacia hidrográfica. A organização planimétrica dos rios define um arranjo que recebe genericamente o nome de *padrão de drenagem*.

O conhecimento do significado físico do padrão de drenagem é muito importante no processo de interpretação visual de outros temas de interesse das geociências. Isto porque o arranjo planimétrico dos cursos d'água está intimamente relacionado às características físicas da bacia hidrográfica, quais sejam: o relevo, a estrutura geológica, a permeabilidade do solo, a densidade do revestimento vegetal, etc.

A Figura 1 representa os principais tipos de padrões de drenagem: dentrítico, treliça, paralelo, retangular, centrípeto e radial. Cada um destes padrões reflete a organização topográfica da área em que se alojam, os tipos de solo, etc.

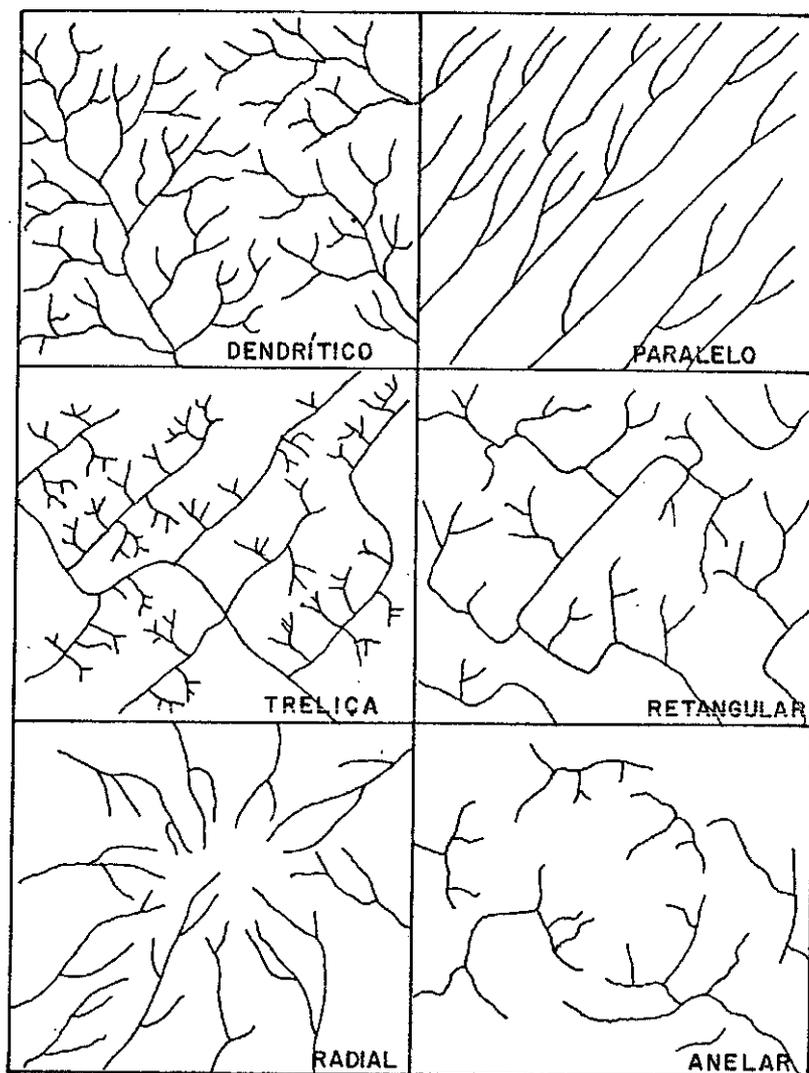
Ao analisar a Figura 1, observa-se que, a despeito das diferenças entre os padrões de drenagem, existem características similares que permitem sua identificação enquanto categoria universal: a) a rede de drenagem se organiza de forma hierárquica, ou seja, existe um rio de maior magnitude que corre para o mar ou lago interior, e para ele convergem tributários que por sua vez recolhem o fluxo de rios menores até alcançar em pequenos canais que captam as nascentes; b) a rede de drenagem é composta de elementos lineares que são os canais fluviais.

