

Influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico

FLÁVIO JORGE PONZONI
LÊNIO SOARES GALVÃO
JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Divisão de Sensoriamento Remoto
Avenida dos Astronautas, 1758
12227-010 São José dos Campos SP
flavio@ltid.inpe.br, lenio@ltid.inpe.br, epiphani@ltid.inpe.br

Abstract

Different spatial resolutions (60, 100, 120, 200 and 250 m) were simulated from TM/Landsat_5 images of an specific region of the State of Acre, Brazil. Thematic maps were produced considering both visual interpretation and digital classification followed by visual interpretation on a computer screen. The mapping scale was 1:100,000. The map legend included Dense Tropical Forest (Forest), Young secondary succession, Old secondary succession and Non-forest. The area of these categories was calculated in each thematic map. Results have shown that it is possible to consider 60, 100, 120 and 200 m as feasible spatial resolutions for deforestation quantification rather than for monitoring purpose considering visual interpretation. Digital classification followed by visual interpretation seems to be an interesting alternative to correct the visual interpretation mapping results over low spatial resolution images.

Keywords: deforestation, Amazônia, spatial resolution

1 Introdução

A resolução espacial de imagens orbitais é um dos fatores fundamentais no estabelecimento da legenda de mapas temáticos, pois interfere tanto na definição da área mínima a ser mapeada de um determinado tema, quanto na sua identificação. Tal importância tem sido sempre objeto de discussão e de atenção entre os usuários das técnicas de sensoriamento remoto e atualmente vem ganhando destaque devido ao desenvolvimento de sensores dotados de resolução espacial fina (da ordem de poucos metros). As imagens geradas por esses sensores vêm viabilizando aplicações antes consideradas totalmente inviáveis por um sensor orbital, como os cadastros urbano e rural, a atualização de redes viárias etc; e ainda devido à disponibilidade de produtos gerados a partir da conjugação de diversos sensores, dotados de diferentes resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal.

No Brasil, discute-se o desenvolvimento de sensores orbitais dotados de diferentes níveis de resolução espacial, destacando-se os sensores do Satélite Brasileiro-Chinês de Sensoriamento Remoto (CBERS) e aqueles planejados para os futuros satélites Brasileiro-Argentino-Espanhol (SABE) e o Satélite de Sensoriamento Remoto (SSR), atualmente em fase de concepção. Há, portanto, uma perspectiva concreta de estarem sendo disponibilizados dados com diversas resoluções espaciais, cujos potenciais e limitações para a manutenção das atuais iniciativas de mapeamentos no país precisam ser avaliadas com maior profundidade.

Entre essas iniciativas destacam-se a atualização do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, cuja legenda inclui a identificação de remanescentes florestais, de restinga e de mangue presentes nas áreas de 10 Estados da Federação, e o monitoramento dos

desflorestamentos na Amazônia Brasileira, viabilizado no âmbito do Projeto Desflorestamentos na Amazônia (PRODES). Ambas as iniciativas estão sob a responsabilidade técnica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estes projetos vêm sendo realizados desde meados da década de 80 e igualmente vêm experimentando diversos aprimoramentos metodológicos, os quais têm conferido um significativo grau de confiabilidade a seus resultados. Um dos objetivos desse projeto é a quantificação da ação antrópica sobre a vegetação e sobre o ambiente em geral. O efeito da adoção de diferentes resoluções espaciais sobre essa quantificação ainda não é amplamente conhecido, principalmente sobre a identificação de diferentes estágios de sucessão da vegetação, que segundo Rignot *et al* (1997), constitui um ponto importante no cômputo das emissões de CO₂ na atmosfera.

Levando em consideração a perspectiva de disponibilidade de dados provenientes de diversos sensores e o esforço que tem sido feito na concepção de novos sensores que atendam as necessidades nacionais no estudo e no monitoramento dos recursos naturais, faz-se mister iniciativas para avaliar o impacto da adoção de resoluções espaciais distintas em trabalhos de mapeamentos atualmente em andamento e que têm relevância no cenário científico, político e estratégico nacional.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da adoção de diferentes resoluções espaciais na quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo está compreendida entre as longitudes W 66° 59' e W 67° 25' e entre as latitudes S 09° 53' e S 09° 57', no Estado do Acre, contida no interior da Folha Floriano Peixoto SC. 19-X-D, na escala 1:250.000 (IBGE, 1974).

