

SOMBRAS: UM CRITÉRIO FOTOINTERPRETATIVO PARA IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Mirley Ribeiro *MOREIRA*¹

Paulina Setti *RIEDEL*²

Diana Sarita *HAMBURGER*³

Resumo

As imagens de satélite, por serem um registro de alvos com diferentes comportamentos espectrais e diferentes arranjos espaciais, respondem com variações texturais. Uma das regiões que normalmente são prejudicadas por esse mapeamento são as áreas de serras com vertentes abruptas e com cobertura vegetal densa. A topografia no instante da tomada da imagem proporciona o efeito do sombreamento, ocasionando uma redução dos valores de reflectância nas áreas sombreadas. Esta variação textural, muitas vezes complexa, apresenta-se valiosa na interpretação das formas de relevo, drenagem e de padrões da cobertura vegetal e de uso da terra. Acredita-se que, a combinação das técnicas de processamento digital de imagens com critérios fotointerpretativos, subsidiaria a redução do caráter subjetivo da análise textural sendo possível favorecer a discriminação de elementos imageados nas áreas dos municípios de Peruibe e Itanhaém localizados no litoral sul do Estado de SP. Desta forma, o objetivo principal do trabalho é avaliar as sombras como um critério fotointerpretativo na separação de compartimentos de terreno em imagens orbitais. Os resultados obtidos mostraram que o método convencional de fotointerpretação juntamente com a aplicação do critério de análise das sombras, mostrou-se viável de ser aplicado e apresentou resultados satisfatórios e inovadores para o processo de compartimentação do terreno.

Palavras-chaves: Sensoriamento Remoto.; Fotointerpretação. Análise textural. Sombras. Compartimentação do terreno.

Abstract

Shadows: photo-interpretive criteria for remote sensor images in the compartmentalization of the physical environment

Satellite images, because they are records of targets with different spectral behavior and spatial arrangements, present textural variations. Topography gives a shadowed effect, causing a reduction in the reflectance values in the shadowed areas. This textural variation, often complex, can be an interesting tool in the compartmentalization of relief. Thus, the main objective of this study is to evaluate and utilize these shadows as a photo-interpretive criteria in the separation of compartments of land in orbital images, in the municipalities of Peruibe and Itanhaém, located on the southern coast of the state of São Paulo. The techniques employed included utilization of a binary image of the shadowed and the illuminated areas, in association with a digital elevation model and the original image itself to aid in the photo-interpretation, conducted according to conventional criteria. The results point to the viability of applying the conventional model of photo-interpretation together with the application of shadow analysis criteria, with satisfactory and innovative results for the process of land compartmentalization.

Key words: Remote Sensing. Photointerpretation. Texture analysis. Shadows. Compartmentalization of land.

¹ Doutoranda em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista – UNESP/IGCE. Rio Claro-SP. E-mail: mirleyrm@rc.unesp.br

² Professora Doutora do Departamento de Geologia Aplicada UNESP/IGCE. Rio Claro-SP, Brasil. E-mail: psriedel@rc.unesp.br

³ Professora Doutora do Centro Universitário Senac, São Paulo- SP. E-mail: diana.hamburger@bol.com.br

INTRODUÇÃO

Com a disseminação das tecnologias de sensoriamento remoto, tornaram-se constantes tanto a aquisição, quanto a atualização de dados sobre a superfície. No entanto, o trabalho com áreas de encostas com alta declividade e que apresentam extensas áreas de floresta pluvial, o registro dos sensores orbitais, é muitas vezes, prejudicado pelo efeito do sombreamento topográfico, causado pelo bloqueio da radiação solar, evidenciando a ineficácia da discriminação de determinados tipos de objetos (GILES, 2001, p. 833 e COLBY, 1991 p. 531).

O sombreamento topográfico acontece em função das rupturas de declive no terreno, que no instante da tomada da imagem proporcionam o efeito da ausência de radiância que irá fornecer a idéia de morfologia do terreno, que é definida em imagens por pares alternados de luz e sombra (figura 1) (VENEZIANI; ANJOS, 1982, p.5). A proporção das sombras em uma imagem de sensoriamento remoto depende da combinação de dois fatores: 1º características topográficas da paisagem e 2º a posição solar (elevação solar e azimute) no momento da aquisição da imagem. O ângulo de iluminação sob o qual a imagem é adquirida afeta o sombreamento topográfico, particularmente em terrenos com relevo dissecado. Baixos ângulos de iluminação aumentam o sombreamento topográfico e, conseqüentemente, ocorre o aumento da textura observada na imagem. (GILLES, 2001, p. 833 e CRÓSTA, 1992, p. 100).

