

FOTOGRAFIAS AÉREAS NÃO CONVENCIONAIS PARA MAPEAMENTO DE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS NO CERRADO BRASILEIRO

Marina de Fátima Vilela¹, José Roberto Antoniol Fontes², Luciano Shozo Shiratsuchi¹, Álvaro Vilela de Resende³, Charles Martins de Oliveira¹, Sandro M. Carmelino Hurtado⁴ e Edegar Joaquim Corazza⁵

¹Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Planaltina, DF, Brasil. E-mail{ marina, shozo, charles }@cpac.embrapa.br

²Embrapa Amazônia Ocidental, Rod. AM-10, km 29, Manaus, AM, Brasil, e-mail jose.roberto@cpaa.embrapa.br

³Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Sete Lagoas, MG, Brasil, e-mail alvaro@cnpmc.embrapa.br

⁴Bolsista CNPq, Pós-Doutorando CENA/USP.

⁵Embrapa Informação Tecnológica, PqEB, W3 Norte, Brasília, DF, Brasil, e mail edemar@sct.embrapa.br

RESUMO

O custo do mapeamento por meio de amostragens em grades regulares e as extensas áreas de produção no Cerrado brasileiro, superando os padrões observados em outras regiões do país e mesmo do exterior, têm dificultado o acompanhamento detalhado das lavouras e dos fatores que afetam a produtividade. Um grande potencial tem sido atribuído ao sensoriamento remoto para o mapeamento e o monitoramento de culturas em grandes áreas, devido redução do custo de aquisição de imagens de satélite e de fotografias aéreas. Este trabalho teve como objetivo apresentar e discutir os resultados dos estudos sobre as potencialidades de fotografias aéreas não convencionais, ou de pequeno formato, no mapeamento de fatores que afetam a produtividade de grãos em lavouras no Cerrado brasileiro. Os estudos foram conduzidos em áreas de produção comercial de grãos nos estados da Bahia e de Goiás. Fotografias aéreas foram adquiridas a diferentes alturas de vôo com a finalidade de: a) mapear a distribuição espacial e o nível de infestação de corós rizófagos e plantas daninhas em soja; b) mapear zonas contrastantes de matéria orgânica do solo, e c) monitorar e efetuar mapeamento diagnóstico no milho. As fotografias compuseram mosaicos que foram posteriormente georreferenciados e classificados, gerando índices de exatidão que variaram de 71% a 88%, demonstrando que fotografias aéreas não convencionais podem constituir base de dados importante ao diagnóstico e ao mapeamento de fatores bióticos e abióticos que afetam a produtividade, subsidiando, por conseguinte, a tomada de decisão para o manejo localizado em agricultura de precisão.

Palavras chaves: Sensoriamento remoto, manejo localizado, agricultura de precisão.

INTRODUÇÃO

A detecção de zonas contrastantes de desenvolvimento das culturas, associados a amostragens e diagnósticos direcionados destas, constitui uma abordagem promissora para delineamento e manejo localizado. Essa abordagem tem uma lógica de monitoramento baseada na existência de

diferenças de comportamento da própria cultura dentro de uma área de produção. A partir destas diferenças busca-se estabelecer o diagnóstico de fatores condicionantes, subsidiando, por conseguinte, a adoção de manejo localizado, inclusive com a possibilidade de viabilizar intervenções durante a fase de desenvolvimento da cultura em determinadas situações.

O mapeamento dos fatores que afetam a produtividade e, por conseguinte, definem as zonas de desenvolvimento contrastantes tem sido comumente efetuados por meio de levantamentos em grades regulares. Embora diversos trabalhos demonstrem a viabilidade técnica do mapeamento em grade regular, alguns autores têm questionado sua praticidade e o alto custo operacional e de análises (Lamb e Weedon, 1998), ademais, nem sempre mapas diagnósticos de fatores de produtividade, baseados em grades regulares relativamente densas, têm mostrado boa correlação com a produtividade das culturas (Resende *et al.*, 2005).

Outro fator a ser considerado refere-se ao tamanho das áreas de produção, no Cerrado normalmente o tamanho das áreas de produção supera os padrões observados em outras regiões do país e mesmo do exterior. Isso representa um importante diferencial do Cerrado em relação a países onde a AP é mais desenvolvida e cujos conceitos, abordagens de pesquisa e estratégias de aplicação têm sido tomados como referência no Brasil.

Diante do tamanho das áreas de produção do Cerrado e da atual condição tecnológica do Brasil em termos de maquinário e equipamentos para agricultura de precisão, um grande potencial tem sido atribuído ao sensoriamento remoto para o mapeamento e o monitoramento da cultura e os diferentes fatores que afetam sua produtividade. Este potencial tem se justificado pelo avanço tecnológico e sobretudo pela redução do custo de aquisição de imagens e fotografias aéreas.

Técnicas de sensoriamento remoto empregando, sobretudo, fotografias aéreas têm possibilitado a identificação e o diagnóstico de áreas infestadas por plantas daninhas (Chang *et al.*, 2004; Koger *et al.*, 2004; Lamb e Brown, 2000 e Lamb e Weedon, 1998). Nos últimos anos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem pesquisado o emprego de fotografias aéreas não convencionais no diagnóstico, mapeamento e monitoramento de áreas infestadas por pragas, nematóides e plantas daninhas e cujos resultados têm sido bastante promissores.

Fotografias aéreas apresentam alta resolução espectral e espacial, entretanto, apresentam também distorções relacionadas à projeção cônica, ao posicionamento da aeronave e ao relevo da superfície terrestre.

