

SIG e Modelo Digital de Elevação no Mapeamento da Aptidão Agrícola das Terras do Estado do Maranhão

G.S. VALLADARES⁽¹⁾, C.F. QUARTAROLI⁽¹⁾, M.C. HOTT⁽¹⁾, E.E. MIRANDA⁽¹⁾,
R.S. NUNES⁽²⁾, D. KLEPKER⁽³⁾ & G.P. LIMA⁽²⁾

RESUMO - Este trabalho utilizou técnicas de mapeamento digital de solos, sistema de informação geográfica (SIG) e modelo digital de elevação (MDE) para (mapear) a aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão, com base na topografia gerada com a missão "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM). O mapa pedológico do Estado na escala 1.000.000 foi digitalizado e incorporado no ARCGIS 9.0. O MDE do Maranhão foi processado para a derivação das declividades usando o comando Slope do ArcGIS 9.0, o qual trabalha com uma máscara de 3x3. Posteriormente, o mapa das declividades foi suavizado com um filtro de média e classificado nas classes: 0-3%, 3-8%, 8-13%, 13-20%, 20-45% e >45%. No SIG, com a função intersect, o mapa pedológico 1 e o de declividade, ambos no formato vetorial, deram origem a um novo mapa que foi reclassificado para aptidão agrícola das terras. A metodologia deste trabalho foi eficiente no mapeamento da aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão, aumentando a riqueza de detalhes das unidades mapeadas. No Estado do Maranhão predominam solos com relevo plano e suave ondulado, característica que resulta em menor susceptibilidade a erosão, e que nos solos profundos, favorece a agricultura mecanizada. Verificou-se elevado percentual de terras com aptidão agropecuária, tanto para lavouras, como para pastagens e silvicultura, com 7,34% das terras classificadas no grupo 1 de aptidão agrícola (boas para lavouras), 35,59% no grupo 2 (regular para lavouras), 9,28% no grupo 3 (restrita para lavouras), 31,27% no grupo 4 (aptas para pastagem plantada), 5,05% no grupo 5 (aptas para pastagem natural e/ou silvicultura) e somente 2,15% no grupo 6 (não indicadas para uso agrícola).

Introdução

A interpretação do levantamento de solos é uma tarefa de mais alta relevância para a utilização racional desse recurso natural na agricultura. A classificação da aptidão agrícola das terras, baseada no nível tecnológico, subsidia a gestão territorial do agronegócio por relacionar o recurso natural solo com a produtividade, buscando sua conservação e a sustentabilidade agroambiental. Mapas de aptidão agrícola fornecem informações objetivas que podem ser aplicadas tanto no planejamento agrícola [1], como na avaliação da adequação do uso das terras, permitindo apontar áreas com uso adequado, sobreutilizadas ou ainda, que suportam uma intensificação do uso. Com o desenvolvimento da

computação e das tecnologias de informação foram gerados os sistemas de informação geográfica (SIG), GPS, sensoriamento remoto, modelos digitais de terreno, ferramentas geoestatísticas, modelagens e monitoramento ambiental. Neste contexto surgiram várias ferramentas para a criação e análise de dados espaciais aplicados em vários ramos da ciência, inclusive na Ciência do Solo [2]. Esse conjunto de técnicas tem recebido o nome de mapeamento digital de solos. Vários trabalhos têm sido feitos na linha do mapeamento digital de solos [3];[4];[5];[6]. Tais técnicas são muito úteis em áreas de estudo com informações ambientais esparsas, ou de difícil acesso. Elas reduzem a densidade dos trabalhos de campo e o custo dos levantamentos e mapeamentos tradicionais de solos.

No ano 2000 foi realizada uma missão de levantamento altimétrico por radar pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), a bordo da nave Endeavour (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM). As grandes lacunas em termos de altimetria no Brasil puderam ser preenchidas. Os dados foram adquiridos nas bandas X e C. As informações altimétricas da superfície foram processadas através de interferometria com a geração de modelos digitais de elevação (MDE) bastante precisos considerando-se uma escala global, com 16 metros de precisão vertical e resolução espacial em grade de 90 m [7]; [8]; [9].

Este trabalho combinou técnicas de mapeamento digital de solos, SIG e MDE buscando detalhar o mapeamento da aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão com base na topografia gerada com a missão SRTM.