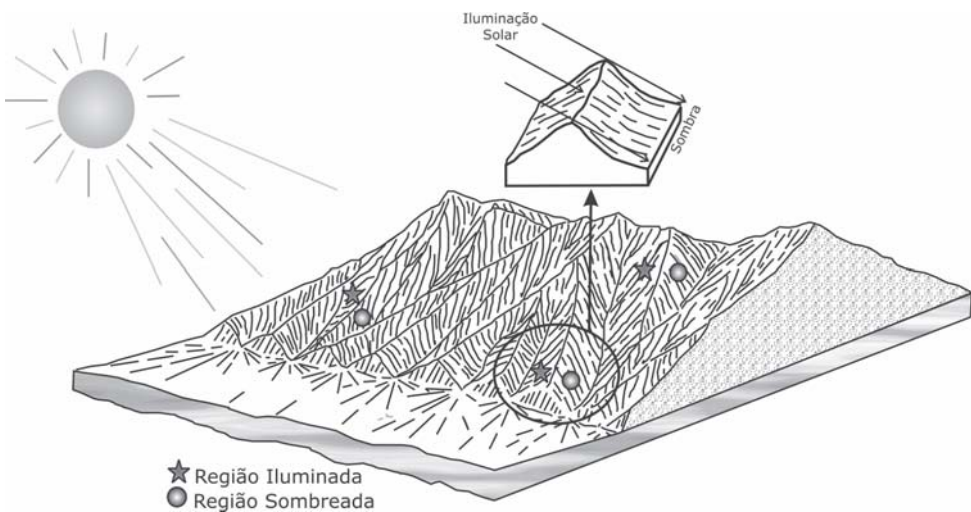


Figura 1 – A iluminação oblíqua, no instante da tomada da imagem, proporciona o efeito do sombreamento que irá fornecer a idéia da morfologia do terreno:

Fonte: Adapt. VENEZIANI; ANJOS (1982)

A geometria de aquisição de imagem se divide em alguns parâmetros, que são ângulo zenital do sol, ângulo de visada, ângulo azimutal, ângulos azimutais relativos e a altitude do sensor. Quando se trabalha com a morfologia de uma região, dois dados precisam ser observados na imagem: o ângulo solar zenital e o ângulo azimutal que alteram a distribuição de energia na superfície do alvo, pois ambos irão interferir na medida da radiância dos alvos captada pelo sensor (NOVO, 2002, p.185). Segundo Crosta (1983, p.11) quando se trabalha com a interpretação da direção de feições lineares, o azimute de iluminação solar nas

imagens LANDSAT é de grande importância, pois cada sistema introduz uma certa tendência nas direções traçadas, uma vez que, devido à características a cada um deles, certos ângulos são realçados enquanto que outros são obliterados.

No sentido de reduzir o efeito de sombreamento, estudos realizados por Jensen (1996, p.122), apresentam o método de correção radiométrica a partir da declividade topográfica, com o objetivo de remover toda topografia induzida pela variação de iluminação, de forma que dois objetos que apresentam a mesma propriedade de reflectância mostrem o mesmo valor de brilho na imagem, apesar da orientação diferenciada da posição solar.

Apesar de muitos estudiosos terem interesse em eliminar os efeitos de sombreamento em imagens de satélite, principalmente quando se trabalha com propriedades de reflectância, aqui se trata de considerar as sombras como um critério capaz de auxiliar o processo de fotointerpretação em imagens orbitais na delimitação de zonas homólogas.

ANDERSON e VERSTAPPEN (1982; p. 47) consideram que a sombra é um fator importante para a fotointerpretação, não somente por fornecer a impressão da altura do objeto, mas também por contribuir na identificação dele. Segundo Florenzano (2002, p.49) a partir da sombra, outros elementos, como forma e tamanho, também podem ser inferidos no processo de interpretação, permitindo obter informações sobre a altura dos objetos. Uma utilidade das sombras é a impressão de relevo que elas proporcionam, devido ao posicionamento dos raios solares.