A projeção cônica de fotografias, onde todos os raios projetantes se interceptam em um ponto, promove um deslocamento radial do centro para as extremidades de fotografias verticais. A projeção cônica aliada as diferenças do relevo promove deslocamentos ainda maiores em fotografias aéreas, como consequência, os objetos não aparecem na fotografia em suas posições reais, acarretando variações de escala, fato particularmente grave em áreas montanhosas (Carver, 1988).

Alterações no posicionamento da aeronave podem provocar deriva de vôo resultando em falhas na cobertura fotográfica da superfície. Outro problema relacionado ao posicionamento refere-se ao desnivelamento da aeronave e da câmera fotográfica, com conseqüente inclinação do eixo ótico, promovendo grandes deslocamentos radiais e dificultando a obtenção de fotografias verticais.

As inúmeras distorções a que fotografias aéreas estão sujeitas somam-se os erros decorrentes dos procedimentos de georreferenciamento e classificação. A exemplo da classificação de imagens de satélites é necessário saber a exatidão da imagem classificada e do mapa gerado.

A forma mais comum de expressar a precisão de mapas é obter a porcentagem da área corretamente mapeada por meio da comparação com os dados de referência ou verdade de campo. A relação entre os dois planos de informação é comumente resumida em uma matriz de erros (Jensen, 1996) também denominada matriz de confusão ou tabela de contingência (Lillesand e Kiefer, 1994).

A matriz de erros ou de confusão identifica o erro global da classificação de cada categoria (Brites, 1996) mostrando também os erros de comissão e de omissão de cada categoria ou classe (Campbell, 1987), permitindo o cálculo dos índices de Exatidão Global e Kappa para uma classificação definida.

Na literatura encontram-se índices variando de 70% a 97% (Campbell, 1987; Soares, 1994; Brites, 1996; Costa e Brites, 2004; Ganán, 2005; Lobão *et al.*, 2005).

Reconhecidamente as distorções são maiores em fotografias aéreas não convencionais, ou seja, obtidas por câmeras não métricas embarcadas em aviões de pequeno porte quando comparadas às fotografias aéreas convencionais. Entretanto, a facilidade e a possibilidade de obtenção de fotografias não convencionais é maior em comparação às convencionais devido ao custo do voo e a necessidade de equipamentos.

A facilidade, o custo e os equipamentos necessários para a obtenção de fotografias aéreas não convencionais ou de pequeno formato, justificaram os estudos em respeito as potencialidades do uso fotografias não convencionais no mapeamento dos fatores que afetam a produtividade. Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os resultados dos estudos sobre as potencialidades do uso de fotografias aéreas não convencionais no mapeamento diagnóstico da cultura do milho, no mapeamento da distribuição espacial e de níveis de infestação de plantas daninhas, de insetos rizófagos e zonas contrastantes de matéria orgânica do solo. Deve-se salientar que demais fatores que afetam a produtividade foram mapeados, estando os mesmos em fase de análise.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos em áreas de produção comercial de grãos no Distrito Federal e nos estados da Bahia e de Goiás (Figura 1).

Mapeamento diagnóstico de uma área cultivada com milho

A área de estudo correspondeu a um talhão de 373 hectares, cultivado com milho em sistema de plantio direto, na Fazenda Alto Alegre, município de Planaltina de Goiás – GO, entre as coordenadas 15°21'41,77''S, 47°38'13,44''W e 15°23'35,96''S, 47°36'01,34''W.

Para mapear áreas de desenvolvimento contrastantes da cultura foram obtidas fotografias aéreas na fase de pré-florescimento (janeiro de 2006), por câmera digital SONY DSC - F828 CYBER-SHOT (8-12 megapixel) embarcada em ultra-leve, a uma altura média de voo de 600 m. As fotografias aéreas foram processadas para compor um mosaico que, posteriormente, foi geometricamente corrigido.

A correção geométrica foi efetuada por uma equação polinomial de terceiro grau empregando 17 pontos de controle terrestres

A partir do mosaico aerofotogramétrico foram identificadas as áreas de desenvolvimento contrastante ou atípico do milho, posteriormente, localizadas no campo. Amostras de solo, raízes e plantas para análises laboratoriais e caracterização do estado nutricional e fitossanitário da área e da cultura foram coletadas nos locais de desenvolvimento atípicos identificados e locais de desenvolvimento normal da cultura.

Os resultados das análises para as áreas de desenvolvimento normal e atípico ou deficiente foram comparados entre si para diagnosticar os fatores de interferência no desenvolvimento da cultura.

