

# Cartografia temática e geovisualização da produção de soja do estado de Mato Grosso com cenários de previsão de safra

Marcelo de Carvalho Alves  
Eduardo Guimarães Couto  
José Holanda Campelo Júnior  
Ricardo Santos Silva Amorim  
Dionny Rafaelly Rotili

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMEV  
Departamento de Solos e Engenharia Rural - DSER  
Av. Fernando Corrêa da Costa S/N, Bairro: Coxipó - CEP: 78.060-900, Cuiabá - MT  
mdecalves@ufmt.br

**Abstract.** The objective of this study was to develop a methodology to characterize the intensity of soybean crop production, based on the association of data of production obtained in municipal level and image of orbital remote sensing, as well as to generate a model of soybean production forecasting in function of cultivated area in Mato Grosso state. The data of soybean production and cultivated area is related to from 1990 to 2007 and was obtained by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The database of vegetation land cover is related to the year 2000 and was obtained by the sensor of vegetation on board of SPOT-4 satellite, in spatial resolution of 961.54 m. Techniques of thematic cartography and geovisualization allowed the characterization of the main soybean-producing regions of Mato Grosso state. There was a satisfactory implementation of the methodology by using spatial analysis applied to both cadastral and remote sensing information to characterize the intensity of soybean production in cultivated and managed areas. Linear and nonlinear regression models presented high coefficients of determination in the estimation of soybean production in function of cultivated areas of the whole state of Mato Grosso and the main soybean municipal districts.

**Palavras-chave:** spatial analysis, soybean, harvest forecast system, análise espacial, soja, previsão de safra.

## 1. Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é cultivada em diversas regiões tropicais e subtropicais, das quais os Estados Unidos (EUA) e o Brasil são os maiores produtores e exportadores mundiais (Agriannual, 2008). No Brasil, a soja é a principal cultura agrícola destinada à exportação. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, na safra 2007/08, os EUA produziram 71.448.000 toneladas, seguido pelo Brasil, com produção de 61.000.000 toneladas. Nessa mesma safra, dentre os estados brasileiros, Mato Grosso foi o maior produtor de soja, com 16.328.000.000 toneladas produzidas, relativo a uma área plantada de 5.535.000 ha.

Apesar da elevada produção nacional e internacional de soja, muitos fatores podem afetar a produtividade dessa cultura, tais como organismos-praga (Alves et al., 2007), fertilidade do solo (Caliskan et al., 2008), clima (Kucharik & Serbin, 2008), práticas de cultivo, aspectos genéticos e fisiológicos (Liu et al., 2008), dentre outros fatores. Dessa forma, considerando-se a importância da produção de soja para o estado de Mato Grosso, tornou-se necessário estabelecer um sistema de monitoramento e representação das safras, de forma a atender às necessidades de planejamento, comercialização e manejo da cultura, considerando-se a localização geográfica das lavouras e os principais municípios produtores de soja.

Para isso, tornou-se fundamental aprimorar metodologias clássicas em detrimento à inclusão de novas tecnologias, tais como técnicas de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográfica e estatística, as quais têm sido utilizadas para solucionar problemas e

obter informações acuradas e precisas em aplicações agrícolas e ambientais (Slocum et al., 2009; Dorigo et al., 2007; Prasad et al., 2006). Apesar disso, ainda não foi verificado o uso de metodologias de cartografia temática e geovisualização geradas por mapas cadastrais, associadas a resultados de classificação de imagens de sensoriamento remoto orbital como metodologia para caracterizar a intensidade de produção de soja no estado de Mato Grosso.

Sendo assim, objetivou-se com o presente estudo, desenvolver uma metodologia para caracterizar a intensidade da produção de soja com base na associação de dados cadastrais de produção de soja obtidos em escala municipal, referente ao período de 1990 a 2007 e informações de classificação de imagem de sensoriamento remoto orbital, referente ao ano de 2000, bem com gerar um modelo de previsão da produção de soja em função da área plantada e quantidade produzida, a fim de possibilitar avaliar cenários de produção de soja com base nas informações municipais do estado de Mato Grosso.

## **2. Material e Métodos**

Os dados sobre produção de soja (toneladas) e área plantada (ha) no estado de Mato Grosso foram referentes ao período de 1990 a 2007. A produção foi obtida pela rede de coleta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), mediante consulta a entidades públicas e privadas, a produtores, técnicos e órgãos ligados direta ou indiretamente aos setores da produção, comercialização, industrialização e fiscalização de produtos agrícolas. A unidade de investigação no inquérito estatístico foi em nível de município (Figura 1).

