

---

**ESTUDO GEOMORFOLÓGICO -  
COMPARAÇÃO ENTRE FOTOGRAFIAS  
AÉREAS PANCROMÁTICAS,  
COLORIDAS E MULTIESPECTRAIS**

*Roberto Rosa*

Prof. do Dep. de Geografia da UFU  
Mestre em Sensoriamento Remoto pelo  
INPE-São José dos Campos

**RESUMO**

*Este trabalho tem como objetivo fazer uma comparação entre três tipos de produtos fotográficos - fotografias aéreas pancromáticas, fotografias aéreas coloridas e fotografias aéreas multiespectrais quanto suas potencialidades e aplicabilidades a estudos geomorfológicos.*

---

**INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, têm surgido inúmeros trabalhos visando a avaliação das potencialidades dos diversos produtos fotográficos para estudos em geomorfologia.

O fenômeno geomorfológico é de extensão espacial muito variável, podendo ser observado quer a nível orbital (cadeias montanhosas), quer a nível microscópico (grau de arredondamento de grãos de areia). A medida que aumenta a extensão espacial de uma forma, ou de um conjunto geomorfológico, mais difícil se torna ao observador estudá-lo em sua totalidade. O uso da tecnologia de sensoriamento remoto através da obtenção de imagens fotográficas permite a observação global do terreno, possibilitando o estudo das formas e de suas relações com outros fenômenos ambientais.

Em trabalhos de geomorfologia pode-se utilizar diferentes tipos de dados de sensoriamento remoto, em função do objetivo da pesquisa e das características das áreas de estudo. Neste trabalho serão utilizados apenas produtos fotográficos em suas diferentes formas.

O objetivo deste trabalho consiste basicamente em estudar as feições geomorfológicas visíveis nos

diferentes produtos fotográficos (fotografias pancromáticas, coloridas e multiespectrais) e compará-las entre si.

A geomorfologia é o ramo do conhecimento científico que se propõe a descrever e classificar o modelado terrestre e explicar os processos que lhe deram origem.

A interpretação de fotografias aéreas consiste basicamente na observação e análise da topografia, drenagem, erosão, padrão de tonalidade fotográfica e uso do solo nas áreas expostas nas fotografias, usualmente com o apoio de estereoscópio.

O critério usado na identificação geomorfológica inclui variedade de relevo, posição da paisagem, deposição, tipo de vegetação, padrão de vegetação e drenagem.

A análise da tonalidade de cinza em fotografia aérea pancromática permite, muitas vezes, a classificação de fatos geomorfológicos, fornecendo subsídios para a cronologia relativa às formas. Numa planície aluvial, por exemplo, pode-se identificar paleocanais através do critério de tonalidade. Os canais mais recentemente abandonados aparecem, em geral, com níveis de cinza mais escuros, devido a maior umidade que eles possuem.

Nas várzeas pode-se separar, através de variações tonais, terraços fluviais de pequena amplitude altimétrica. Os terraços mais elevados tendem a apresentar tonalidades mais claras.

A análise da textura fotográfica também permite inferências de interesse geomorfológico. As variações de textura fotográfica numa dada vertente permite inferir, por exemplo, a existência de afloramentos rochosos. Vertentes submetidas a processos mais agressivos de erosão tendem a apresentar textura mais áspera, devido ao microrrelevo determinado pelos múltiplos canais de escoamento pluvial. As áreas de depósitos recentes (colúvios e alúvios) apresentam, em geral, textura lisa pois são áreas de acumulação em que processos degracionais praticamente não atuam.

O significado geomorfológico da textura vai depender da escala da fotografia.

As fotografias aéreas coloridas oferecem vantagens adicionais, quando se utiliza mais intensamente o critério de análise, uma vez que o olho humano é mais sensível a variações de cor que a de níveis de cinza.