Portanto, a rede de drenagem define uma forma bem característica que facilita o seu reconhecimento composta por elementos lineares que convergem para um ponto comum segundo uma hierarquia.

Esclarecido o conceito de rede de drenagem, torna-se fundamental juntar os conceitos de modo a se chegar a uma *metodologia de interpretação visual da rede de drenagem através de imagens MSS/LANDSAT*.

A palavra método deriva do grego "mēthodos" que significa "caminho para chegar a um fim". Na realidade, o conceito aqui adotado incorpora a definição de método. O que se tentará é definir os passos que devem ser percorridos na extração de informações sobre rede de drenagem.

Quando então se pensa em metodologia, deve-se definir, a priori, o fim a que se quer chegar; no caso, mapear a drenagem, identificar características importantes dos rios, tomar medidas, etc. É necessário também definir os meios ou recursos. No caso em questão o objetivo é mapear a drenagem tendo como recurso básico a imagem MSS/LANDSAT.



TIPOS DE PADRÃO DE DRENAGEM

FONTE: HOWARD(1967)

Fig. 1 - Tipos de padrão de drenagem.

FONTE: Howard (1967).

Definido o tipo de produto de sensoriamento remoto a ser utilizado, o primeiro passo para a identificação da rede de drenagem é conhecer as características da imagem ser interpretada. Isto leva o intérprete a uma melhor compreensão dos dados contidos nas imagens MSS/LANDSAT.

2. CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS, ESPECTRAIS E TEMPORAIS DAS IMAGENS MSS/LANDSAT

As imagens MSS/LANDSAT têm algumas características que as diferenciam de uma fotografia aérea convencional. Em primeiro lugar, a imagem MSS apresenta uma *resolução espacial* pobre, ou seja, o menor elemento de resolução no terreno é da ordem de 80m x 80m, embora alvos menores possam ser detectados quando existe um elevado contraste entre ele e o "background". E como a resolução interfere na interpretação visual? A resolução espacial interfere a medida que limita o tamanho mínimo do rio a ser mapeado.

O canal do Rio Paraíba do Sul, por exemplo, que no trecho da Bacia Sedimentar de Taubaté apresenta uma largura de 100 metros é identificado em uma imagem MSS/LANDSAT, porém seus afluentes, com largura de canal inferior a 100 metros, não são "resolvidos" pelos sistema.

A Tabela 1 apresenta algumas especificações da W.M.O. (World Meteorological Organization) face aos tipos de sistemas sensores que devem ser usados para o estudo de bacias de drenagem de diferentes magnitudes.

Pela análise desta tabela, verifica-se que as imagens MSS/LANDSAT se adequam ao estudo de bacias hidrográficas médias e grandes com dimensões superiores a 100km².

Face a isto, se o indivíduo estiver interessado em estudar as características da rede de drenagem de uma bacia com dimensões inferiores a 100km², ele já sabe que os dados MSS/LANDSAT não se prestam a este fim.

TABELA 1

ESPECIFICAÇÕES DA WMO QUANTO À FREQUÊNCIA E À
RESOLUÇÃO DOS SISTEMAS SENSORES

ELEMENTO HIDROLÓGICO	RESOLUÇÃO (METROS)			EXATIDÃO	FREQUÊNCIA
	A*	B**	C***		
ÁGUA EXTENSÃO EM ÁREA	10	30	100	± 5%	1 - 4 dias
EXTENSÃO DA INUNDAÇÃO	10	30	100	± 5%	1 - 24 horas
LIMITES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	10	30	100	± 5%	5 anos
UMIDADE DO SOLO	100	300	1000	± 1%	1 - 3 dias
CARACTERÍSTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA ÁREA	30	30	100	± 1%	10 anos
CANAL	30	30	100	± 5%	5 anos
COBERTURA DO SOLO	100	100	100	± 1%	1 ano
DECLIVIDADE	30	30	100	± 5%	5 anos

*A= bacias hidrográficas < 100km².

**B= bacias hidrográficas < 100km² Y < 1000km²

***C= bacias hidrográficas > 1000km²

Outras características fundamentais das imagens MSS/LANDSAT são seu caráter multiespectral e a possibilidade de adquirir dados fora do espectro de visão humana. De fato, embora as fotografias aéreas infravermelhas permitam a detecção de radiação eletromagnética até $0,9 \mu\text{m}$, os sistemas de varredura eletro-óptico-mecânica permitem o registro de energia em regiões bem mais amplas do espectro.