A base de dados de vegetação, referente ao ano 2000, foi produzida por uma parceria internacional entre 30 grupos de pesquisa coordenado pela Comissão Européia do 'Joint Research Centre', referente ao sensor de vegetação (VEGETATION-1) a bordo do satélite SPOT-4, por meio do qual se gerou um produto final de classes de vegetação pelo método não supervisionado ISODATA, na resolução espacial de 961,54 m (Bartholomé & Belward, 2005). Esse produto foi redimensionado para os limites territoriais do estado de Mato Grosso. Adotou-se o sistema de coordenadas projetadas projeção conformal cônica de Lambert para a América do Sul.

Técnicas de cartografia temática e geovisualização foram utilizadas para caracterizar a variação municipal dos municípios produtores de soja do estado de Mato Grosso, por meio de cartas de simbologia pontual, pontos graduados e mapas cloropéticos da produção média municipal de soja, no período de 1990 a 2007. Para as cartas com simbologia pontual, adotou-se o valor de 10.000 toneladas de soja produzida representando um ponto. Para as cartas de pontos graduados e mapas cloropéticos adotou-se o método de quantis, com cinco classes.

Uma metodologia alternativa de análise espacial foi utilizada para caracterizar a produção de soja, por meio de operações de análise espacial de sistema de informações geográficas entre dois temas indicadores. No primeiro tema, adotou-se o mapa cloropético como referência para ranquear os maiores produtores municipais de soja. Essa carta, constituída de um modelo de dados vetorial com cinco níveis referentes à quantidade média de soja produzida, foi convertida em um modelo de dados matricial, com resolução espacial de 961,54 m, gerando-se a carta de intensidade de produção de soja. No segundo tema, as classes de vegetação em modelo de dados matricial, na resolução espacial de 961,54 m, foram reclassificadas em valores 0 ou 1, sendo 0 os demais tipos de vegetação e 1 as áreas de agroecossistemas, de forma a gerar a carta de áreas de cultivo intensivo. Posteriormente, a carta de intensidade de produção foi multiplicada pela carta de áreas de cultivo intensivo, por meio de operador matemático, de forma a gerar a carta de intensidade de produção de soja do estado de Mato Grosso, com as classes de produção de soja muito baixa (MB), baixa (B), média (M), alta (A) e muito alta (MA) (Figura 2). Posteriormente, calcularam-se as áreas classificadas como MB, B, M, A e MA. Também foram calculadas as áreas das regiões classificadas com muito alta intensidade de produção em cada município do estado, por

análise de tabulação zonal. Esse valor resultante de área foi relacionado aos dados do IBGE de área média de soja plantada em cada município entre o período de 1990 a 2007, por meio de um diagrama de dispersão, de forma a possibilitar avaliar o desempenho da metodologia utilizada.

Partindo-se da hipótese de que quanto maior a área de plantio de soja de uma região, maior será a quantidade de soja produzida, modelos de regressão linear e não-linear foram avaliados para estimar a produção de soja em função da área plantada, considerando-se a área total e a quantidade total de soja produzida no estado de Mato Grosso, bem como nos 7 principais municípios produtores. Nesse caso, cada valor de área plantada entre os anos de 1990 e 2007, foi considerado como um nível da variável independente e a quantidade produzida referente a cada ano, como o valor da variável dependente. Os modelos foram escolhidos com base no valor de significância pelo teste F e coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



Figura 1. Universo amostral da produção de soja no estado de Mato Grosso onde foram obtidos dados de produção e área plantada de soja de 141 municípios referente ao período de 1990 a 2007.

### 3. Resultados e Discussão

Com base no cálculo da produção média de soja no estado de Mato Grosso, referente ao período de 1990 a 2007, foi possível constatar que os sete maiores municípios produtores foram: Sorriso, Campo Novo dos Parecis, Diamantino, Nova Mutum, Primavera do Leste, Sapezal e Lucas do Rio Verde (Figura 3).