Nos processos fotointerpretativos convencionais, que envolvem a análise do relevo, o sombreamento torna-se importante aliado, podendo, inclusive, ser utilizado como um critério de fotointerpretação, onde características como seu tamanho, orientação e densidade podem ser consideradas.

Quando se analisa a quantidade de áreas de sombras simplesmente através de sua distribuição e geometria, fica claro que as sombras delineiam locais onde há uma maior densidade de elementos de relevo. Da mesma forma, a ausência de sombra estaria relacionada à ocorrência de relevos menos dissecado, com densidade baixa ou até mesmo inexistente de elementos de relevo, como é o caso de uma área de planície. No entanto, esse fato nos alerta para uma outra questão, como o fato de ocorrerem relevos assimétricos que, dependendo de sua direção com relação à iluminação, podem gerar grandes áreas iluminadas, associadas à áreas de pouca sombra

Os elementos da paisagem, em geral o relevo e a drenagem, auxiliam no estabelecimento de unidades homogêneas da paisagem, conhecido como compartimentação.

O princípio utilizado para a compartimentação, a partir da interpretação sistemática de produtos de sensoriamento remoto, baseia-se no fato de que os elementos fisiográficos interagem de maneira diferente de área para área em função de variações nos fatores (clima, tectônica, etc.) que regem sua evolução. Isso faz com que esses elementos apresentem-se sob formas particulares em cada região, determinando assim diferentes paisagens. Essas paisagens específicas são refletidas na imagem através de texturas também específicas e que são resultado da organização espacial dos diferentes tipos de elementos texturais (VEDOVELLO; MATTOS, 1989, p. 6).

Ao se trabalhar no estabelecimento de limites entre zonas homólogas, o sistema visual humano ou a percepção humana considerará basicamente duas características: a tonalidade e a textura, as quais possuem uma inter-relação, pois sem variações tonais, nenhuma mudança na textura poderia ser percebida na imagem. Por conseguinte, no momento da delimitação das áreas, o fotointérprete as classifica segundo suas propriedades e características semelhantes, a partir de divisões de unidades, seguindo determinados critérios.

O ser humano é capaz de identificar nitidamente cores, formas e tamanho ao visualizar uma imagem, no entanto, em geral a fotointerpretação traz consigo a subjetividade das análises, pois ela está ligada diretamente ao processo dedutivo e indutivo dos dados obtidos

durante as fases de análise e, à medida que esta análise é realizada, presencia-se a capacidade do sujeito em adaptar e evoluir técnicas de interpretação que até então lhe foram transmitidas (RAY, 1963, p.5).

Apesar de todo aprendizado científico apresentar um nível básico, cada um encontra a melhor maneira de se adequar e aplicar o método, com objetivo de se obter resultados com qualidade e rapidez. Parte-se do pressuposto que a metodologia permanece mutável e que cada fotointérprete, com sua individualidade, apresente resultados diferentes. Com o avanço dos softwares, principalmente em processamento digital de imagens e da cartografia digital, tornou-se possível a aplicação de métodos capazes de auxiliar o fotointérprete a uma tomada de decisão. O critério das sombras aqui apresentado, pode ser considerado como um procedimento capaz de ajudar o fotointérprete na compartimentação de terrenos que, ao lado da imagem real e que, associado a um modelo digital de elevação pode se tornar uma ferramenta valiosa para um fotointérprete, principalmente para aqueles que não possuem uma base consolidada nessa área, o que aumenta a incerteza quando se realiza o processo de fotointerpretação.

OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é avaliar as sombras como um critério fotointerpretativo que subsidia a separação de compartimentos de terreno em imagens orbitais.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende pequeno trecho dos municípios de Itanhaém e Peruíbe, estando compreendida entre os paralelos 24° e 24°20´ de latitude sul e entre os meridianos 46° e 46°45´ de longitude oeste. Localiza-se no litoral sul do Brasil e suas vias de acesso são a BR-116 (Rod. Régis Bittencourt) que liga a SP-165 e a SP-055 (Rod. Manoel da Nóbrega). (figura 2).