E por que é importante a formação multiespectral para a interpretação da rede de drenagem? Porque a interação entre a energia eletromagnética e a matéria em cada região do espectro em função das propriedades químicas e físicas dos materiais. Em cada faixa do espectro eletromagnético a água terá intensidades diferenciadas de absorvância, que tornarão mais, ou menos, fácil sua discriminação numa ou noutra faixa do espectro. O conhecimento do comportamento espectral da água servirá portanto para orientar a escolha dos canais MSS/LANDSAT mais adequados a seu estudo.

Finalmente as imagens MSS/LANDSAT têm um *resolução temporal* que permite que uma determinada cena seja observada sucessivas vezes ao longo do ano. E de que forma esta característica temporal auxilia na interpretação visual da drenagem? Novamente aqui interfere o comportamento espectral dos alvos naturais ao longo do ano. Nas diferentes estações do ano, o revestimento vegetal apresenta diferenças de vigor que se traduzem em maior ou menor porcentagem de reflectância. Desta maneira, ao longo do ano o contraste água/vegetação pode se alterar. O conhecimento das variações temporais do comportamento espectral das imagens visando o estudo da rede de drenagem.

3. AS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS, ESPECTRAIS E TEMPORAIS DA REDE DE DRENAGEM

Se as imagens MSS/LANDSAT têm características especiais quanto à resolução espacial, quanto à faixa espectral em que atua e

quanto à resolução temporal torna-se fundamental ao fotointérprete conhecer como estas características interferem na análise da rede de drenagem, e como as características da rede de drenagem modificam condições para sua interpretação.

Sob o ponto de vista da resolução espacial, a magnitude da bacia em estudo vai interferir na seleção do canal espectral mais adequado à restituição da drenagem. Rios grandes, com canais largos, podem ser detectados diretamente na imagem através da diferença entre o comportamento espectral da água e da vegetação. Rios pequenos podem ser restituídos a partir da impressão da rugosidade apresentada pelos vales em que se alojam ou através da mata ciliar.

A capacidade de restituir a rede de drenagem em imagens MSS/LANDSAT depende da magnitude da bacia, da disposição dos rios e da densidade da drenagem.

Em regiões de relevo caracterizado por grande amplitude altimétrica, dificilmente pode-se chegar à restituição da rede de drenagem em imagens MSS. Os rios que correm no fundo dos vales são mascarados pelo sombreamento. Entretanto, pela análise da textura fotográfica da imagem pode-se identificar qualitativamente regiões com drenagem mais, ou menos, densa.

Em regiões de topografia mais plana, como as regiões do Planalto Central do Brasil, em que predomina a vegetação de cerrado, o mapeamento da drenagem pode ser realizado através do padrão formado pela mata ciliar ou seja, a mata que acompanha os rios. Nestas circunstâncias o canal a ser utilizado é aquele que permite o maior contraste entre dois tipos de vegetação.

Em regiões de floresta densa, os rios pequenos podem ser mapeados através das diferenças de vigor entre a mata de terra firme e a mata de várzea. Nestas circunstâncias, o canal MSS a ser utilizado é aquele que proporciona a maior distinção entre coberturas vegetais com diferentes níveis de umidade.

Das observações anteriores se depreende que mesmo para análise dos atributos espaciais da imagem (textura) há a necessidade de conhecer profundamente o comportamento espectral do objeto sensoriado.

A Figura 2 representa o comportamento espectral dos três principais componentes genéricos da superfície terrestre: água, solo e vegetação na faixa compreendida entre 0,5 e 1,1 μm .