Por meio de técnicas de cartografia temática, geovisualização e técnicas de análise espacial em sistema de informações geográficas, foi possível caracterizar a participação dos municípios na produção de soja do estado de Mato Grosso, considerando-se um período médio de 17 anos. Observou-se que na mesorregião Sudeste Mato-Grossense, os principais municípios produtores foram Alto Taquari, Itiquira, Alto Garças, Pedra Preta, Rondonópolis,

Guiratinga, Rondonópolis, Campo Verde, Primavera do Leste, General Carneiro. Na mesorregião Nordeste Mato-Grossense, os principais municípios produtores foram Santo Antônio do Leste, Novo São Joaquim, Canarana e Querência. Na região Sudoeste Mato-Grossense, o principal município produtor foi Tangará da Serra. Na região Norte Mato-Grossense, os principais municípios produtores foram Campos de Júlio, Sapezal, Campo Novo dos Parecis, Brasnorte, Diamantino, São José do Rio Claro, Nova Mutum, Santa Rita do Trivelato, Nova Ubiratã, Sorriso, Tapurah, Lucas do Rio Verde e Sinop (Figura 4).

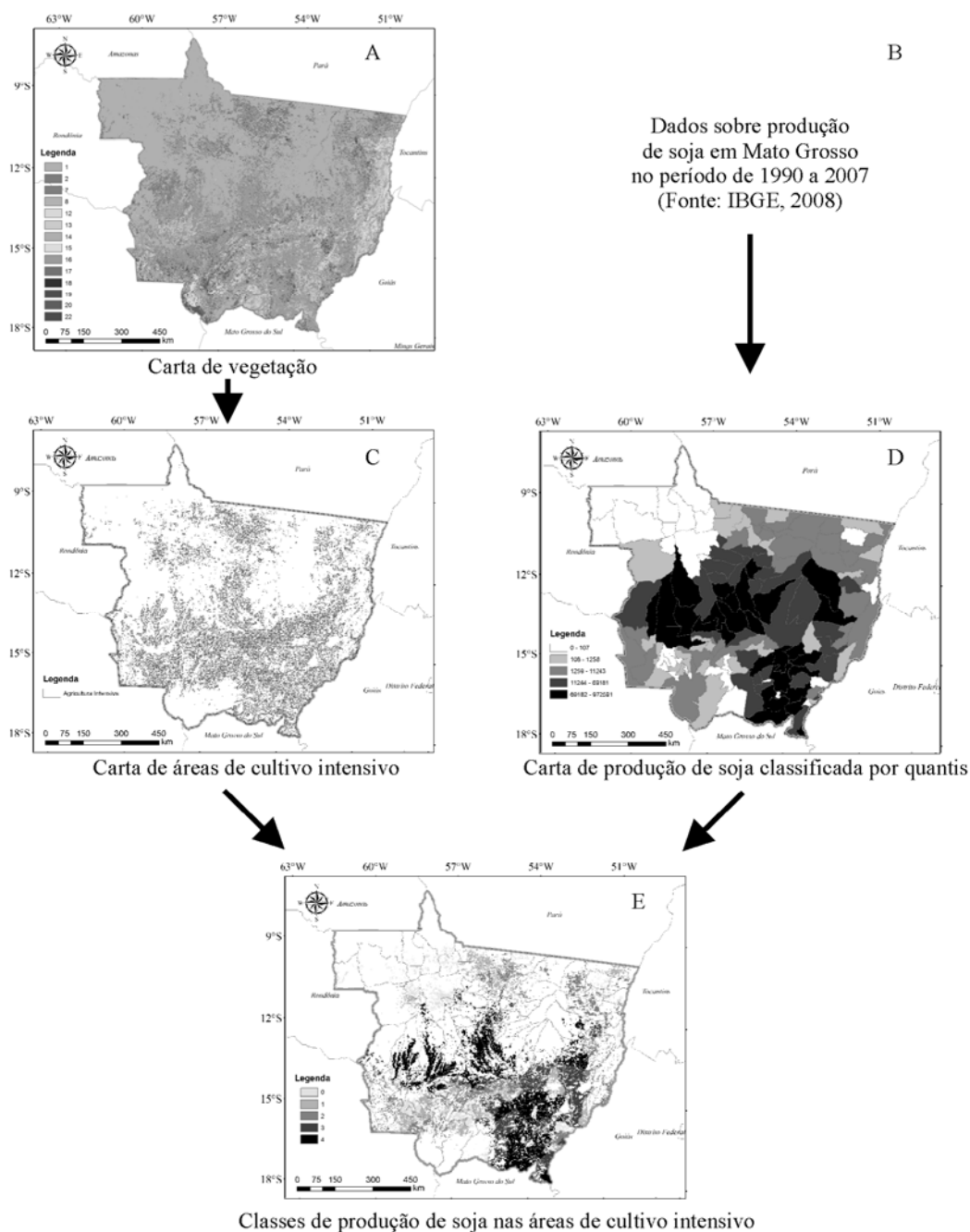


Figura 2. Metodologia de análise utilizada para caracterizar as regiões com maior intensidade de produção de soja no estado de Mato Grosso.