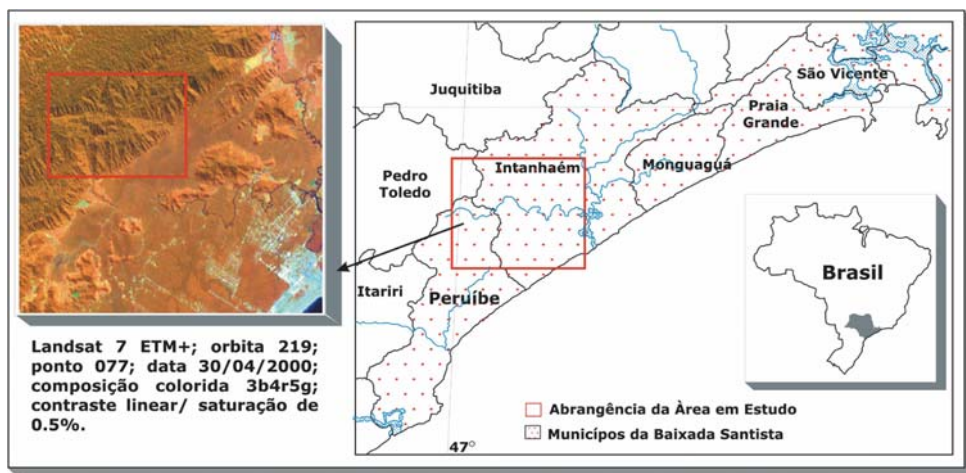


Figura 2 – Localização da área em Estudo

Segundo IPT (1981 p. 17), a área de estudo está geomorfologicamente situada em quatro unidades: planície costeira, relevo de morrotes, relevo de morros, relevo montanhoso e escarpas. A planície costeira é representada pelas porções mais externas, junto ao litoral, e internas, no sopé da zona serrana, da área de afloramentos quaternários; tratam-se de terrenos planos e de baixa altitude, drenados e sujeitos a inundações. Apresentam-se com altitude máxima de 4m (IPT, 1981, p.18 e GIANNINI, 1987).

As áreas com serras alongadas, com altitudes máximas variando entre 800 a 1000m, são caracterizadas por topos angulosos, vertentes ravinadas e drenagem de alta densidade, com padrão paralelo-pinulado. Esta unidade geomórfológica é representada na região da serra de Peruíbe. Os morros com serras restritas, definidas por topos arredondados, vertentes com perfil retilíneo, vales fechados e padrão de drenagem dendrítico a pinulado (IPT, 1981, p. 19).

As escarpas festonadas são caracterizadas por anfiteatros separados por espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão subparalelo a dendrítico e vales fechados.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se imagem obtida pelo sensor LANDSAT 7 e ETM+, em formato digital, referente à órbita 219, ponto 077, data 30/04/2000, azimute 41.58°, elevação solar 39.68. A banda espectral utilizada é a banda 5 correspondente a região do infravermelho médio (1,55 – 1,75 mm), Trata-se de uma imagem de alto contraste, comprovado pela grande variância de seus níveis de cinza, constatada em histograma, o que favorece a análise dos elementos texturais de drenagem e relevo.

O software utilizado foi o IDRISI for Windows, versão 3.2, que segundo Eastman (1999, p. 1), é um software capaz de reunir um conjunto de procedimentos voltado para o tratamento de informações espaciais.

METODOLOGIA

A fotointerpretação pode ser realizada com fins geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de uso da terra e para análise da cobertura vegetal. Em todas as áreas o aspecto textural assume grande importância. Neste trabalho, a fotointerpretação é aplicada para uma compartimentação específica do meio físico que pressupõe a separação de áreas ou compartimentos homogêneos da imagem com relação aos aspectos integrados de geologia, pedologia e relevo. Parte-se do princípio que num compartimento homogêneo, onde a textura da imagem seja constante, a litologia e o relevo sejam também constantes. Com relação ao solo, espera-se que haja diferenciação entre os solos de topo, de encosta e de fundo de vale. Num mesmo compartimento, porém, espera-se que haja uma semelhança de comportamento entre os solos de topo, com relação ao seu tipo e profundidade e o mesmo podendo ser esperado entre os solos de encosta e de fundo de vale. Qualquer que seja uma pequena alteração da textura na imagem, indica uma mudança em algum dos atributos, seja litologia, tipo ou espessura do solo.