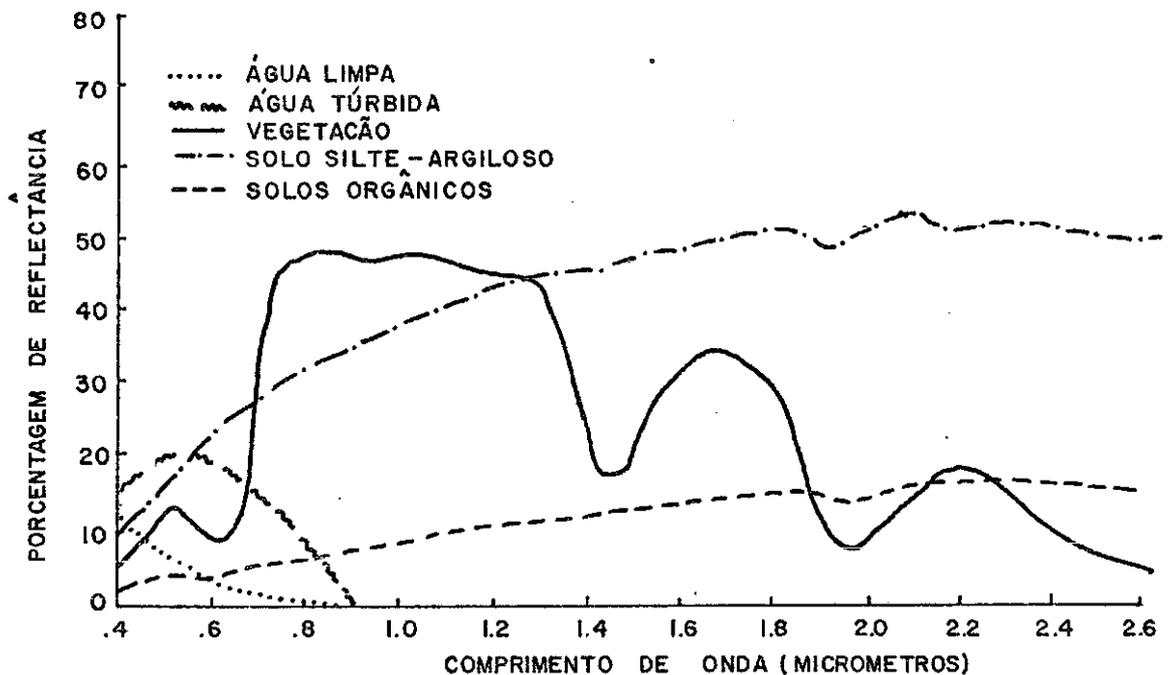


Fig. 2 - Comportamento espectral de componentes básicos da superfície terrestre.

Ao analisar o comportamento das curvas na faixa de interesse para o MSS/LANDSAT, ou seja, entre 0,5 e 1,1, verifica-se o seguinte:

- Na faixa de 0,5 e 0,6 μm , que corresponde ao canal 4 do MSS/LANDSAT, a água apresenta a máxima porcentagem de reflectância independentemente de o seu estado ser limpo ou turbido. A partir de 0,6, a reflectância da água decresce rapidamente até atingir 0% próximo a 0,8 μm . O que significa isto em termos de imagem? Significa que a água limpa em todos os canais MSS apresentará tonalidade escura, enquanto a água turbida apresentará níveis mais claros.
- Na faixa de 0,5 a 0,6 μm , a vegetação apresenta um pequeno pico de reflectância que atinge 15%. Em torno de 0,65 μm há uma redução da reflectância da vegetação correspondente a absorção pela clorofila b, e a partir de 0,68 μm a curva de vegetação alcança valores de reflectância em torno de 50%, formando um patamar de reflectâncias elevadas em toda a faixa correspondente ao MSS 6 e MSS 7 (0,7 a 1,1 μm).

Tendo em vista estes aspectos, o que ocorreria se houvesse necessidade de discriminar entre água e vegetação? Que faixa espectral seria a mais adequada? Mantidos outros fatores constantes, numa região de floresta por exemplo, seria mais fácil identificar um rio largo no canal MSS 7, porque é nesta faixa que existe maior diferença de resposta entre água e vegetação.

E numa área sem floresta? Em que faixa seria mais fácil a discriminação entre água e solo. Se o rio for largo, ainda o MSS 7 é o melhor, porque pela análise da curva observa-se que há grande contraste entre solo e água nessa faixa. E se o rio for estreito de modo que sua lâmina d'água não seja resolvida pelo sistema MSS/LANDSAT? Nessa circunstância deve-se utilizar o canal que proporcione o maior contraste entre vegetação de diferentes densidades de cobertura do solo.