Diversos trabalhos realizados com fotografias coloridas e pancromáticas, sob as mesmas condições, têm demonstrado a superioridade das primeiras (coloridas) no que se refere ao tempo despendido na caracterização da drenagem e às características erosivas.

Por exemplo, em estudos hidrológicos, variações na cor da água ao longo de um rio podem indicar a presença de sedimentos transportados por afluentes. Variações na cor dos solos ou de afloramentos rochosos podem indicar diferenças no

grau de alteração das rochas, tipo de material predominante, etc.

Com o uso de fotografias aéreas multiespectrais, a potencialidade da análise das tonalidades é consideravelmente aumentada. Para a análise dessas fotografias, utiliza-se geralmente o instrumento Color Additive Viewer que, através de um sistema de filtros, permite a simulação de composições normais e no infravermelho.

A principal vantagem dessas fotografias (multiespectrais) é a ampliação das informações para além do espectro visível (400 - 900nm) e a separação em 4 bandas (canais), permitindo composições com a junção de diferentes canais.

Estas características são de grande utilidade na interpretação geomorfológica quando se analisam diferenças de cores, pois os filmes infravermelhos permitem grande contraste entre objetos.

As fotografias multiespectrais podem, também, ser analisadas separadamente com o auxílio da mesa de luz. A análise de cada faixa do espectro pode ser útil quando se quer estudar um fenômeno particular. Se, por exemplo, o interesse for o mapeamento da drenagem e de áreas de maior concentração de umidade, a análise na faixa do infravermelho permitirá um rápido reconhecimento da drenagem e superfícies úmidas, caracterizadas pela tonalidade cinza escuro.

Com fotografias infravermelho de uma região, a rede de drenagem pode ser mapeada em monoscopia, pois esta fornece resultados comparáveis aos de análise estereoscópica com fotografias pancromáticas.

A seleção da banda a ser utilizada quando do uso de fotografias multiespectrais depende muito dos objetivos da pesquisa.

O processo de interpretação de uma fotografia envolve basicamente as seguintes fases:

- detecção das características observáveis na foto;
- reconhecimento e identificação dessas características;
- análise dos padrões formados pelos objetos reconhecidos;
- classificação dos objetos em conjunto significativos.

Uma interpretação geomorfológica completa não está restrita apenas às características visíveis na imagem, mas também ao estabelecimento de associações entre estas e os fenômenos não-visíveis como os processos, as propriedades hidrológicas, as pedológicas, etc.

A identificação e reconhecimento de formas estão estreitamente vinculados ao tipo de produto de sensoriamento remoto utilizado, isto é, dependem da escala de obtenção das fotografias e das características de resolução espectral e geométrica que afetam a grandeza da forma reconhecível. Um canal meândrico, por exemplo, é reconhecido pela sua configuração espacial que determina uma forma sinuosa. A análise da forma é extremamente facilitada pela possibilidade de visão estereoscópica.

As análises da tonalidade e textura são os únicos meios de visualizar formas em fotografias que não apresentam o recurso de estereoscopia.

Na análise do relevo, os principais aspectos a serem considerados para a compartimentação geomorfológica são:

- a) Forma dos Vales - através da análise das formas dos vales, pode-se ter informações sobre as condições paleoclimáticas que

atuaram sobre a região de estudo; pode-se também verificar se as formas existentes são herdadas, ou são respostas a processos atuais ou subatuais.

- b) Forma das Vertentes - as vertentes podem ter diferentes perfis, os quais podem identificar não só os processos que atuaram ou atuam no seu modelado, mas também a litologia sobre a qual foi modelada a tectônica que afetou a região, o tempo em que as vertentes vêm sendo expostas ao intemperismo, etc.
- c) Forma dos Canais Fluviais - os canais fluviais podem ser sinuosos, ramificados, meândricos, anastomosados, etc. A análise dessas formas permite inferir sobre as condições de escoamento da área em estudo.

## MATERIAL E METODOLOGIA

### Material Utilizado

- Uma área teste localizada no município de Cachoeira Paulista-SP, caracterizada pela pequena variabilidade das feições topográficas e algumas represas.