Dentre os métodos de cartografia temática e geovisualização utilizados para caracterizar a distribuição espacial da produção de soja no estado de Mato Grosso, a carta de intensidade de produção de soja gerada pela fusão entre o mapa cloropético e as áreas de

cultivo, foi a opção mais realística para caracterizar a intensidade de cultivo de soja no estado de Mato Grosso, quando comparada aos métodos de simbologia pontual, pontos graduados e mapa cloropético.

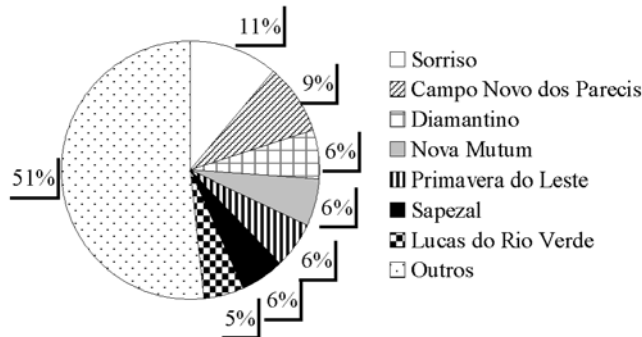


Figura 3. Porcentagem de produção média de soja referente ao período de 1990 a 2007, nos 7 principais municípios produtores do estado de Mato Grosso.

Isso ocorreu pela incorporação das vantagens de ranqueamento de municípios produtores pelo método de quantis do mapa cloropético e o detalhamento das regiões de alta intensidade de cultivo, geradas pela classificação de imagens de sensoriamento remoto orbital em uma única carta de intensidade de cultivo.