Esta análise integrada do meio físico, gerando compartimentos homogêneos, tem sido utilizada por vários autores, como Vedovello (1993 e 2000) e Theodorovicz (1994), com o objetivo de associar a cada um deles propriedades geotécnicas ou para dar subsídio a

estudos de suscetibilidade ao desenvolvimento de processos do meio físico em escalas regionais.

A metodologia foi subdividida em duas partes, na primeira parte, foi efetuada a compartimentação do terreno seguindo critérios clássicos, como textura, tonalidade, densidade, forma, etc., baseada na metodologia de Soares e Fiori (1976), adaptada posteriormente por VENEZIANI e ANJOS (1982) para produtos de sensores orbitais. Esta classificação resulta na mesma proposta de compartimentação de Vedovello (1993 e 2000) e Theodorovicz (1994). Segundo esta metodologia, a interpretação é baseada na análise dos elementos texturais de relevo e drenagem. As variações na textura do relevo e da drenagem constituem a propriedade fundamental na análise da imagem, pois permitem separar feições com significados diferentes ou associar feições com os mesmos significados, dado por condições naturais. A tabela 1 sintetiza todos os critérios densidade de drenagem, densidade de relevo, tropia, tamanho das feições de relevo e o agrupamento de "pixels", utilizados para a fotointerpretação.

Tabela 1 - Critérios utilizados para a caracterização dos compartimentos

Critério	Categoria	Conceito
Densidade de drenagem	Muito Alta Alta Média Baixa M. baixa Ausente	Pode ser definida com a razão entre o número de elementos texturais de drenagem por unidade de área. É utilizado para definir zonas homólogas.
Densidade de Relevo	Muito Alta Alta Média Baixa M. baixa Ausente	É uma propriedade quantitativa que pode ser considerada como uma avaliação relativa. Diz respeito à quantidade de elementos texturais distinguíveis por área imageada.
Tropia	Fortemente Orientada Pouco Orientada Não orientada	O critério baseia-se na análise da orientação das lineações de relevo e drenagem.
Tamanho das Feições de Relevo	Muito Grande Grande Médio Pequeno Muito Pequeno	O critério baseia-se essencialmente na análise do tamanho do elemento de textura do relevo definido pelos pares alternados "luz-sombra".
Esse critério é aplicado somente na imagem das sombras, tendo como propriedades qualitativas números decimais.		Comprimento do agrupamento dos <i>pixels</i>
		Largura do agrupamento dos <i>pixels</i>

Fonte: (Adaptado de IPT, 1981)

A segunda parte foi o processamento digital de imagem, onde foi calculada a média dos valores de nível de cinza das regiões claras e escuras da imagem. Com os valores obtidos, realizou-se a reclassificação da imagem, resultando em uma imagem binária, onde uma categoria representa as áreas de sombras e outra as áreas iluminadas. A partir da análise desta imagem, pode-se visualizar de forma direta algumas características das feições de sombras como: densidade, orientação (tropia) e tamanho das feições, que serão discutidas neste trabalho. Para a classificação das áreas de sombras na imagem binária

criada, foram considerados também a largura da sombra e seu comprimento em número de pixels.

Como subsídio a essa interpretação, foi gerado um modelo numérico do terreno. Os modelos numéricos de terreno fornecem um grande subsídio na interpretação da topografia e contribuem na análise do gradiente de rampa (declividade) e do aspecto da superfície, caso ocorram dificuldades na interpretação de superfícies do terreno (EASTMAN, 1998, p. 79; GILES, 2001, p. 834,).

RESULTADOS

Quando se analisa a quantidade de áreas de sombra simplesmente através de sua distribuição e geometria, fica claro que as sombras delineiam locais onde há maior e menor densidade de elementos de relevo. O método utilizado neste trabalho, de reclassificação da imagem, segundo os valores dos níveis de cinza das áreas de sombra, possibilita uma fácil visualização das diferenças entre os vários compartimentos fisiográficos.