- Um par de fotografias preto e branco, escala 1:14.000.

- Um par de fotografias coloridas, escala 1:20.000.

- Uma fotografia multiespectral, escala original 1:34.000 e escala ampliada com VIEWER escala 1:13.000.

- Planimetro.

- Estereoscópio de bolso e espelho.

- I2S MINI-ADDCOL Additive Color Viewer Modelo 6000.

- Carta topográfica do DSG, escala 1:25.000.

- Mesa de luz.

- Papel overlay - poliéster.

- Grafite colorido.

- Papel milimetrado.

## Metodologia

Colocando-se o papel poliéster transparente sobre as fotografias, foram demarcados os limites da área que deveria ser estudada. Feito isto, iniciou-se a fotoleitura das feições geomorfológicas sobre os diferentes produtos fotográficos.

Foram traçados nas fotos coloridas e pancromáticas os seguintes elementos:

- a) *Vertentes* (classificadas em função da forma)
  - convexas - declividade crescente do topo à base
  - côncovas - declividade decrescente do topo à base
  - escarpa - ruptura de declive, ângulo maior que 45°
- b) *Canais Fluviais*
  - encaixados/não-encaixados
  - formas: reto, sinuoso, meândrico, ramificado, etc.
  - vale simétrico/assimétrico
- c) *Interflúvios*
  - aplainados
  - em crista
- d) *Processos e Formas Menores*
  - erosão laminar - indica depósitos na base da vertente
  - erosão linear - sulcos/ravinas/voçorocas;
  - cone de dejecção
  - depressões
  - incisão de canal

Na fotografia multiespectral foi feita a observação com o VIEWER, porque a escala da fotografia dificultava a interpretação, e com este

instrumento conseguiu-se a ampliação, embora perdesse o recurso da estereoscopia. Com isso optou-se em fazer apenas uma comparação quantitativa da área alagada (represa) e áreas úmidas nas diferentes bandas (azul, verde, vermelho, infravermelho) e uma comparação visual qualitativa entre as diferentes bandas sem ter a preocupação de fazer um templeto.

Deve-se salientar que as fotografias coloridas e multiespectrais apresentavam-se na forma de transparência positiva.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nas fotografias coloridas, conseguiu-se identificar a presença de vertentes convexas e côncovas, interflúvios applainados e em cristais, um pequeno cone de dejecção, presença de escoamento difuso, canais sinuosos não-encaixados e canais retos encaixados, presença de vales assimétricos e planícies.

As planícies de inundação provavelmente recebem e acomodam o volume de água acrescido durante as enchentes. A velocidade da água fora do canal, possivelmente, é muito fraca e entre o leito menor e maior há seleção granulométrica do material depositado, segundo a velocidade da corrente; isto pode ser identificado nas fotos através da diferença de tonalidade e textura.

Supostamente, por ocasião das enchentes, os seixos são arrastados no fundo do leito normal. Quando as águas transbordam as margens, a velocidade, que era suficiente para carregar areias em suspensão, diminui rapidamente. Nas bordas do canal, são depositadas areias nas formas de bancos, que perdem altura em direção a planície de inundação. São os diques marginais.

verificar que, em geral, a banda 4 (infravermelho) fornece mais informações de natureza geomorfológica, principalmente quando se refere ao traçado da drenagem principal.

A banda 3 (vermelho) fornece mais informações adicionais, como por exemplo drenagem secundária e cobertura vegetal. Entretanto, o uso conjunto das 2 bandas aumenta consideravelmente a eficiência da interpretação.

No que se refere as bandas 1 e 2 (azul e verde), pode-se observar que a banda 2 é mais indicada para o estudo de material em suspensão na água (sedimentos), no entanto, a banda 1 serve para avaliar a contribuição da atmosfera na resposta das

outras bandas, uma vez que esta banda (azul) está situada em intervalo de comprimentos de onda onde ocorre o maior espalhamento atmosférico, tendo a resposta uma grande contribuição da radiação atmosférica.