Voltando à Figura 2, o que se observa? Observa-se que na faixa de 0,6 a 0,7 μm existe um máximo de absorção da radiação vermelha. Esta faixa corresponde ao canal MSS 5. Enquanto isto, o solo argiloso apresenta nesta região uma reflectância de 30%, ou seja, 3 vezes superior à da vegetação. Numa região de cerrado a vegetação é esparsa, e há portanto a contribuição do solo na formação da resposta espectral do "pixel". Portanto, teoricamente, é na faixa de 0,6 a 0,7 μm que se encontra maior contraste entre a vegetação de cerrado e mata. No infravermelho, as diferenças de densidade são perceptíveis também mas com variações dos níveis de cinza mais claros, o que requer maior esforço do fotointerprete, pois é mais fácil discriminar dois níveis que vão do claro ao escuro, que entre dois níveis de cinza claros.

O canal 5 é o mais adequado para mapear a drenagem secundária em áreas de cerrado, o mesmo não ocorre em áreas de mata.

Na faixa correspondente ao MSS 5 não há como discriminar entre a mata de terra firme e a mata de várzea. A mata de terra firme e a de várzea respondem de forma semelhante, porque o que comanda a absorção nesta faixa são os pigmentos de clorofila.

Portanto, a faixa espectral mais adequada para mapear a drenagem secundária em regiões de mata densa seria aquela que oferecesse maior contraste entre coberturas vegetais sujeitas a diferentes conteúdos de umidade.

Através da análise da Figura 3 pode-se verificar que esta discriminação se dá no infravermelho próximo, e que é aí que se encontram as maiores diferenças de reflectância entre coberturas vegetais com diferentes teores de umidade. Portanto, o MSS 7 é o mais adequado para mapear a vegetação secundária em regiões de floresta. Como a mata de várzea apresenta maior interferência da água devido à maior proximidade do rio e ao lençol freático aflorante, nas imagens MSS 7, ela mostra tonalidade ligeiramente mais escura que a de terra firme, o que torna viável o mapeamento da drenagem.

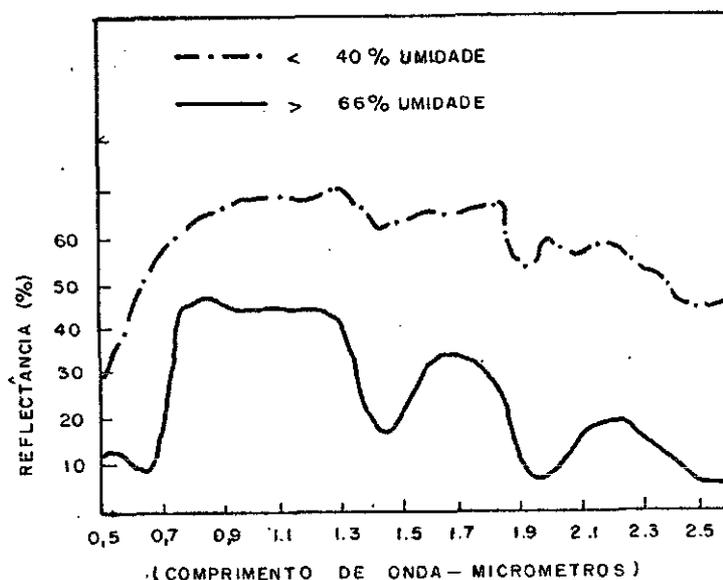


Fig. 3 - Efeito do teor de umidade sobre o comportamento espectral da vegetação.

Outro fator de dificuldade é que de acordo com as condições ambientais prevalentes no momento da aquisição da imagem, o comportamento da água pode variar. Voltando à curva básica (Figura 2) pode-se observar que a água turbida tem comportamento diferente da água limpa. Na faixa correspondente ao MSS 4 (0.5 a 0.6 μm) os níveis de reflectância da água turbida e dos solos são idênticos. Portanto, nesta faixa seria difícil delimitar a interface água/solo. Mas esta propriedade da água é útil para estudar os diferentes tipos de água quanto ao teor de sólidos em suspensão.