Palavras-Chave: mapeamento digital de solos; agricultura sustentável; SRTM, Maranhão.

Material e métodos

O Estado do Maranhão apresenta uma extensão territorial de 331.983 km². Localiza-se na Região Nordeste, no Meio-Norte, entre os paralelos 1° 01' 00" e 10° 21' 07" de latitude Sul, e os meridianos de 41° 48' 30" e 48° 50' 15" de longitude, a oeste de Greenwich. Seu limite natural ao norte é o Oceano Atlântico, ao sul o Estado do Tocantins, a oeste os Estados do Tocantins e do Pará e a leste o Estado do Piauí.

As principais ordens de solos identificadas, segundo o mapa pedológico do Estado do Maranhão [10], são: argissolos (antigos podzólicos), cambissolos, gleissolos, latossolos, neossolos flúvicos (antigos aluviais), neossolos litólicos (antigos litossolos), neossolos quartzarênicos (antigas areais quartzozas, nitossolos (antigas terras roxas e podzólicos por cerosidade), planossolos, plintossolos, vertissolos e solos indiscriminados de mangues. O mapa

pedológico do Estado do Maranhão [10] foi digitalizado e integrado em SIG ArcGIS 9.0 [11]. Na região da Baixada Maranhense foi efetuado um maior detalhamento de unidades de mapeamento com base em cartas topográficas na escala 1:100.000 e em observações de campo.

O MDE utilizado foi o gerado pela missão SRTM, em que os dados foram adquiridos nas bandas X e C e as informações altimétricas da superfície foram processadas através de interferometria com a geração de modelos digitais de elevação bastante precisos considerando-se uma escala global, com 16 metros de precisão vertical e resolução espacial em grade de 90 M [7];[8];[9]. A correção do MDE SRTM no que diz respeito às áreas sem informação (ou com valores nulos) foi realizada pelos técnicos da FAO, que também fizeram a inserção de planos nas áreas de lagos e a eliminação de picos espúrios. Os dados foram baixados do Global Landcover Facility (GLCF) em forma de faixas mosaicadas para todo o Brasil, nos quais foram inseridas as informações interpoladas pela FAO, ou seja, os dados brutos do SRTM receberam valores de pixels referentes às áreas sem informação, mantendo-se o restante.

A partir do MDE corrigido foi efetuado o recorte dos dados para o Estado do Maranhão, utilizando a base vetorial fornecida pelo IBGE.

O MDE do Maranhão foi processado para a derivação das declividades usando o comando Slope do ArcGIS 9.0. Ele trabalha com uma máscara de 3x3. Posteriormente, o mapa com as declividades foi suavizado com um filtro de média e classificado em 6 classes conforme o Quadro 1.

O mapa com as classes de declividade foi então refinado, eliminando-se regiões contíguas das classes com áreas inferiores ou iguais a 20 hectares. Essa etapa foi importante para eliminação de confusões provocadas por feições de caráter local, como por exemplo a influência do dossel de áreas de reflorestamento que foram captadas pelo sensor como variações altimétricas do relevo.

O mapa pedológico do Estado do Maranhão [10] foi digitalizado e inserido em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (ArcGIS 9.0) juntamente com o mapa de classes de declividade do terreno. Nas regiões da Baixada e do Golfão Maranhenses foram compilados os mapas topográficos disponíveis na escala 1:100.000 (<http://www.zee.ma.gov.br/>), com o objetivo de detalhar os corpos d'água perenes e as terras com diferentes riscos de inundação. Também foram compilados dados do mapa de unidades de paisagem elaborado para o Zoneamento Costeiro do Maranhão [12], uma vez que apresentam boa correlação com a pedologia. Os mapas foram representados em formato vetorial com polígonos delimitando as áreas de cada classe de solo e de declividade. Trabalhos de campo conferiram as unidades de mapeamento de solos e a aptidão agrícola das terras atribuída a cada caso.

A Figura 1 apresenta o fluxograma dos procedimentos adotados no SIG. Da intersecção dos

polígonos dos mapas pedológico e de declividades resultaram novos polígonos, cada um relacionado a uma classe de solo ou de unidade de paisagem e a uma classe de declividade. A cada polígono atribuiu-se uma classe de aptidão agrícola, segundo a metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek [1], resultando no mapa de aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão (Figura 2). A Figura 2 foi elaborada somente com os grupos de aptidão agrícola, pois se tornaria inviável observá-la a nível de sub-grupo, visto que o mapeamento foi realizado para publicação em uma escala maior.