Alguns fenômenos são mais facilmente observados através da análise de composição colorida. Por exemplo, a combinação da banda 2 com filtro azul, e a banda 4 com filtro vermelho, proporciona excelentes resultados para o estudo de áreas com diferentes teores de umidade. No que se refere à análise quantitativa foi feita a comparação entre as medidas das áreas inundadas de 3 represas, nas 4 bandas. O resultado pode ser observado na Tabela 1:

Canal	Represa	Área (m <sup>2</sup> )	Área
Azul (1)	1	52.390	72.670
	2	7.605	
	3	12.675	
Verde (2)	1	46.475	61.685
	2	5.915	
	3	9.295	
Vermelho (2)	1	42.757	55.770
	2	5.915	
	3	7.098	
Infravermelho (4)	1	40.898	53.404
	2	5.408	
	3	7.098	

TABELA 1 - Cálculo da Área de 3 Represas

A represa apresenta uma maior área quando medida na banda 1 (azul), com uma área de 72.670 m<sup>2</sup>, seguida da banda 2 (verde), com 61.685 m<sup>2</sup>, banda 3 (vermelho), com 55.770 m<sup>2</sup>, e por último banda 4

(infravermelho) com uma área de 53.404 m<sup>2</sup>.

Como pode ser verificada, a medida feita na banda 4 apresenta uma área de 26.5% a menos que a banda 1.

Na planície de inundação, as águas se espriam e perdem velocidade. São depositados os materiais mais finos em suspensão (silte e argila) representados na foto por uma tonalidade mais escura e textura mais lisa. Apesar da deposição ser predominantemente fina, a estrutura dos aluviões do leito maior revela uma composição heterogênea ligada a migrações rápidas do leito aparente sobre o leito maior, por ocasião das cheias. A partir das margens, deposita-se material de granulação decrescente. A estrutura dos aluviões exibe disposição lenticular.

Os canais dos rios presentes na área de estudo, em geral são mais profundos do que largos, isto revela um transporte em suspensão de materiais com granulação fina.

O leito maior do rio ou planície de inundação está recoberta de vegetação, possivelmente gramíneas e herbáceas. Já o leito normal é ocupado por materiais rolados, sem a presença de vegetação.

Nos interflúvios, as vertentes evoluem sob a ação de dois processos principais: escoamento difuso e rastejamento, supondo um ciclo de erosão normal. Ocorre o transporte de material pelos movimentos coletivos do solo, formação de terracetes, ação de água superficial e subsuperficial.

No sopé coluvial, verificam-se indícios de reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; formação de cones de dejecção, transporte de material, ação superficial da água.

Nas fotografias pancromáticas foi mais fácil identificar as diferenças entre os terraços fluviais e planícies de inundação, isto pode ser justificado em função da escala maior (1:14.000), enquanto que a escala das fotografias coloridas era

1:20.000. No entanto, ao redor das represas não se conseguiu notar a diferença entre o limite de vazante e o de cheia; isto também pode ser explicado porque as fotografias foram tomadas em datas diferentes, e quando da tomada destas (pancromática) a represa poderia estar com seu volume máximo de água (época de chuva), enquanto que a foto colorida possivelmente tenha sido tomada quando o volume de água era menor (estiagem).

Pode-se delimitar também nas fotografias pancromáticas uma classe de áreas úmidas ou pantanosas que não se tinha verificado nas fotografias coloridas, isto pode ser justificado em função das fotografias pancromáticas serem tomadas em uma época chuvosa encontrando-se estas áreas possivelmente alagadas.

No entanto, na identificação das vertentes essas fotografias apresentaram desvantagem em relação às coloridas, devido a escala ser maior, dificultando a visão do conjunto do relevo, prejudicando a estereoscopia, notando-se pequenas diferenças entre os talwegues e os interflúvios, dificultando inclusive a separação entre as vertentes côncavas e convexas.