Através da Figura 4 pode-se observar que à medida que se aumenta o teor de sedimentos em suspensão há um deslocamento do pico de reflectância para comprimentos de onda mais longos. Como se vê, nem mesmo a água, que é um dos alvos naturais de comportamento espectral mais óbvios, pode ser identificada e interpretada sem um conhecimento prévio das interações energia/matéria.

Como diversos alvos naturais apresentam comportamento espectral semelhante na faixa do visível, torna-se necessário lançar mão

de outros atributos para seu reconhecimento, que são a forma e o padrão, já discutidos anteriormente.

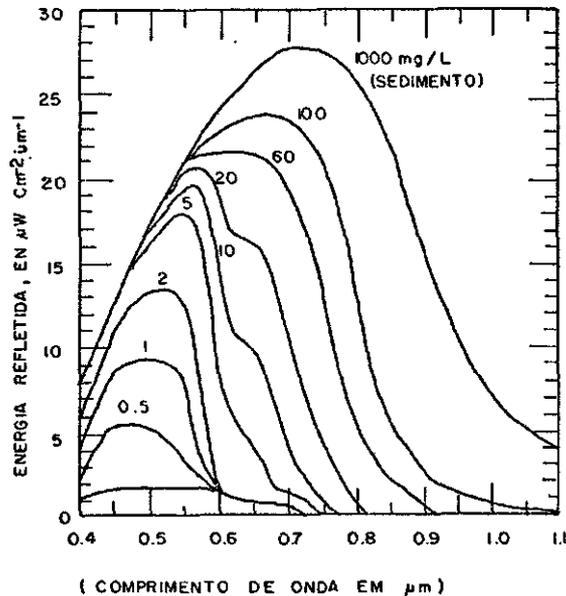


Fig. 4 - Efeito do teor do sedimentos no comportamento espectral da água.

Outro atributo dos dados MSS que pode ser utilizado na análise da rede de drenagem é sua resolução temporal.

O fluxo de água que escoar através dos rios que compõem a rede de drenagem varia durante o ano, e de ano para ano. No período de vazão mínima, a água ocupa o leito menor do rio e no período de vazão máxima extravasa para a planície de inundação.

O conhecimento da área atingida pelas inundações é extremamente útil para planejar a ocupação das áreas ribeirinhas. Através da utilização de sequências de dados multitemporais, podem-se obter informações sobre os limites da área inundável. Para a obtenção de uma composição multitemporal visando o mapeamento da inundação, qual canal MSS deveria ser utilizado? Deveria ser utilizado o canal MSS 7, porque é a faixa que permite estabelecer a interface água/vegetação e água/solo. Nesta faixa do espectro, a radiação é absorvida mesmo pelos corpos d'água

rasos. O contraste tonal exibido entre água e solo/vegetação nesta faixa é muito maior que em qualquer outra porção do espectro visível.

E como é feita esta composição? Usando um filtro verde para a imagem referente à vazão excepcional, e um filtro vermelho para a imagem referente a vazão normal. E qual o significado das cores resultantes? Pela análise da Tabela 2, vê-se que:

- 1) Toda a área em vermelho na imagem corresponde ao setor da vazão atingido pela enchente excepcional.
- 2) As tonalidades de vermelho mais escuro indicam a presença de solos saturados por ocasião da cheia normal.
- 3) As áreas com cor preta representam regiões atingidas regularmente pelas águas em episódios de cheias normais.
- 4) As áreas em amarelo não são atingidas pelas cheias.

TABELA 2

COMPOSIÇÃO MULTITEMPORAL

MSS 7	DATA	TIPO DE VAZÃO	FILTRO	OBJETOS DA SUPERFÍCIE			
	1977	EXCEPCIONAL	VERDE	ÁGUA	ÁGUA	VEGETAÇÃO	VEGETAÇÃO
	1979	NORMAL	VERMELHO	ÁGUA	VEGETAÇÃO	ÁGUA	VEGETAÇÃO
	COR			PRETO	VERMELHO	VERDE	AMARELO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOWARD, A.D. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: a summation.
Geologists Bulletin 51 (11): 2246-2259, Nov., 1967.