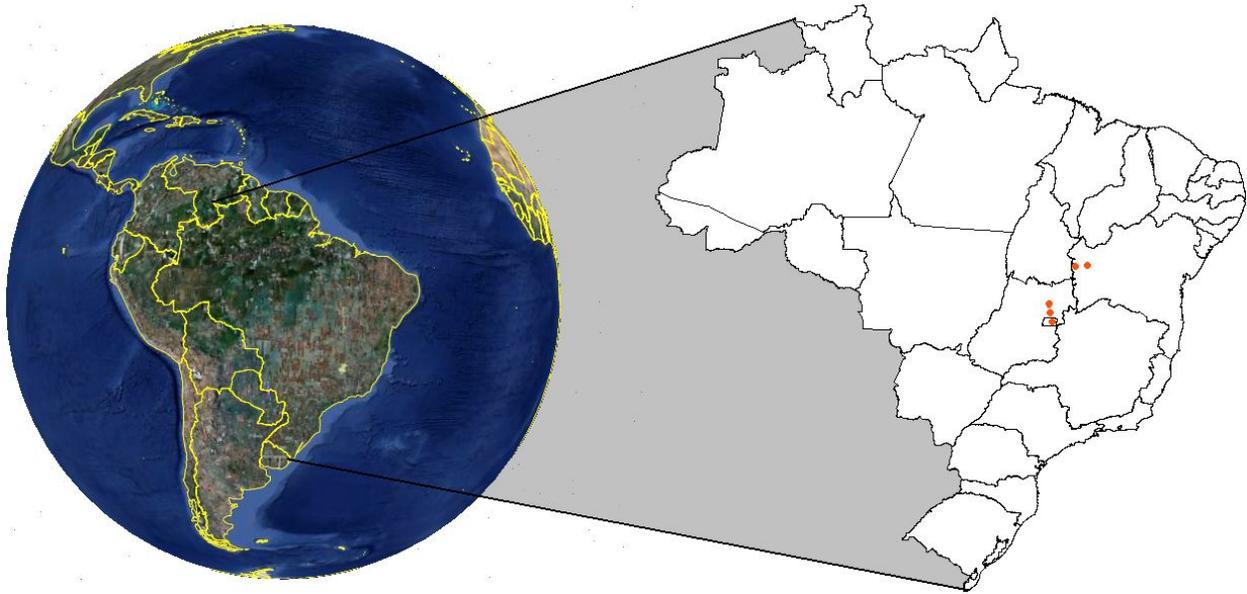


Figura 1: Localização das Áreas de produção comercial de grãos mapeadas.

Distribuição espacial de insetos rizófagos em soja sob plantio direto

Os insetos rizófagos pertencentes à família Melolonthidae (Gassen 1989, 2000, Salvadori e Oliveira 2001), em sua fase larval, popularmente denominado corós, são consideradas pragas importantes de algumas culturas. O ataque às culturas geralmente ocorre em reboleiras apresentando como sintomas plantas de menor porte e amareladas devido ao consumo das raízes pelas larvas (Oliveira *et al.* 1997, 2000) culminado na morte da planta (Figura 2), causando a queda na produtividade e na qualidade dos grãos (Oliveira *et al.* 1997). A distribuição dos corós, geralmente agregada (binomial negativa), implica em dependência espacial da variável número de espécimes por área, o que possibilita o uso de fotografias aéreas para o mapeamento da distribuição das espécies.

O estudo da distribuição espacial do coró e o mapeamento de danos à cultura foram conduzidos na Fazenda Riedi (Sementes Primavera), no município de Planaltina-DF, numa área experimental de 3,5 ha, composta por lavoura de soja cultivada em sistema de plantio direto e destinada a produção de sementes, entre as coordenadas 15°38'50,95''S/47°25'31,39''W e 15°38'56,93''S/47°25'23,21''W.



Figura 2: Dano em lavoura de soja provocado pelo coró, DF. Estágio avançado

As imagens aéreas foram adquiridas em janeiro de 2005 por filmadora digital SONY DCR-HC15, embarcada em ultraleve, a uma altura de vôo média de 150 metros. As imagens da área experimental compuseram um mosaico que foi posteriormente georreferenciado e classificado. A exatidão da classificação foi calculada empregando-se dados de referência contendo o número de larvas/m², coletados em campo segundo a malha amostral de 15 x 15 m, totalizando 128 pontos. A coleta dos dados de referência foi efetuada no mesmo período de aquisição das fotografias aéreas. A relação entre os dois planos de informação foi resumida em uma matriz de erros possibilitando o cálculo do índice de Exatidão Global, conforme Jensen (1996) e Campbell, (1987).

Mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas em áreas de sequeiro

O estudo referente ao mapeamento de planta daninhas em área de sequeiro foi conduzido Fazenda Alvorada, município de Luís Eduardo Magalhães-BA, numa área de 100 ha cultivada no sistema milho-soja em plantio direto, entre as coordenadas 11°59'25,19''S/46°04'50,37''W e 12°00'23,85''S/46°03'56,53''W.

As fotografias aéreas foram obtidas em maio de 2004, período de entre safra, por câmera fotográfica Canon Power Shot S30 (3.2 mp) a uma altura de vôo média de 300 metros. As fotografias compuseram um mosaico que foi georreferenciado e posteriormente classificado.

Para calcular o índice de exatidão, a classificação gerada foi comparada aos dados de referência (Jensen, 1996; Campbell, 1987) coletados segundo malha amostral de 50x50m, totalizando 69 pontos. Os dados de referência foram coletados no mesmo período de aquisição das fotografias aéreas, de forma que a dinâmica das plantas daninhas não interferisse na exatidão da classificação.

Mapeamento da distribuição espacial e do nível de infestação de plantas daninhas em áreas irrigadas

O estudo referente distribuição espacial e do nível de infestação de plantas daninhas em áreas irrigadas foi conduzido na Fazenda Maria das Águas Santas, em Luís Eduardo Magalhães-BA. A

área de 27,5 ha, cultivada por soja em sistema de plantio direto e irrigada por pivô-central esta localizada entre as coordenadas 11°46'37,82''S/45°40'15,23''W e 11°47'05,15''S/45°39'50,06''W.

As fotografias aéreas foram obtidas em fevereiro de 2004, por câmera fotográfica Canon Power Shot S30 (3.2 mp) a uma altura média de vôo de 300 metros. As fotografias compuseram um mosaico que foi georreferenciado e classificado.

Os dados de referência foram coletados segundo malha amostral de 50x50m, totalizando 110 pontos, utilizando a seguinte escala de infestação por plantas daninhas: 1- baixa infestação, até 20% de cobertura da superfície do solo pelas plantas daninhas; 2- média infestação, acima de 20% e até 50% de cobertura, e 3- alta infestação, acima de 50% de cobertura da superfície do solo.