A utilização de dados de declividade da superfície permitiu um maior detalhamento da aptidão agrícola das terras, ao possibilitar a avaliação de fatores limitantes como susceptibilidade à erosão, impedimentos à mecanização e viabilidade de melhoramento das deficiências de fertilidade.

Resultados e Discussão

A classificação da aptidão agrícola das terras [1] baseia-se nos fatores limitantes deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Conforme a metodologia executada neste trabalho, a declividade da superfície do terreno tem ação direta na susceptibilidade à erosão e no impedimento à mecanização. Além do mais, ela deve ser considerada na viabilidade de melhoramento da fertilidade do solo, nos níveis de manejo mais tecnificados (B= nível tecnológico médio e C= nível tecnológico alto), pois em solo de relevo mais declivoso é mais difícil de efetuar uma adubação e calagem com eficiência.

As terras do Estado do Maranhão foram classificadas quanto a sua aptidão em grupos e subgrupos (Tabela 1). Das terras, aproximadamente 173.322 km² (52,21%) são aptas para lavouras em algum nível de manejo com a eficiência e a produtividade atuais.

No grupo 1 estão enquadradas 24.381,94 km² (7,34%) das terras, em que 5,82% são aptas no nível de manejo C, altamente tecnificado e com elevado emprego de capital no sistema produtivo. No nível de manejo B a área com boa aptidão para lavouras ocupa 6.954,26 km² (2,09%).

Não foram delimitadas unidades de mapeamento com boa aptidão para lavouras no nível de manejo A, com baixo nível tecnológico. Porém, estas áreas existem associadas a solos mapeados como de menor aptidão para este nível de manejo.

As terras do grupo 2 são as mais freqüentes, ocupando 118.141,40 km², aproximadamente 35,59% do território. Somente 6,36% das terras do Estado foram classificadas como regulares para o nível de manejo A, indicando que devem ser selecionadas com critério as terras para implantação de assentamentos rurais para a agricultura familiar, buscando-se a sustentabilidade desses agroecossistemas. No nível de manejo B encontram-se 15,25% das terras classificadas como regulares para lavouras. Terras classificadas como regulares para lavouras

no nível de manejo C, correspondem a 34,4%. Tais resultados demonstram a baixa fertilidade natural da maior parte dos solos do Estado do Maranhão, porém com alto potencial produtivo se empregada tecnologia adequada.

Somente 30.799,03 km² das terras foram classificadas no grupo 3, equivalente a 9,28% do Estado. Considerando os grupos 1, 2 e 3, 20,01% das terras do Estado foram classificadas como restritas para lavouras no nível de manejo A, 31,70% no nível de manejo B e 11,93 % no nível de manejo C.

As terras classificadas no grupo 4, com aptidão para pastagem plantada, ocupam área de 103.807,70 km² (31,27 % do Estado). As terras com boa aptidão desse grupo correspondem a 10,57% das terras do Estado. As terras com aptidão regular correspondem a 11,67% e as com aptidão restrita a 9,02% do território do Estado. Esses resultados refletem um elevado potencial das terras maranhenses para a pecuária. Entre as áreas mapeadas para esse grupo, ocorrem áreas menores que apresentam aptidão superior, indicadas para culturas anuais e cana-de-açúcar.

As terras classificadas no grupo 5 compreendem 30.929,46 km² (9,32% da área do Estado). Dentro desse grupo ocorrem áreas com aptidão restrita para pastagem natural (5,84% da área do Estado), áreas com aptidão regular para pastagem natural (2,91% do Estado) e áreas com aptidão boa para pastagem natural (0,56% do Estado). Somente 1,94% correspondem a terras com aptidão restrita para a silvicultura. Porém, é importante lembrar que as terras dos grupos 1, 2, 3 e 4 apresentam boa aptidão para silvicultura e ocupam aproximadamente 79% do território maranhense, com exceção das terras dos subgrupos 1(b)C e 3(c) da Baixada Maranhense que apresentam risco de inundação e foram classificadas como aptas para arroz irrigado.