O clima da área é classificado genericamente segundo Köppen como Am-tropical chuvoso (a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C), com pequena estação seca. Destaca-se um fenômeno climático na região conhecido como “friagem”, resultante do avanço de Frente Polar que provoca queda da temperatura para aproximadamente 10 °C por alguns dias (RADAMBRASIL, 1976). A precipitação média anual é de 1800 a 2000 mm, sendo que no trimestre mais seco, dificilmente supera a marca dos 125 mm. A temperatura média anual encontra-se em torno de 24,5° C. Segundo RADAMBRASIL (1976), a área em sua maioria é constituída por arenitos do Terciário, sendo o relevo caracterizado por interflúvios tabulares e pequenas cristas graníticas isoladas. Quanto à cobertura vegetal, a área é coberta pelas Florestas Tropical Densa (de cobertura uniforme e com árvores emergentes) e Aberta (de palmeira, de cipó e de bambú), com dominância da primeira.

A escolha desta área foi fundamentada na realização de uma missão de coleta de dados aerotransportados do sensor denominado *Hyperspectral Mapper* (HYMAP), que tinha como objetivo o suporte a diversas pesquisas envolvendo a simulação de dados do futuro satélite SSR. Apesar de não terem sido utilizados diretamente dados da missão HYMAP neste trabalho, os resultados aqui alcançados serviram como suporte à interpretação dos dados da missão.

2.2 Critérios adotados e processamentos aplicados

Os procedimentos descritos a seguir levaram em consideração os interesses atuais de mapear áreas não florestadas (que foram desflorestadas e/ou ocupadas naturalmente por vegetação não florestal) e de identificar estágios de sucessão da vegetação florestal na região amazônica. Dessa forma, avaliou-se o impacto da adoção de diferentes resoluções espaciais na identificação e na quantificação destes temas na área de estudo descrita.

Foi então estabelecida a seguinte legenda para os mapeamentos: Floresta Tropical Densa, (Floresta), Capoeira Nova, Capoeira Madura e Não-floresta. Esta última referiu-se a toda e qualquer superfície desprovida de cobertura florestal, quer seja causada por ação antrópica ou não. Esses temas foram então pesquisados na imagem original (TM/Landsat_5 30 m x 30 m) e nas chamadas imagens “simuladas”, que foram compostas mediante a degradação da resolução espacial daquelas originais para 60 m x 60 m, 100 m x 100 m, 120 m x 120 m, 200 m x 200 m e 250 m x 250 m, através da aplicação de um algoritmo desenvolvido por Banon (1990). Esses mapeamentos foram conduzidos através de dois procedimentos distintos: interpretação visual de composições coloridas elaboradas a partir das imagens das bandas TM3 (B), TM4 (R) e TM5 (G) e classificação digital seguida de edição visual em tela. Todos estes procedimentos foram desenvolvidos utilizando o aplicativo SPRING 3.4 (SPRING, 2000).

2.2.1 Interpretação visual

Sobre as composições coloridas das imagens original e simuladas foram aplicados contrastes lineares que permitiram uma discriminação visual dos temas da legenda, seguindo-se a Edição Matricial em tela do computador, mantendo-se fixa a escala de interpretação em 1:100.000. Foi gerada uma imagem temática para cada uma das resoluções espaciais consideradas. Toda esta etapa foi conduzida por um único intérprete.

2.2.2 Classificação digital e edição visual

As mesmas imagens utilizadas na interpretação visual (bandas TM3, TM4 e TM5 da imagem original e das simuladas) foram submetidas ao processo de Segmentação com o objetivo de compor segmentos específicos para as áreas não florestadas, separando-as daquelas florestadas. Os limiares adotados nessa etapa para cada resolução encontram-se apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Limiares adotados no procedimento de Segmentação

<i>Segmentação</i>		
<i>Resoluções</i>	<i>Separabilidade</i>	<i>Área mínima</i>
30 m	20	5
60 m	20	5
100 m	15	5
120 m	15	5
200 m	15	5
250 m	12	5

Seguiu-se a classificação digital destas imagens, utilizando o classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 75%. O treinamento levou em consideração somente a classe Floresta Tropical Densa com o objetivo de gerar mapas temáticos (um para cada resolução espacial) com duas classes somente: a Floresta Tropical Densa e tudo aquilo que não era floresta na cena. As imagens temáticas geradas foram então analisadas visualmente com o objetivo de identificar possíveis falhas do classificador, as quais foram corrigidas manualmente.