A classificação gerada foi comparada aos dados de referência conforme Jensen (1996) e Campbell (1987).

Mapeamento de zonas contrastantes de matéria orgânica do solo

O estudo foi conduzido na Fazenda Alto Alegre, em Planaltina de Goiás-GO. A área de estudo corresponde a um talhão de 137 hectares, cultivada em sucessão milho-soja, entre as coordenadas 15°21'50,32''S/47°36'19,40''W e 15°22'34,76''S/47°35'32,93''W.

As fotografias foram obtidas por câmera digital a uma altura média de vôo de 500 metros. As fotografias compuseram um mosaico que foi geometricamente corrigido por uma equação polinomial de terceiro grau.

O mosaico foi submetido a uma classificação não-supervisionada, procurando eliminar a subjetividade inerente à interpretação humana. A classificação resultou em dois níveis conforme as cores do solo (claro e escuro).

Para calcular o índice Exatidão Global, a classificação gerada foi comparada aos dados de referência (Jensen, 1996; Campbell, 1987) para os teores de matéria orgânica, coletados segundo uma grade amostral de 50m x 50m, totalizando 390 pontos. Os valores de matéria orgânica foram agrupados em dois níveis de intervalos regulares, segundo os teores encontrados no campo, os quais variaram de 17,4 a 28,9 g.dm³.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices Exatidão Global para os mapeamentos efetuados são apresentados a Tabela 1. Os resultados específicos para os mapeamentos gerados são apresentados na sequência.

Mapeamento diagnóstico de uma área cultivada com milho

As fotografias aéreas, compondo o mosaico aerofotogramétrico permitiram identificar, com relativa facilidade, subáreas de desenvolvimento anormal ou deficiente das plantas nos topos de terraços e em reboleiras espalhadas na área (Figura 3). Observaram-se, também, faixas alternadas com diferentes alturas de plantas em algumas partes da lavoura (Figura 4).

A correção geométrica do mosaico, com um erro de apenas 1,58 m, permitiu a localização das áreas de desenvolvimento atípico do milho no campo, possibilitando a coleta de amostras em áreas bastante expressivas e representativas do desenvolvimento do milho.

Comparando-se os resultados das análises de solo coletados nas áreas de desenvolvimento normal e de desenvolvimento deficiente ou atípico, foi possível identificar as variações da fertilidade do solo como causa provável do desenvolvimento contrastante do milho.

Os resultados das análises foliares quando comparados aos teores considerados adequados à cultura do milho, apresentados por Coelho e França (1995), confirmam os resultados obtidos pelas análises de solo e reforçam as variações nas condições de fertilidade como causa provável do desenvolvimento contrastante do milho.

Tabela 1: Informações técnicas e Índices Exatidão Global para os mapeamentos efetuados.

Mapeamento -finalidade-	Localização	Área -ha	cultura	Altura média de vôo (m)	Câmera	Aquisição das fotos	Exatidão Global
Mapeamento Diagnóstico	Planaltina de Goiás-GO	373	milho	600	SONY DSC F828 Cyber Shot	01/2006	---
Insetos Rizófagos (corós)	Planaltina - DF	3,5	soja	150	SONY DCR HC15	01/2005	75
Plantas daninhas (área de sequeiro)	Luís Eduardo Magalhães-BA	100	Sistema milho-soja (entre safra)	300	Canon Power Shot S30	05/2004	88,4
Plantas daninhas (área irrigada)	Luís Eduardo Magalhães-BA	27,5	soja	100	Canon Power Shot S30	02/2004	71
Matéria orgânica	Planaltina de Goiás - GO	137	Sistema milho-soja (entre safra)	600	----	2002	83,6

A partir dos resultados das análises laboratoriais e das observações visuais na área, a fotografia aérea georreferenciada mostrou-se ferramenta promissora na identificação de locais (reboleiras, faixas e manchas) com plantas de desenvolvimento deficiente que irão apresentar uma perda de produtividade, que é causada por fatores bióticos ou abióticos. É importante salientar que a estrutura de variação no espaço destes locais não é identificada pelas amostragens de solo e foliar que são realizadas normalmente para fins de recomendação de corretivos e fertilizantes, o que confere as fotografias aéreas um potencial ainda maior no mapeamento diagnóstico de culturas.

O mapeamento por meio de fotografias aéreas e amostragem em campo empregando uma malha amostral apresentaram resultados complementares, pois, a amostragem permitiu conhecer a distribuição do número de larvas/m² na área e as imagens aéreas possibilitaram o mapeamento dos danos à cultura (Figura 5)

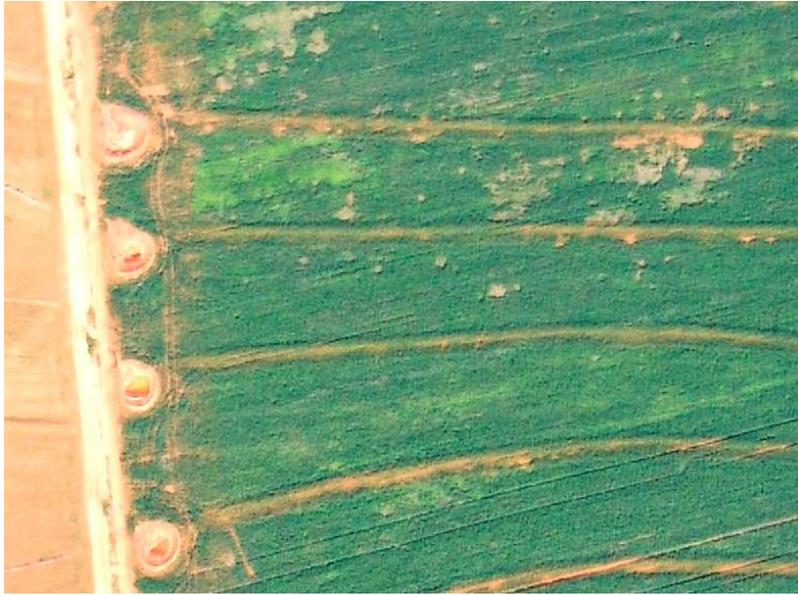


Figura 3: Áreas de desenvolvimento atípico do milho nos topos de terraços e em reboleiras, Planaltina de Goiás, GO.