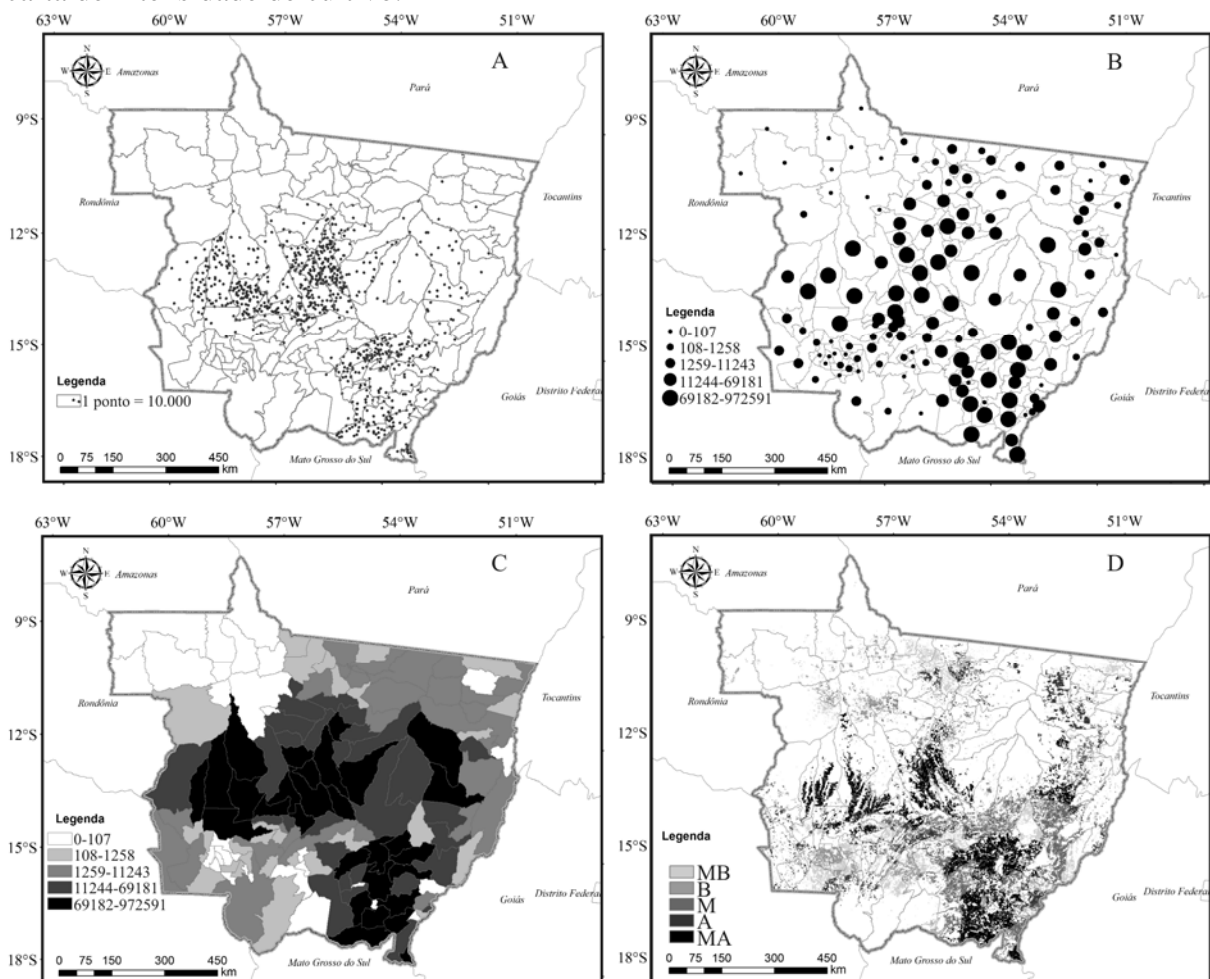


Figura 4. Métodos de cartografia temática e geovisualização utilizados para caracterizar a distribuição espacial da produção de soja no estado de Mato Grosso, por meio de simbologia pontual (A), pontos graduados (B), mapa cloropético com fronteiras municipais (C) e carta de intensidade de produção de soja gerada pela fusão entre o mapa cloropético e as áreas de cultivo intensivo (D).

Por meio do cálculo das áreas definidas por cada classe de intensidade de produção de soja para todo o estado, foi possível observar que as áreas situadas dentro da classe muito alta aproximaram-se da área plantada em 2005, com magnitude de 6.121.724 ha, conforme apresentado pelos dados do IBGE (2008). Posteriormente, avaliou-se a correspondência entre as áreas localizadas na classe muito alta e a área média de soja plantada entre 1990 e 2007, relatadas pelo IBGE, de modo a se constatar que as áreas de cultivo intensivo mapeadas por sensoriamento remoto orbital explicaram 70% das áreas plantadas cadastradas pelo IBGE (Figura 5). A diferença verificada entre as áreas mapeadas e as áreas cadastradas provavelmente ocorreu, em maior escala, pelo fato de se utilizar áreas de cultivo intensivo ao invés de áreas cultivadas com soja, mas também, em menor escala, por erros do método de classificação da imagem e erros decorrentes do cadastramento das áreas plantadas por meio de formulários em nível municipal.

Após a caracterização da variação da intensidade de cultivo de soja no estado de Mato Grosso, modelos de regressão linear e não linear foram utilizados para estimar a produção de soja em todo o estado de Mato Grosso e nos 7 principais municípios produtores, em função da área plantada.

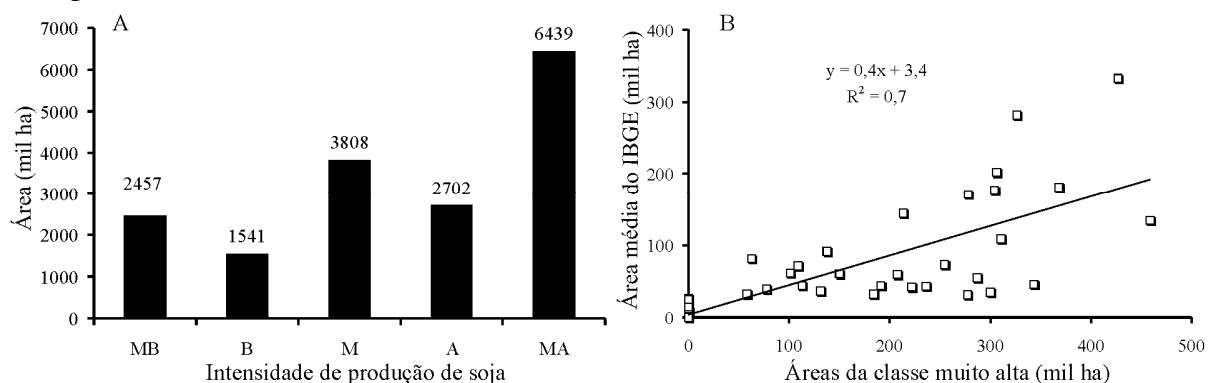


Figura 5. Quantificação de áreas nas classes de cultivo intensivo (A) e da correspondência entre as áreas localizadas na classe muito alta e a área média de soja plantada entre 1990 e 2007, relatadas pelo IBGE (B).