2.3 Quantificação de áreas e avaliação de resultados

Para os mapas temáticos gerados a partir da interpretação visual e da classificação digital seguida da edição visual em tela, foram calculadas as áreas de cada tema identificado. Foram também determinadas as áreas de superposição entre os temas de mapas de diferentes resoluções espaciais (Tabulação cruzada), adotando o mapa referente à resolução de 30 m como referência, assumindo ser este o que proporcionaria os resultados mais precisos. Esse procedimento teve como objetivo avaliar o grau de similaridade entre as interpretações e permitir a determinação de

matrizes de erro que, por sua vez, permitiram estimar a Exatidão de Mapeamento Global mediante a aplicação da seguinte equação: $EM = (\Sigma \text{ diagonal} / \Sigma \text{ total}) * 100$ onde: EM = Exatidão de mapeamento global, Σ diagonal = soma de todos os elementos existentes na diagonal da matriz de erro e Σ total = soma de todos os elementos da matriz.

3 Resultados e discussão

3.1 Dinâmica das quantificações

A Figura 3.1 apresenta graficamente as áreas dos temas da legenda adotada nos diferentes mapas temáticos gerados.

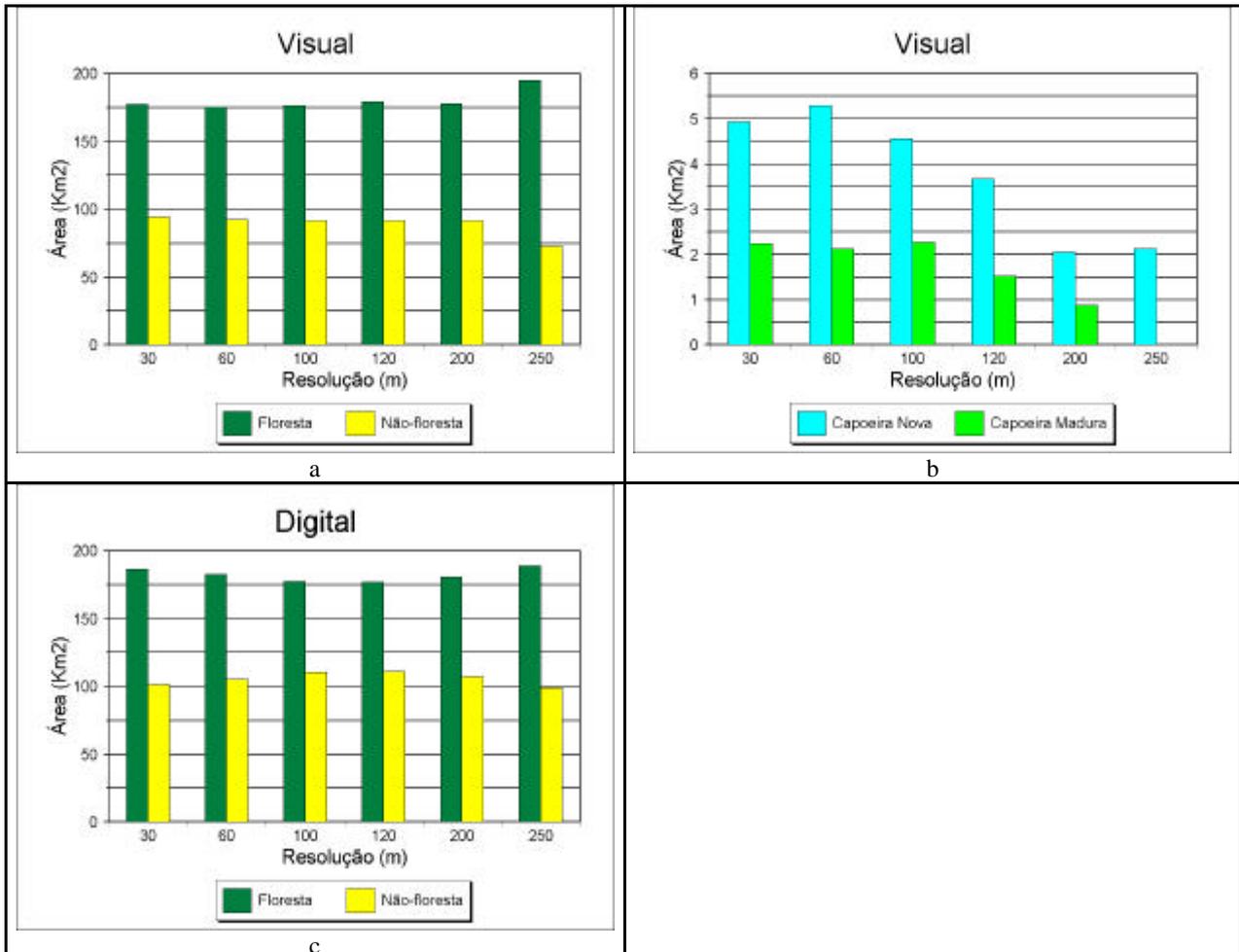


Figura 3.1 - Representação gráfica das áreas dos temas mapeados

Para os resultados da interpretação visual foram compostos dois gráficos (Figura 3.1 a e b) para permitir uma melhor observação da dinâmica das áreas dos temas Capoeiras Nova e Madura. Observa-se portanto que através da interpretação visual, as quantificações das áreas dos temas Floresta e Não-floresta mantiveram-se relativamente constantes à medida que a resolução espacial das imagens foi