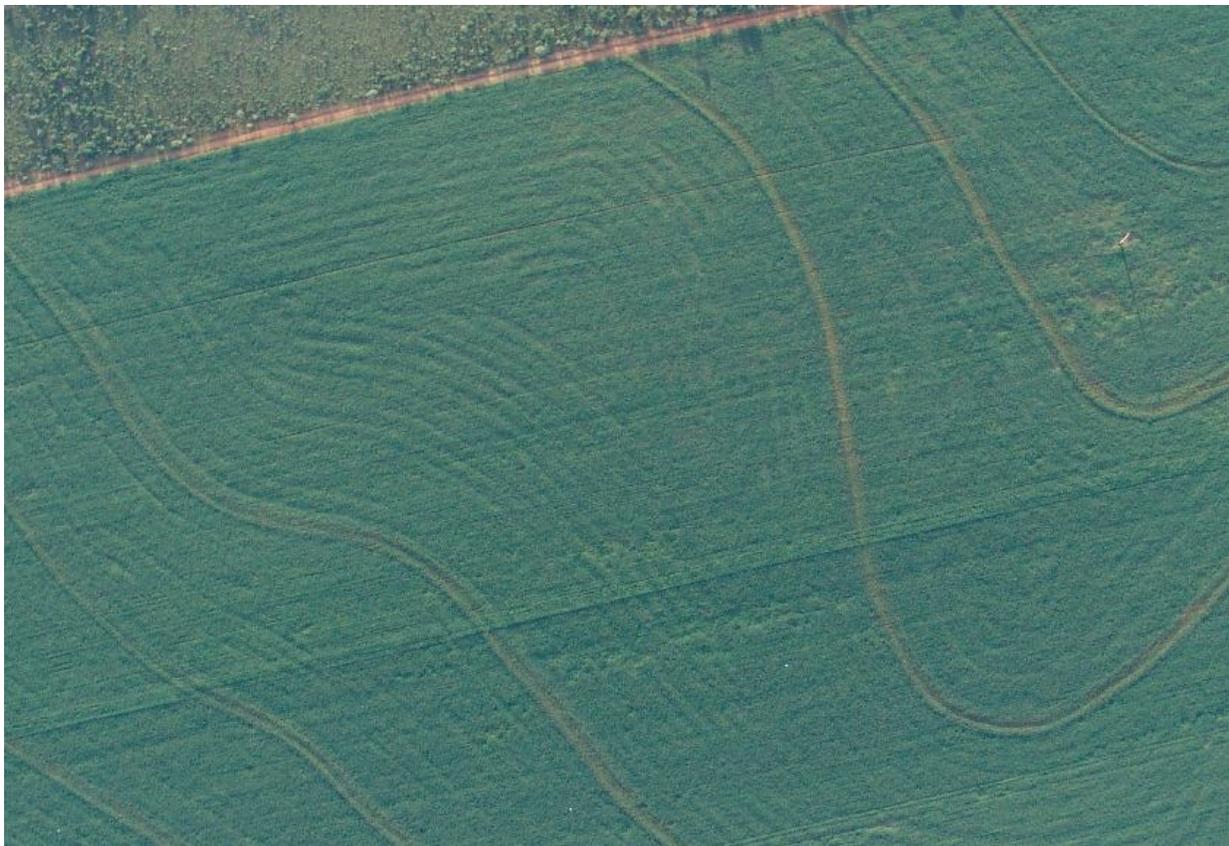


Figura 4: Faixas alternadas de desenvolvimento contrastante (normal e deficiente) do milho, Planaltina de Goiás, GO.



Figura 5: Mapa de danos à cultura de soja provocados pelo coró em lavoura de soja, Planaltina, DF. Índice Exatidão Global de 75%.

Distribuição espacial de insetos rizófagos em soja sob plantio direto

A correlação entre as informações constantes no mapa de danos à soja e as informações resultantes da coleta em campo segundo malha de 15 x 15 m, possibilitou observar que os danos à cultura da soja são perceptíveis a partir de um nível de infestação de 8 larvas/m². Essa relação entre os dois planos informacionais também permitiu observar que nas áreas de soja aparentemente sadia em interface com a soja danificada, a infestação pode chegar 22 larvas/m² sem danos perceptíveis à cultura.

Duas hipóteses podem explicar a alta infestação sem danos aparente à soja nas áreas de interface: a) migração da espécie para área com maior disponibilidade de alimento, b) fase larval do inseto, no período de coleta de dados, correspondente ao início da diapausa larval, onde os insetos cessam a alimentação e conseqüentemente os danos à cultura são menores.

Mapeamento da distribuição espacial de plantas daninhas em áreas de sequeiro

O mapa de distribuição de plantas daninhas está representado na Figura 6. Apesar das distorções a que fotografias aéreas estão sujeitas, o índice de Exatidão Global para o mapa gerado foi de 88,4%, assegurando a confiabilidade deste. Um mapa confiável para aplicação localizada pode otimizar a aplicação de herbicida, reduzir o consumo do mesmo, além de reduzir a contaminação ambiental.