As terras não indicadas para uso agropecuário (grupo 6) correspondem a 16.776,61 km², somente 5,05% do território maranhense. Esse dado indica o alto potencial agropecuário do Estado do Maranhão. Grandes extensões territoriais de terras do grupo 6 estão associadas às dunas dos Lençóis Maranhenses e aos solos de mangue, ambos no litoral maranhense. Nas demais regiões do Estado, essas terras correspondem a solos rasos e relevo muito declivoso, com alta susceptibilidade à erosão. Os corpos d'água ocupam

2,15% da área considerada no presente trabalho.

Portanto, o detalhamento das fases de relevo das unidades de mapeamento de solos realizados no presente trabalho contribuem para a melhoria do mapeamento da aptidão agrícola das terras e num manejo conservacionista mais adequado, por refletir com maior precisão as limitações de uso agrícola das terras. A técnica digital foi fundamental no desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- [1] RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. 1994. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPQ. 65p.
- [2] McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L. & MINASNY, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117: 3-52.
- [3] LAGACHERIE, P.; LEGROS, J. P. & BURROUGH, P. A. 1995. A soil survey procedure using the knowledge of soil pattern established on a previously mapped reference area. *Geoderma*, 65: 283-301
- [4] LAGACHERIE, P.; ROBEZ-MASSON, J.M.; NGUYEN-THE, N. & BARTHÈS, J.P. 2001. Mapping of reference area representativity using a mathematical soilscape distance. *Geoderma*, 101: 105-118.
- [5] MCKENZIE, N. J. & RYAN, P. J. 1999. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma*, 89: 67-94.
- [6] QUARTAROLI, C. F.; MIRANDA, E. E. de; VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C.; CRISCUOLO, C.; GUIMARÃES, M. 2006. Avaliação da adequação do uso das terras agrícolas no Nordeste do Estado de São Paulo em 1988 e 2003. *Boletim de Pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Monitoramento por Satélite*. 36 p. il. (Documentos, 57).
- [7] RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A. & BAMLER, R. 2003. The shuttle radar topography mission - A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57: 241-262.
- [8] SOUZA FILHO C. R. 2003. O relevo das Américas como nunca visto antes. *Infogeo*, 30: 54—58.
- [9] FONI, A. & SEAL, D. 2004. Shuttle Radar Topography Mission: an innovative approach to shuttle orbital control. *Acta Astronautica*, 54: 565-570.
- [10] JACOMINE, P.K.T. 1986. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS/SUDENE-DRN. 964p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35). (Brasil. SUDENE. DRN. Série Recursos de Solos, 17).
- [11] Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2004. ArcInfo 9.0. Redlands, CA.
- [12] DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA/UFMA – LABOHIDRO. 2003. Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão. 242p.

Tabela 1. Área ocupada por cada grupo e subgrupo de aptidão agrícola no Estado do Maranhão.

Classe	Área (km ²)	Área por grupo (km ²)	% por subgrupo	% por grupo
1aBC	1653,24	24381,94	0,50	7,34
1aBc	3591,89		1,08	
1(a)BC	252,02		0,08	

1(a)Bc	1457,11		0,44	
1abC	565,01		0,17	
1(a)bC	15920,17		4,80	
1(ab)C	90,13		0,03	
1(b)C	852,37		0,26	
<hr/>				
2abc	6900,91		2,08	
2ab(c)	8421,22		2,54	
2(a)bc	14144,30		4,26	
2(ab)c	19139,00	118141,40	5,77	35,59
2(a)b(c)	543,73		0,16	
2bc	4132,88		1,24	
2(b)c	64859,36		19,54	
<hr/>				
3(abc)	14720,87		4,43	
3(ab)	154,46	30799,03	0,05	9,28
3(bc)	5418,85		1,63	
3(c)	10504,85		3,16	
<hr/>				
4P	10,57		10,57	
4p	11,67	103807,70	11,67	31,27
4(p)	9,02		9,02	
<hr/>				
5N	1866,35		0,56	
5n	9671,72	30929,46	2,91	9,32
5(n)	12961,51		3,90	
5(sn)	6429,88		1,94	
<hr/>				
6	16776,61	16776,61	5,05	5,05
<hr/>				
Corpos d'água	7139,16	7139,16	2,15	2,15
<hr/>				
Total	331975,30	-	100,00	-



* maior detalhamento das fases de relevo

Figura 1. Fluxograma dos procedimentos adotados no mapeamento da aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão.