degradada. Ressalta-se uma leve tendência de aumento na área do tema Floresta no mapa gerado a partir das imagens com resolução de 250 m, acompanhado de diminuição da área de Não-floresta. Isso indica que o tema dominante da cena tende a “englobar” outros temas à medida que a resolução espacial diminui. Esse efeito foi se tornando evidente com o avanço da degradação da resolução espacial das imagens que implicou na atenuação dos limites entre temas espectralmente díspares como a Floresta e Não-floresta.

Verificou-se nas imagens com resolução espacial de 200 m e 250 m um efeito “degradê” nesses limites, resultando em verdadeiras áreas de transição entre estes dois temas, dificultando a definição precisa dos seus limites.

Na Figura 3.1b, para os temas Capoeira Nova e Madura, verificou-se tendência de diminuição de suas áreas com a diminuição da resolução espacial, uma vez que estes temas passaram a não mais serem identificados visualmente. Aqui o efeito “degradê” descrito anteriormente ocasionou o desaparecimento gradativo de polígonos, em ordem crescente de tamanho, à medida que diminuiu a resolução espacial das imagens, resultando no total desaparecimento do tema Capoeira Velha na imagem com 250 m de resolução espacial.

Para melhor compreensão da dinâmica dos temas ao longo das diferentes interpretações, a Tabela 3.1 apresenta as matrizes de erro geradas a partir dos mapas temáticos oriundos da interpretação visual, assumindo aquele elaborado a partir das imagens com resolução espacial de 30 m como referência (“verdade”).

Tabela 3.1 - Matrizes de erro geradas a partir dos mapas temáticos oriundos da interpretação visual (em km²).