Observou-se, nas áreas cobertas por plantas daninhas, manchas com respostas espectrais distintas (Figura 7) evidenciando a ocorrência de diferentes espécies, conforme observações *in loco*. Isto sugere que fotografias aéreas podem discriminar ou auxiliar na discriminação de grupos de espécies de plantas daninhas.

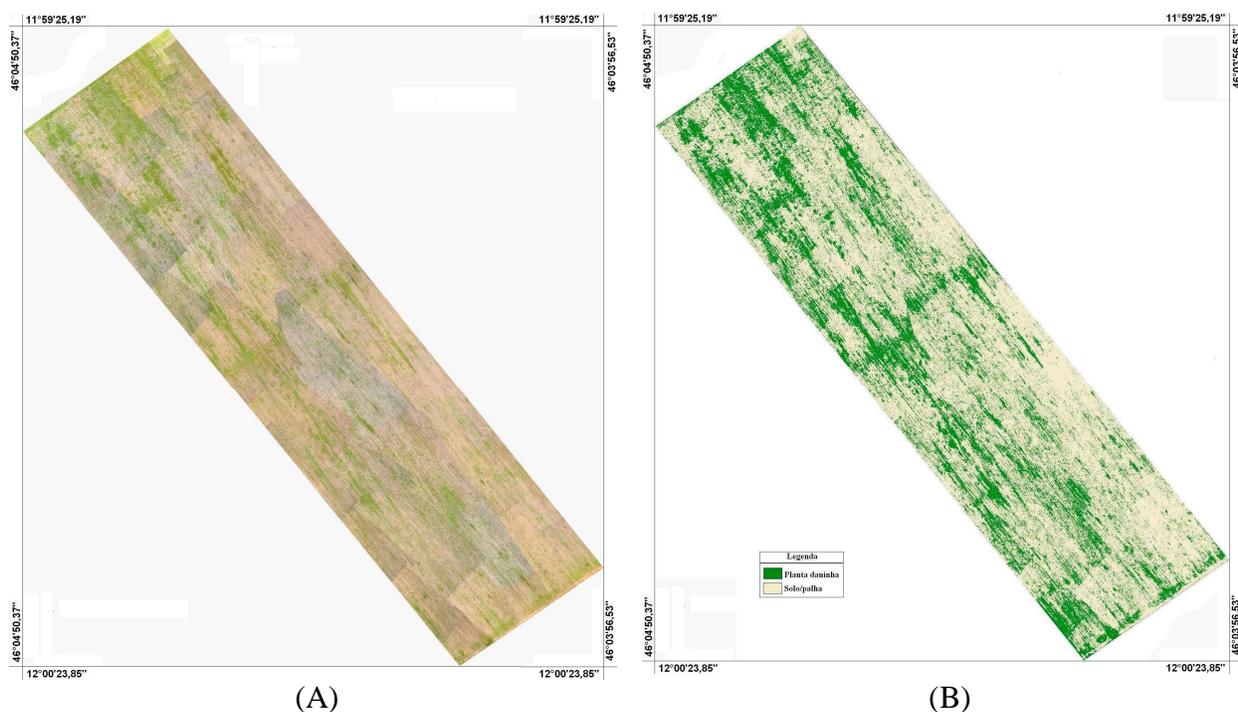


Figura 6: Distribuição de plantas daninhas no sistema milho-soja, período de entre safra, Luís Eduardo Magalhães - BA. (A) fotografias aéreas compondo um mosaico. (B) Mosaico classificado, índice de Exatidão Global igual a 88,4%.