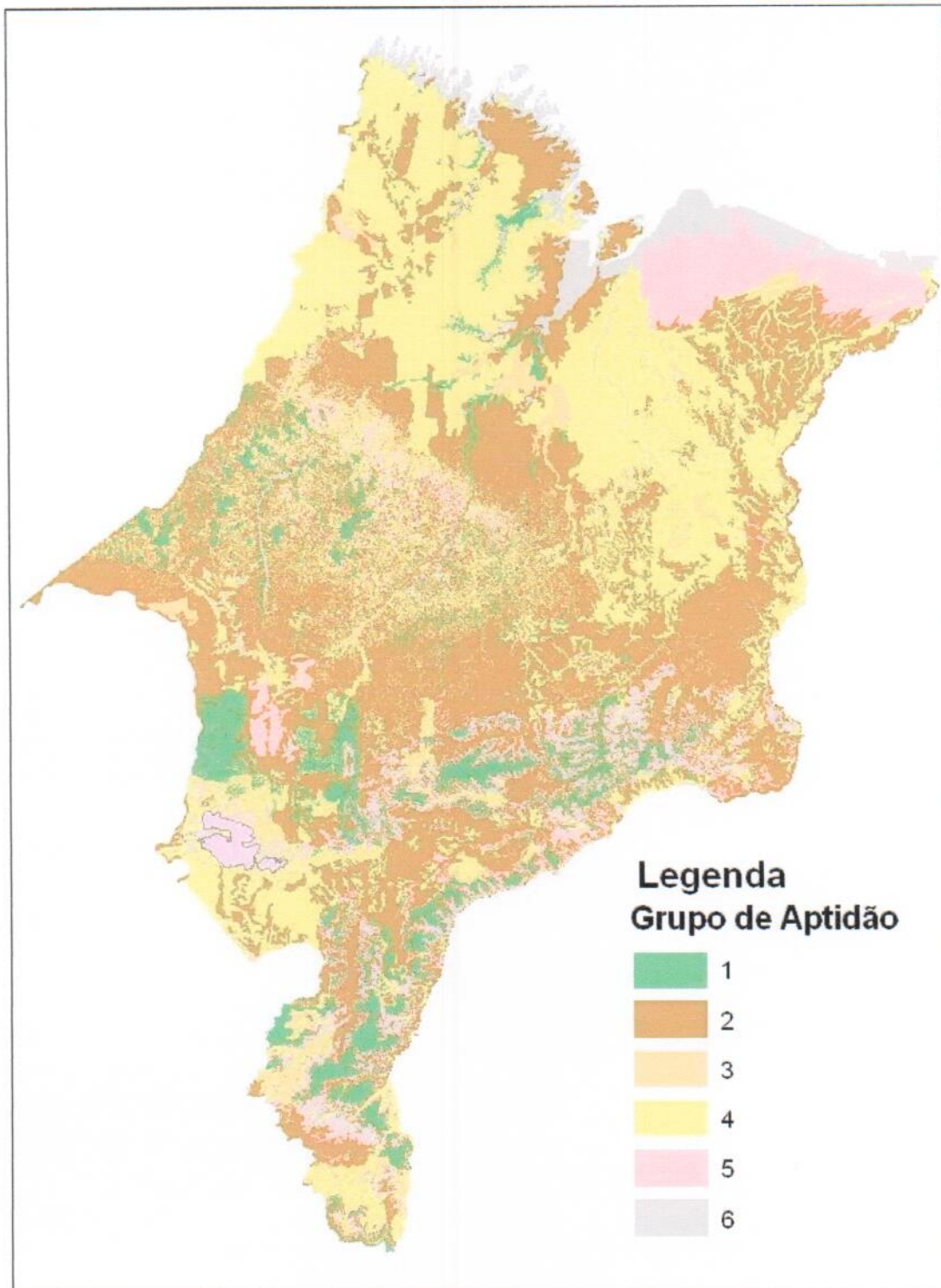


Figura 2. Grupos de aptidão agrícola das terras do Estado do Maranhão.