Observou-se ajuste de funções lineares para todo o estado de Mato Grosso e para os municípios Sorriso, Campo Novo dos Parecis, Diamantino, Nova Mutum, Sapezal e Lucas do Rio Verde, tendo em vista o aumento linear da produção de acordo com o aumento da área plantada. No entanto, para o município de Primavera do Leste, observou-se melhor ajuste de função não linear logarítmica (Figura 6). Em Primavera do Leste, a tendência de redução da produção com o aumento da área plantada, pode ser explicada pela ocorrência de problemas fitossanitários nessa região, pois segundo relatos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, na safra 2004/2005, a ferrugem da soja atingiu altos índices na região, pois a região apresenta grandes áreas de soja cultivada sob sistema de irrigação no inverno (Embrapa, 2008).

De acordo com o modelo de regressão utilizado para estimar a produção em função da área plantada no estado de Mato Grosso, foi possível gerar cenários de evolução da produção no estado. Assim, caso todas as áreas de cultivo intensivo do estado de Mato Grosso, correspondentes à aproximadamente 20 % da área total do estado, fossem plantadas

unicamente com soja, a produção total seria de 51.054.965,30 toneladas, correspondendo a cerca de 84% da produção brasileira.

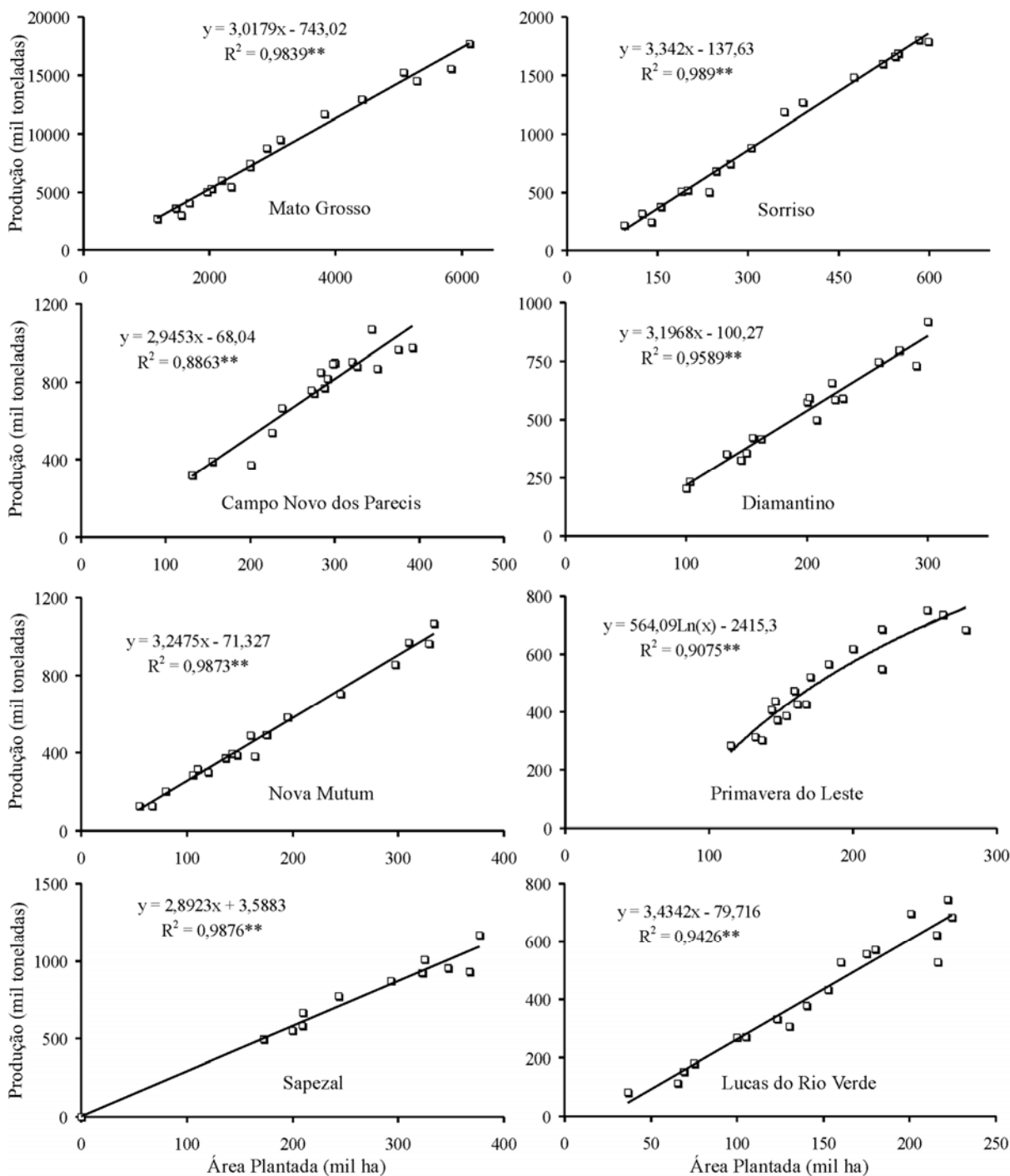


Figura 6. Modelos de regressão utilizados para estimar a produção de soja no estado de Mato Grosso e nos principais municípios produtores, referente ao período de 1990 a 2007.

Apesar dos elevados coeficientes de determinação ( $R^2$ ) verificados para estimar a produção de soja em função da área plantada, cabe ressaltar que, para aumentar as estimativas de previsão de safra de soja no estado de Mato Grosso, devem-se considerar outros fatores, tais como efeitos climáticos (Assad et al., 2007), tipo de solo, material genético utilizado, de forma a aumentar a complexidade do modelo e a qualidade dos sistemas de previsão de safra disponíveis no Brasil.

#### 4. Conclusões

A carta de intensidade de cultivo de soja no estado de Mato Grosso obtida por sensoriamento remoto foi semelhante ao resultado obtido com dados cadastrais, abrindo a possibilidade de acompanhar a extensão da área cultivada em tempo real.