As figuras 3a e 3b apresentam as duas imagens fotointerpretadas, a figura 3a segue a proposta de Vedovello (2000), que é a análise convencional, baseada somente nas propriedades texturais do relevo e da drenagem observadas na imagem original. A área foi compartimentada em 22 regiões seguindo estes critérios metodológicos. Já a figura 3b, resultante da interpretação da imagem reclassificada, que realça as feições de sombra foram obtidos 46 compartimentos. As sombras favoreceram de maneira considerável a percepção visual da orientação do relevo e, por conseguinte, a delimitação de zonas com propriedades distintas.

A orientação NW – SE permaneceu praticamente constante em quase todo o terreno, devido ao fato da região mostrar escarpas abruptas e festonadas, muitas delas orientadas e com anfiteatros desenvolvidos separados por espigões em seqüências sucessivas. O desnível, segundo a figura 3c, é da ordem de 800 a 100 m da borda do Planalto Atlântico até a planície costeira.

A densidade de feições de sombra e o seu tamanho, que está relacionado com a amplitude, variaram bastante, devido à presença de diferentes formas de relevo e amplitudes. Para avaliar cada compartimento alguns critérios foram utilizados como: orientação das sombras, densidade e tamanho, variação altimétrica e comprimento e largura do agrupamento de "pixels". A tabela 2 apresenta alguns compartimentos, em caráter demonstrativo da forma de avaliação considerada.

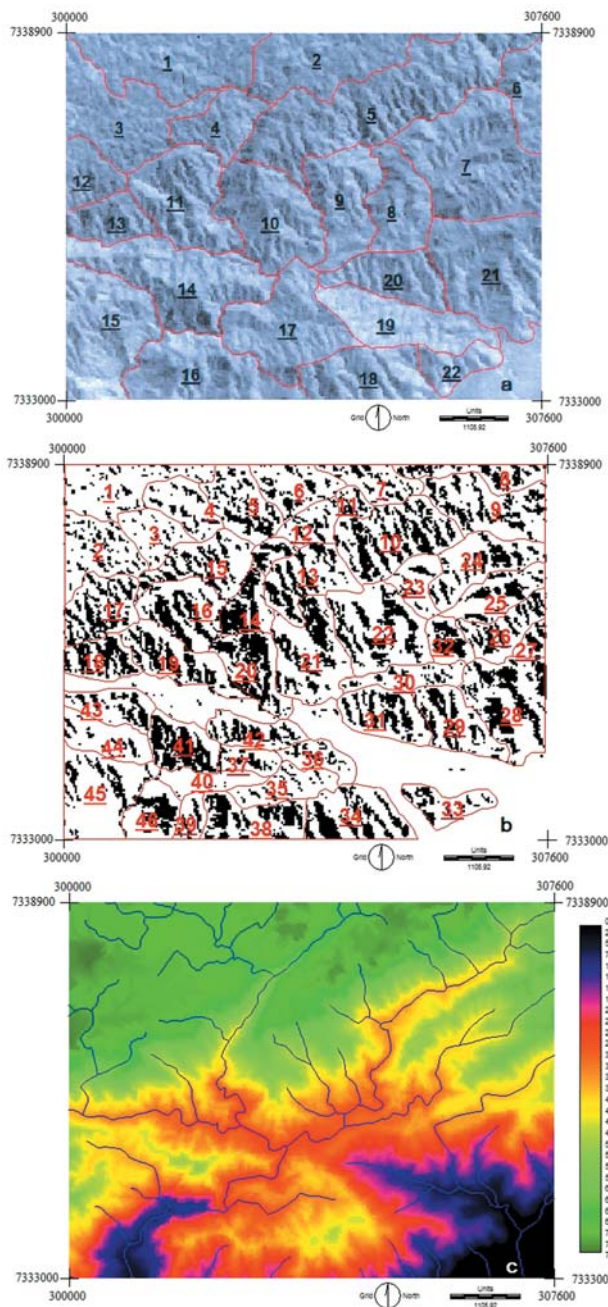


Figura 3 - Análise integrada da compartimentação do meio físico

- a) Imagem Landsat/TM (banda 5), compartimentada seguindo critérios convencionais;
- b) Imagem reclassificada segundo valores de níveis de cinza e a identificação dos compartimentos e c) Modelo de elevação digital

Tabela 2 - Síntese da descrição dos compartimentos, baseada na análise das feições de sombras