Nas fotografias multiespectrais foi feita uma comparação visual entre as diferentes bandas, com auxílio do I2S MINI-ADDCOL Additive Color Viewer, sem representação em templeto.

Pela comparação entre as bandas, pode-se concluir que algumas unidades geomorfológicas podem ser identificadas mais facilmente que outras, dependendo da banda. Isto é explicado pelo fato de que, em algumas áreas, as variações de vegetação e umidade estão mais associadas a geomorfologia que em outras.

Na análise das bandas, pode-se

Este fato pode ser explicado em função da maior resposta da água em comprimentos de onda menores, o que com o acréscimo da radiância atmosférica provoca um aumento da área líquida na área líquida, em contrapartida a baixa resposta da

água na banda 4 provoca a redução da verdadeira área.

Foi feita também a delimitação e quantificação de todas as áreas úmidas ou pantanosas encontradas nas fotografias multiespectrais, conforme Tabela 2.

Canal	Número de Áreas Úmidas	Área (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Azul (1)	1	-	-
	2	-	
Verde (2)	1	2.535	2.535
	2	-	
Vermelho (3)	1	2.704	14.872
	2	12.168	
Infravermelho (4)	1	3.887	22.308
	2	18.421	

TABELA 2 - Áreas Úmidas ou Pantanosas

No que se refere à delimitação de áreas úmidas ou pantanosas, na banda 1 não conseguiu-se identificar nenhuma área, mas à medida que nos deslocamos para maiores comprimentos de onda conseguiu-se delimitar estas áreas, sendo melhor identificáveis na banda 4 (infravermelho).

Esta facilidade de identificação de áreas úmidas na banda 4 deve-se provavelmente à pequena presença de vegetação, dando uma resposta baixa nesta banda e a pouca ou quase nenhuma resposta da água, aparecendo com uma tonalidade cinza escura na fotografia.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da comparação entre fotografias aéreas coloridas, pancromáticas e multiespectrais, concluiu-se que:

As fotografias aéreas coloridas

fornece um maior número de informações do que as pancromáticas, e em menor tempo, sob as mesmas condições, uma vez que o olho humano é mais sensível às variações de cor do que a níveis de cinza.

Na comparação visual entre as fotografias multiespectrais, concluiu-se que as bandas 3 e 4 associadas são muito úteis para estudos geomorfológicos, enquanto a banda 1 e 2 são úteis para avaliação de componentes atmosféricos e de sedimentos em suspensão na água, respectivamente.

No que se refere a análise quantitativa do limite de áreas líquidas, verificou-se que embora muitos autores considerem a banda 4 (infravermelho) ideal para demarcar os limites de áreas alagadas, deve-se usá-la com restrições, pois con-

forme mostraram os resultados da Tabela 1, esta banda provoca a redução da verdadeira área alagada. No entanto verifica-se também que a banda 1 (azul) provoca um acréscimo da área em relação à área real.

A redução da área líquida na banda 4 deve-se provavelmente em função das áreas estudadas serem muito pequenas, e da grande resposta à vegetação (que margeia o limite líquido) neste comprimento de onda,

Esta diferença (área líquida nas bandas 1 e 4) mostrou-se muito mais acentuada quanto menor for a área estudada.

mascarando o verdadeiro limite de água.

Com isso concluiu-se que quando se necessita calcular áreas líquidas de determinada represa, não se deve utilizar apenas as medidas tomadas em uma única banda, e sim fazer a média das medidas das áreas nas diferentes bandas, o que certamente mais se aproximará da área real.

No que se refere à delimitação de áreas úmidas (pantanosas) pode-se verificar que a banda 4 é a que melhor resultado apresenta, sendo que à medida que nos deslocamos para bandas de comprimentos de ondas menores, pouca ou quase nenhuma área pode ser identificada.