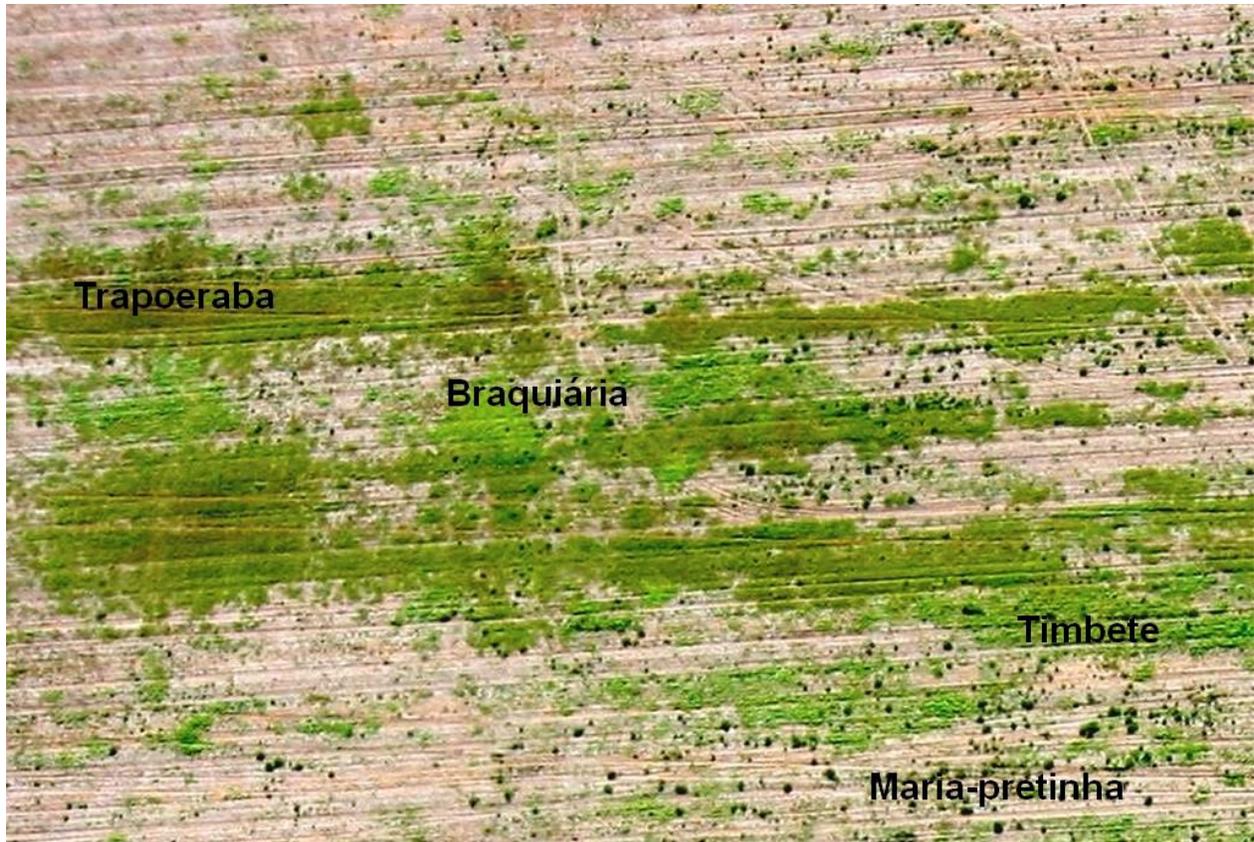


Figura 7: Fotografias aéreas mostrando diferentes grupos de plantas daninhas. Luís Eduardo Magalhães - BA. Maria-pretinha – *Solanum americanum*; Timbete – *Cenchrus echinatus*; Braquiária – *Brachiaria* spp. Trapoeraba – *Commelina benghalensis*.

Mapeamento da distribuição espacial e do nível de infestação de plantas daninhas em áreas irrigadas

A distribuição e os níveis de infestação por plantas daninhas mapeados estão representados na Figura 8.

O índice Exatidão Global para o mapa gerado foi de 71%, índice que, embora, considerado satisfatório na literatura, sugere interferência de fontes de erros cumulativas como a projeção cônica das fotografias aéreas, o desnivelamento da aeronave e o erro de posicionamento do receptor GPS na coleta de dados de campo.