Modelos de regressão linear e não linear possibilitam estimar a produção de soja no estado e nos principais municípios produtores, em função da área cultivada.

#### 5. Referências Bibliográficas

Agrianual 2008: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 552 p.

Alves, M. C.; Pozza, E. A.; Ferreira, J. B.; Araújo, D. V.; Costa, J. C. B.; Deuner, C. C.; Muniz, M. F. S.; Zambenedetti, E. B.; Machado, J. C. The Effects of temperature and leaf wetness periods on the development of soybean rust in the cultivars Consquista, Savana and Suprema. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 239-244, 2007.

Assad, E. D.; Marin, F. R.; Evangelista, S. R.; Pilau, F. G.; Farias, J. R. B.; Pinto, H. S.; Zullo Júnior, J. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p. 615-625, 2007.

Bartholomé, E.; Belward, A. S. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 9, p. 1959–1977, 2005.

Caliskan, S.; Ozkaya, I.; Caliskan, M.E.; Arslan, M. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. **Field Crops Research**, v. 108, p. 126–132, 2008.

Campelo Junior, J. H.; Caseiro, F. T.; Herbster, O. F. **Zoneamento do potencial de produção de grãos em Mato Grosso**. Cuiabá: Editora da Universidade Federal de Mato Grosso, 1990. 30p.

Dorigo, W.A.; Zurita-Milla, R.; Wit, A.J.W.; Brazile, J. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 9, p. 165–193, 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Mapa avalia ferrugem da soja em Primavera do Leste (21/07/2005). Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2005/folder.2005-06-30.8880213159/foldernoticia.2005-07-18.2176805077/noticia.2005-07-21.4152187411/>> Acesso em: 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes. Brasil. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 2008.

Kucharik, C. J.; Serbin, S. P. Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. **Environmental Research Letters**, v. 3, p. 1-10, 2008.

Liu, X.; Jin, J.; Wang, G.; Herbert, S. J. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. **Field Crops Research**, v. 105, p. 157-171, 2008.



Prasad, A.K.; Chai, L., Singh, R. P., Kafatos, M. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 8, p. 26-33, 2006.

Slocum, T. A.; McMaster, R. B.; Kessler, F. C.; Howard, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2009. 561 p.