30m x 60m	Outros	Floresta	Não-floresta	Cap. Nova	Cap. Madura	Total
Outros	16,40	0,05	0,28	0,03	0,00	16,76
Floresta	2,67	159,16	7,62	0,33	0,40	170,18
Não-floresta	1,05	7,74	83,27	1,59	0,35	94,00
Cap. Nova	0,03	0,37	1,38	3,16	0,01	4,95
Cap. Madura	0,01	0,49	0,18	0,19	1,37	2,24
Total	20,16	167,81	92,73	5,30	2,13	288,12
						EM=0,91
30m x 100m	Outros	Floresta	Não-floresta	Cap. Nova	Cap. Madura	Total
Outros	16,04	0,26	0,43	0,02	0,00	16,75
Floresta	2,70	159,68	6,99	0,35	0,47	170,19
Não-floresta	0,98	8,97	82,59	1,13	0,33	94,00
Cap. Nova	0,03	0,43	1,46	2,90	0,12	4,94
Cap. Madura	0,01	0,46	0,26	0,17	1,34	2,24
Total	19,76	169,80	91,73	4,57	2,26	288,12
						EM=0,91
30m x 120m	Outros	Floresta	Não-floresta	Cap. Nova	Cap. Madura	Total
Outros	15,23	1,31	0,18	0,02	0,00	16,74
Floresta	1,53	160,41	7,69	0,32	0,23	170,18
Não-floresta	0,55	10,44	81,68	0,94	0,40	94,01
Cap. Nova	0,01	0,56	1,80	2,26	0,32	4,95
Cap. Madura	0,00	1,27	0,24	0,13	0,59	2,23
Total	17,32	173,99	91,59	3,67	1,54	288,12
						EM=0,90
30m x 200m	Outros	Floresta	Não-floresta	Cap. Nova	Cap. Madura	Total
Outros	15,73	0,62	0,40	0,00	0,00	16,75
Floresta	2,04	159,67	8,23	0,18	0,05	170,17
Não-floresta	0,72	11,89	80,50	0,74	0,16	94,01
Cap. Nova	0,02	1,18	2,10	1,13	0,51	4,94
Cap. Madura	0,00	1,60	0,47	0,00	0,17	2,24
Total	18,51	174,96	91,70	2,97	0,89	288,12
						EM=0,89

<i>30m x 250m</i>	<i>Outros</i>	<i>Floresta</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Cap. Nova</i>	<i>Cap. Madura</i>	<i>Total</i>
<i>Outros</i>	16,36	0,04	0,35	0,00	0,00	16,75
<i>Floresta</i>	2,83	163,90	3,23	0,23	0,00	170,19
<i>Não-floresta</i>	1,06	23,95	67,55	1,45	0,00	94,01
<i>Cap. Nova</i>	0,03	3,12	1,35	0,45	0,00	4,95
<i>Cap. Madura</i>	0,01	2,12	0,11	0,00	0,00	2,24
<i>Total</i>	20,29	192,13	72,59	2,13	0,00	288,12
						EM=0,86

Os valores apresentados nas linhas da Tabela 3.1 referem-se àqueles identificados nas imagens com resolução espacial de 30 m, enquanto que aqueles apresentados nas colunas foram identificados nas demais imagens com resolução de 60, 100, 120, 200 e 250 m. O tema “Outros” refere-se a áreas cuja natureza não foi identificada e a sigla EM refere-se à Exatidão de Mapeamento Global.

A análise destas matrizes permite verificar que à medida que se degradou a resolução espacial das imagens, os valores de EM tenderam a cair, indicando que a semelhança geral entre o mapa temático elaborado a partir das imagens com resolução espacial de 30 m e os demais mapas foi se deteriorando. Uma análise mais detalhada permite observar que houve sempre uma ligeira confusão entre os temas Floresta e Não-floresta (7,62, 6,99, 7,69, 8,23 e 3,23 km²). Porém, essa confusão diminuiu sensivelmente na comparação entre os mapas oriundos das resoluções de 30 e 250 m, devido à diminuição da área do tema Não-floresta, o que diminuiu a chance de confusão entre estes temas. A dinâmica da confusão entre os temas Floresta e as duas capoeiras (Nova e Madura) foi igualmente influenciada pela diminuição relativa destes dois últimos temas com a degradação da resolução espacial das imagens. A menor confusão entre essas classes aconteceu nos mapas nos quais suas áreas foram mínimas. Destaca-se a crescente confusão entre os temas Capoeiras Nova e Madura (0,01, 0,12, 0,32 e 0,51 km²), indicando que pequenas mudanças na resolução espacial acarretaram grande similaridade espectral entre eles, mesmo havendo diminuição nas áreas de ambos.