Área	Densidade	Orientação	Tamanho	Altimetria	Agrupamento dos <i>pixels</i>	
					Comprimento	Largura
1	Baixa	Inexistente	Pequeno	700 a 740m	6x *(30)= 180	6x *(30)= 180
2	Baixa	SE-NW	Pequeno	720 a 740m	7	4
3	Baixa (nula)	Inexistente	Pequeno	720m	6	3
4	Baixa	SE-NW	Grande	600 a 710m	6	9
5	Média	SE-NW	Grande/pequeno	620 a 720m	16	15

* Cada *pixel* equivale a 30 m do terreno, segundo resolução da banda 5 do Landsat 7 ETM+

As áreas 1, 2 e 3 (figura 3b) apresentaram baixa densidade de feições de sombra e com pouca orientação, dispostas irregularmente na área. A variação altimétrica foi em média de 40 metros.

Avaliando os compartimentos 18, 19 e 20, notou-se uma alta densidade das feições de sombra com orientação quase constante na direção NW-SE e amplitudes topográficas variando em média de 360 metros; ressaltando que cada compartimento foi quase todo tomado pelas sombras. Já nas áreas 40, 44 e 45, pode-se observar uma grande variação altimétrica com baixa presença de sombras. Esta discrepância pode ser explicada pela presença de grandes áreas iluminadas decorrente da assimetria do relevo.

Nota-se que, em uma imagem binária, sempre haverá pares alternados de luz (branco) e sombra (preto), no entanto em casos de relevos assimétricos, pode-se ter grandes paredes iluminadas, associadas a menores áreas de sombra. Observando a figura 3b, nota-se que a imagem apresenta uma grande área branca, o que poderia levar a uma falsa interpretação de uma área plana, no entanto observando as figuras 3a e 3c, nota-se que isso equivale a uma região de escarpas assimétricas, onde existe uma grande área de face iluminada com variação altimétrica do primeiro compartimento de 340 metros e do segundo de 140 metros. Portanto, a interpretação precisa ser cuidadosa, pois a ausência de sombras na imagem binária nem sempre pode ser considerada como superfícies planas e sim como amplas faces iluminadas na superfície. Por outro lado, cabe salientar que o azimute de 41.58° favorece a observação das feições de relevo com direções entre N30 a N45W, como pode ser observado na Figura 3b, e dificulta a observação de feições N30 a N45E.

Resultados similares podem também ser observados nas áreas 33 e 34 (figura 3b). Nota-se neste caso, que há uma área em branco entre os dois compartimentos, o que não evidência um relevo plano e sim a incidência da iluminação solar em uma grande superfície topográfica a qual originou sombras posteriores, encontradas no compartimento 34.

Já compartimentos 10, 24, 26, 31, 34 e 33 (figura 3b) apresentaram sombras bem delineadas com orientações definidas e bem discriminadas. As sombras normalmente se apresentam paralelas, evidenciando a presença de pares orientados alternados de luz e sombra.

Depois de realizada a compartimentação pelo critério das sombras, os limites obtidos foram sobrepostos à imagem original para posterior análise (figura 4).