Para os resultados alcançados mediante a aplicação da classificação digital seguida da edição em tela do computador, verificou-se uma maior constância das EMs, com menores variações entre os valores das áreas tanto do tema Floresta, quanto do tema Não-floresta. Até a resolução espacial de 100 e 120 m, os valores das áreas de Floresta tiveram ligeira tendência de diminuição, acompanhada de ligeiro aumento nas áreas do tema Não-floresta. Até estas resoluções, portanto, o algoritmo de segmentação tendeu a definir os limites dos polígonos do tema Não-floresta de forma a incluir regiões antes consideradas como de Floresta. A partir da resolução espacial de 200 m, essa tendência inverteu-se, ressaltando que foram efetuadas significativas intervenções manuais na edição visual para minimizar o efeito mencionado anteriormente. Em outras palavras, a partir da resolução espacial de 200 m, foi possível identificar visualmente (na escala 1:100.000) as regiões nas quais áreas de florestas haviam sido consideradas como Não-floresta e procederam-se as correções necessárias. A Tabela 3.2 apresenta as matrizes de erro determinadas para as comparações entre os mapas temáticos gerados a partir da classificação digital seguida da edição visual em tela.

Tabela 3.2 - Matrizes de erro para os mapas temáticos elaborados a partir da classificação digital seguida da edição visual em tela (em km²).

<i>30 x 60m</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Floresta</i>	<i>Total</i>	<i>30 x 100m</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Floresta</i>	<i>Total</i>
<i>Não-floresta</i>	97,37	4,24	101,61	<i>Não-floresta</i>	98,09	3,51	101,60
<i>Floresta</i>	8,15	178,36	186,51	<i>Floresta</i>	12,40	174,11	186,51
<i>Total</i>	105,52	182,60	288,12	<i>Total</i>	110,49	177,62	288,12

			<i>EM=0,96</i>				<i>EM=0,94</i>
<i>30 x 120m</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Floresta</i>	<i>Total</i>	<i>30 x 200m</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Floresta</i>	<i>Total</i>
<i>Não-floresta</i>	98,21	3,39	101,60	<i>Não-floresta</i>	92,71	8,90	101,61
<i>Floresta</i>	12,77	173,74	186,51	<i>Floresta</i>	14,50	172,01	186,51
<i>Total</i>	110,98	177,13	288,12	<i>Total</i>	107,21	180,91	288,12
			<i>EM=0,94</i>				<i>EM=0,92</i>
<i>30 x 250m</i>	<i>Não-floresta</i>	<i>Floresta</i>	<i>Total</i>				
<i>Não-floresta</i>	88,58	13,02	101,60				
<i>Floresta</i>	10,26	176,25	186,51				
<i>Total</i>	98,84	189,27	288,12				
			<i>EM=0,92</i>				

As confusões entre áreas de Não-floresta e Floresta mantiveram-se relativamente estáveis até a resolução espacial de 200m (4,24, 3,51 e 3,39 km²), a partir da qual, devido ao efeito já mencionado e mesmo depois das intervenções da edição visual em tela, as confusões aumentaram significativamente (8,90 e 13,02 km²). O resultado positivo dessa edição fica evidente quando se analisam os erros entre os temas Floresta (do mapa referência) com o tema Não-floresta dos demais mapas gerados (8,15, 12,40, 12,77, 14,50 e 10,26 km²). Estes números indicam que houve realmente tendência ligeiramente crescente de classificar Não-floresta sobre as áreas de Floresta, sendo que essa tendência só foi quebrada quando a constatação visual desse efeito tornou-se possível, no mapa elaborado a partir das imagens com resolução espacial de 250 m.

3.2 Diferenças percentuais das determinações de área do tema Não-floresta

A Tabela 3.3 apresenta as diferenças percentuais entre a área do tema Não-floresta, determinada no mapa elaborado a partir das imagens com resolução espacial de 30 m (referência) e as áreas deste mesmo tema determinadas nos demais mapas.

Tabela 3.3 - Diferenças percentuais da área do tema Não-floresta entre os diferentes mapas

<i>Resolução</i>	<i>Visual</i>	<i>Digital</i>
<i>60 m</i>	-1,35 (%)	-3,84 (%)
<i>100 m</i>	-2,41 (%)	-8,75 (%)
<i>120 m</i>	-2,56 (%)	-9,23 (%)
<i>200 m</i>	-2,45 (%)	-5,52 (%)
<i>250 m</i>	-22,79 (%)	2,72 (%)

Obs.: sinal negativo indica que a área estimada na resolução espacial simulada foi menor do que aquela estimada sobre as imagens originais de 30 m x 30 m.

Observa-se portanto que para o caso das interpretações visuais, as diferenças entre a área de Não-floresta, determinada pelo mapa elaborado a partir das imagens com 30m de resolução espacial, concentraram-se ao redor de -2,5%, passando a -22,79% quando do uso das imagens com resolução espacial de 250 m. Para os mapas gerados a partir das classificações digitais seguidas da edição em tela, as diferenças foram ligeiramente superiores, com tendência de aumento até os produtos gerados a partir das imagens com resolução espacial de 120 m (pouca intervenção de edição visual), diminuindo significativamente a partir da intensificação da edição visual em tela.

Mais do que uma escolha metodológica, há de se considerar que o real interesse das quantificações de áreas não florestadas na Amazônia refere-se às estimativas das taxas anuais (ou periódicas) dos desflorestamentos. Considerando que, segundo Alves (2000), na região na qual a área de estudo encontra-se localizada, as taxas de desflorestamentos giram em torno de 10% anuais, pelos resultados aqui alcançados, alguém seria facilmente induzido a acreditar que se

aplicada a interpretação visual, a adoção de resoluções espaciais até 200 m implicariam em resultados aceitáveis, uma vez que as diferenças das estimativas de área foram menores do que esse valor percentual. Contudo, há de se considerar que nem todas as regiões amazônicas sob ação antrópica apresentam o mesmo padrão de ocupação da terra como aqueles observados na área de estudo aqui considerada. Existem áreas cujos incrementos anuais de desflorestamentos são caracterizados por polígonos diminutos (PRODES, 2000) que não seriam contabilizados com uma resolução espacial mais grosseira. A aplicação da classificação híbrida mostrou-se interessante como elemento compensador à limitação da identificação visual pura e simples de áreas desflorestadas sobre imagens com resolução acima de 200 m, mas apresentou resultados menos satisfatórios para resoluções intermediárias entre 60 e 120 m.

4 Conclusões

A utilização de imagens com resolução espacial de 60, 100, 120 e 200 m, interpretação visual e escala de 1:100.000 na quantificação de áreas não florestadas em regiões com padrão de ocupação da terra semelhante àquele apresentado na área de estudo, poderia ser feito com o objetivo de diagnosticar a situação da ocupação antrópica, preferencialmente ao monitoramento de incrementos em área dessa ocupação.

A adoção da classificação digital, seguida da edição em tela apresentou resultados ligeiramente inferiores àqueles alcançados pela interpretação visual, até a resolução espacial de 200 m, mas mostrou-se uma alternativa interessante quando da utilização de uma resolução espacial mais grosseira.

A identificação de temas pouco diferenciados espectralmente, como o caso das capoeiras aqui consideradas (Nova e Madura), foi dificultada nos produtos com resolução espacial acima de 100 m. Isso é um indicativo de significativas limitações ao uso desses produtos com o objetivo de quantificar áreas ocupadas com diferentes estágios de sucessão vegetal, visando, em última instância, cálculos de emissões de CO₂ na atmosfera.

Referências bibliográficas

- Alves, D.S. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2000) Comunicação pessoal.
- Banon, G. J.F. Simulação de imagens de baixa resolução. Sociedade Brasileira de Automática. Revista Brasileira de Automática. 2(3): 180-192, 1990.
- IBGE. Folha Floriano Peixoto SC. 19-X-D. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 1974)
- PRODES. Monitoramento da Floresta Amazônica Por Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
http://sputnik.dpi.inpe.br:1910/col/dpi.inpe.br/banon/2000/09.12.17.24/doc/amz1998_1999/index_amz.htm, 2000
- RADAMBRASIL, Folha SC.19 Rio Branco. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil, Rio de Janeiro. Vol. 12, 1976.
- Rignot, E.; Salas, W. A.; Skole, D.L. Mapping deforestation and secondary growth in Rondônia, Brazil, Using imaging Radar and Thematic Mapper data. *Remote Sensing of Environment*, 59: 167-179, 1997.
- SPRING. <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>, 2000