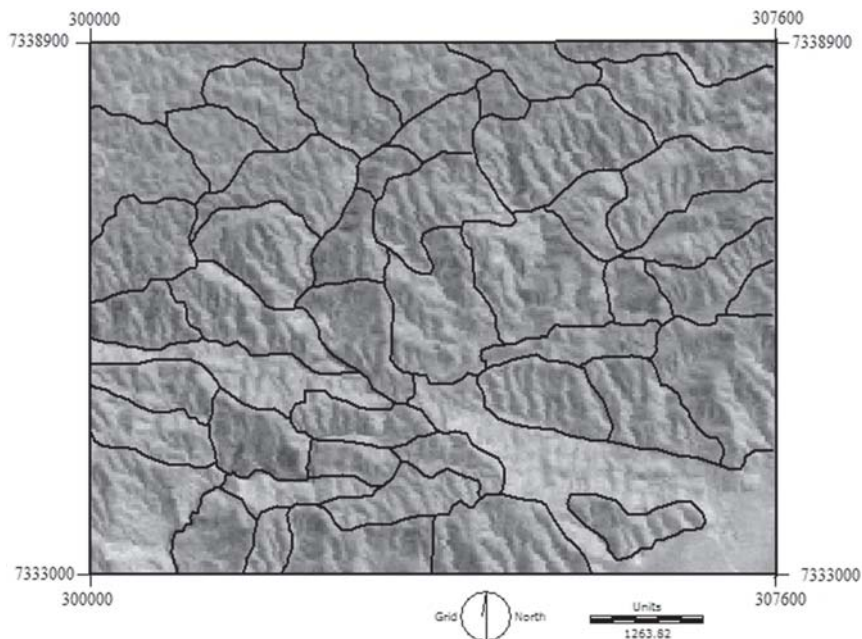


Figura 4 - Sobreposição dos limites obtidos pelo critério das sombras à imagem original

Nota-se que em algumas áreas, o processo de compartimentação foi satisfatório, no entanto em outras o limite partitionou regiões com mesma densidade textural, o que torna necessário uma adequação dos limites baseada na observação da imagem. No entanto, em grande parte da área, constatou-se um resultado bastante aceitável, obtido de forma rápida e direta, num processo que visa facilitar a fotointerpretação.

CONCLUSÕES

Sabe-se que a interpretação visual de um produto de sensoriamento remoto requer um certo nível de conhecimento técnico associado à prática. Para um fotointérprete obter o máximo de informações disponíveis em uma imagem, exige-se um tempo significativo e a melhoria dos resultados normalmente vem com a experiência adquirida com o passar dos anos. Os critérios das sombras forneceram resultados bastante satisfatórios que possuem grande eficácia para o processo de compartimentação de terrenos. Entretanto, tal metodologia não pode ser aplicada isoladamente, mas sim em conjunto com a imagem original, com um modelo digital de elevação ou com um mapa topográfico, aliados às técnicas convencionais de fotointerpretação, pois cuidados especiais devem ser tomados na interpretação das áreas de sombras em relevos assimétricos. O método não pode ser usado como substituto, mais sim como complementar aos já existentes.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, P. S.; VERSTAPPEN, H. T.; Aspectos básicos da fotointerpretação. In: ANDERSON, P. S. (Ed./Coord) **Fundamentos da Fotointerpretação: Teoria e Métodos**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. Capítulo 4, p 41-53.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: IG- UNICAMP, 1992, p. 170.
- CRÓSTA, A. P.; **Mapeamento geológico do Domo de araguinha utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 109 p. (INPE – 2626 –TDL/109) Jan. 1983.
- COLBY, J.D.; Topographic normalization in rugged terrain. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 57, n. 5, May, 1991, p.531-537.
- EASTMAN, J. R., **Idrisi for windows**: Introdução e Exercícios Tutoriais. Porto Alegre: UFRGS- Centro de Recursos Idrisi, 1999, p. 235.
- FLORENZANO, T. G.; **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, p. 97.
- GILES P. T., Remote Sensing and Cast Shadows in Mountainous Terrain. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 67, n. 7, July, 2001, p.833-839.
- GIANNINI, P. C. F. **Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe – Itanhaém**, 1987- Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências –, São Paulo, vol. 1, p. 116.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. v. 1, São Paulo: IPT, 1981. Escala 1:500.000.
- JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2ª ed. London: Ed. Prentice Hall, 1996, Chapter 6 , p.119 - 130.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 2ª ed. 308p.
- RAY, R. G.; **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos**. São Paulo: IGG, 1963, p. 2-17.
- SOARES, P. C.; FIORI, A.P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104, dez., 1976.
- THEODOROVICZ, A., THEODOROVICZ, A. M. G., CANTARINO, S. C. **Projeto Curitiba - Informações Básicas sobre o meio físico: subsídios para o planejamento territorial - Folha Curitiba 1: 100.000**, São Paulo: CPRM, 1994, pg. 109.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnicos por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana.1993**; Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1993.90p.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs; 2000**; Dissertação (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), UNESP- Campus de Rio Claro, 2000, 154p.
- VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. de; A utilização de unidades básicas de compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas: uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, Florianópolis, 1998, **Simpósio Brasileiro De Cartografia Geotécnica**, CD- ROM, p. 1 – 10.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia**. São José dos Campos: INPE, 61p. (INPE-2227-MD/014), Nov. 1982.

Recebido em abril de 2007
Revisado em setembro de 2007
Aceito em setembro de 2007