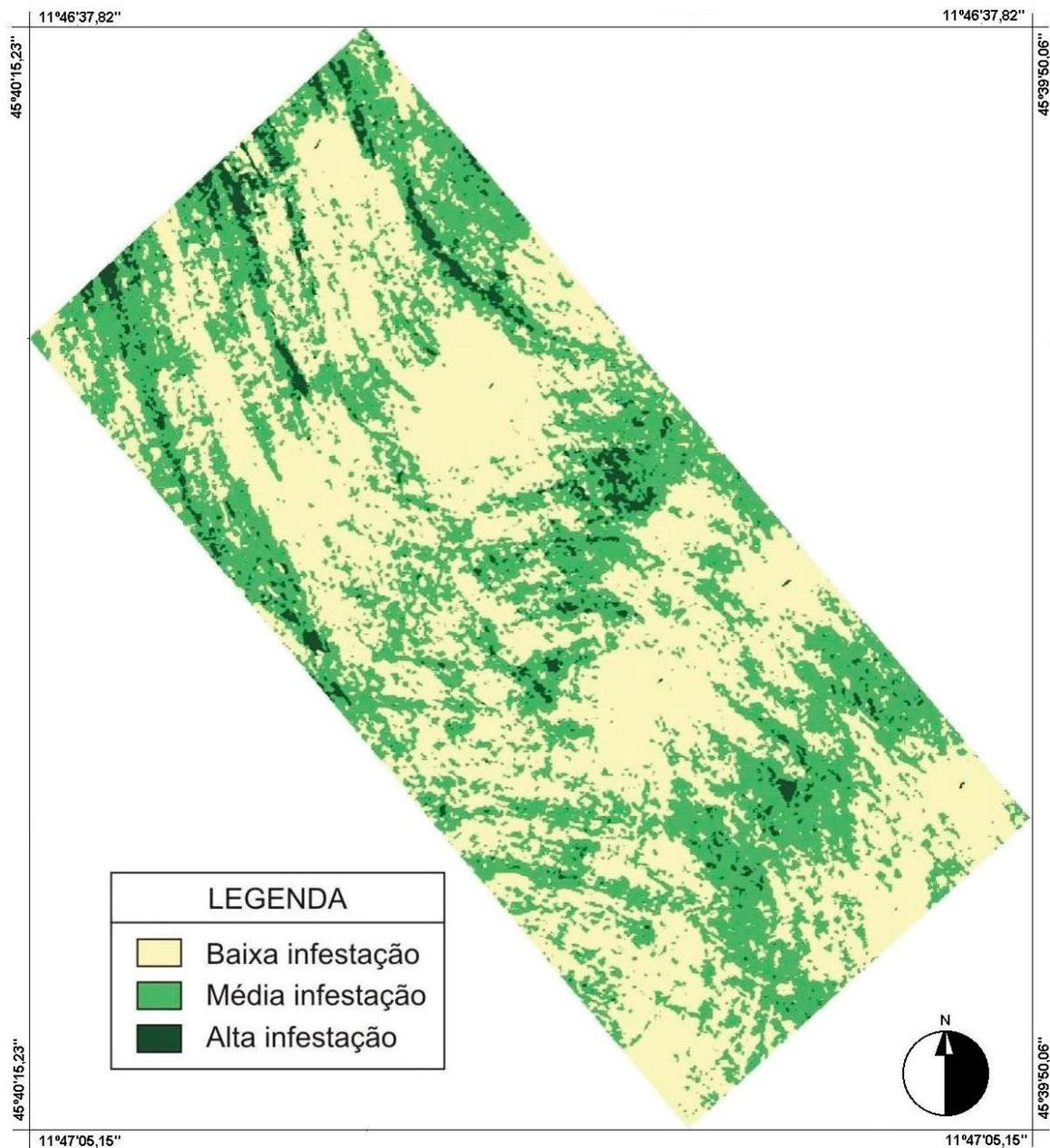


Figura 8: Distribuição e níveis de infestação por plantas daninhas na área experimental, submetidos a um filtro de moda 3x3. Luís Eduardo Magalhães - BA. Índice de Exatidão Global igual a 71%.

Mapeamento de zonas contrastantes de matéria orgânica do solo

O mapa de zonas contrastantes de matéria orgânica do solo baseado nas fotografias aéreas está representado na Figura 9. O índice Exatidão Global para a classificação gerada foi de 83,6%.

A relação visual entre mapa de teores de MOS interpolados por krigagem e o mapa de cor do solo baseado no levantamento aerofotográfico é observada na Figura 10.

Além da matéria orgânica, outros fatores como a concentração de óxido de ferro, não avaliada no presente estudo, podem contribuir para o atributo cor do solo, interferindo no nível de exatidão da classificação.

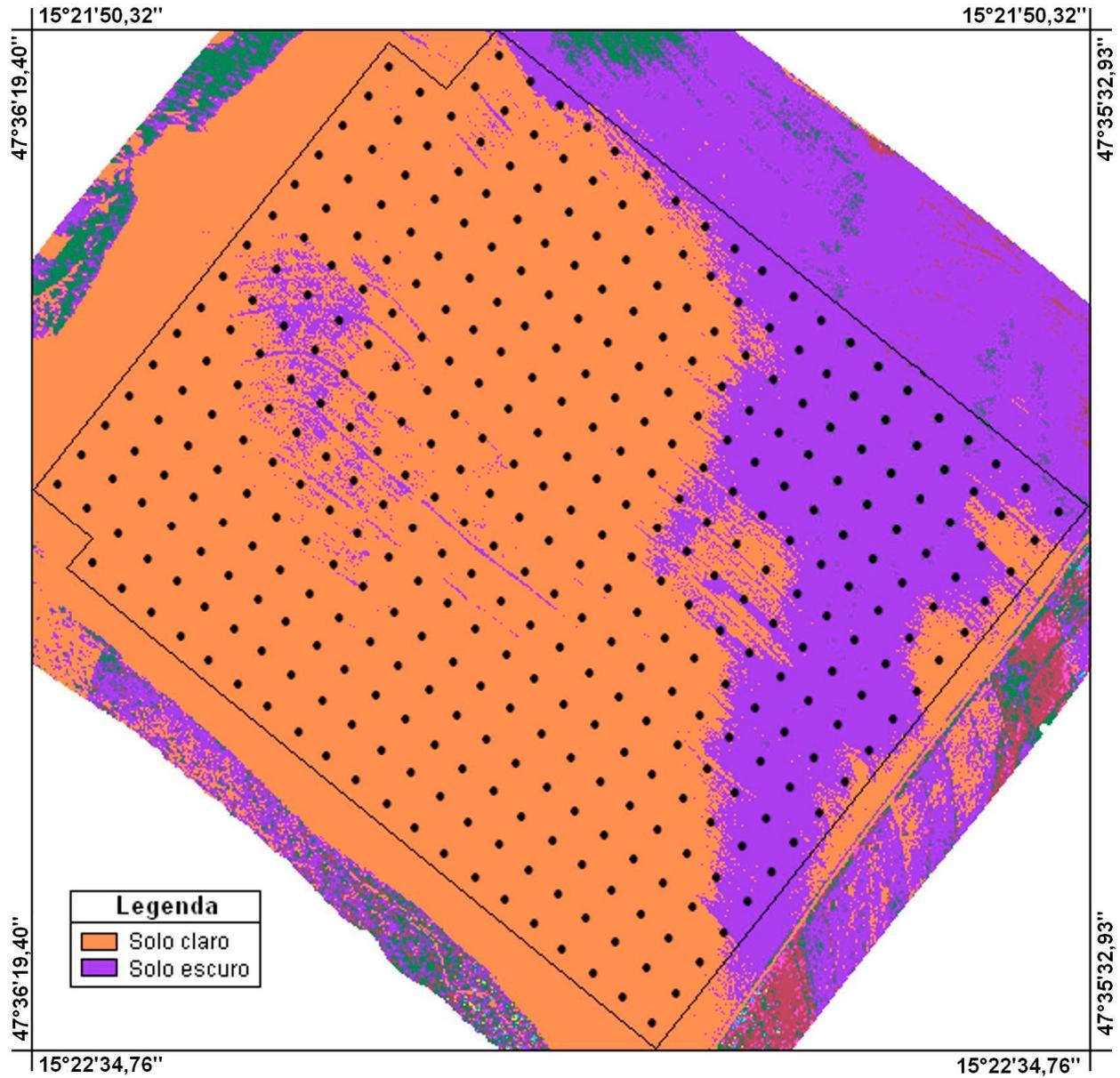


Figura 9. Zonas contrastantes de matéria orgânica do solo e pontos de coleta de amostras, Planaltina de Goiás-Go. Índice de Exatidão Global igual a 83,6%.

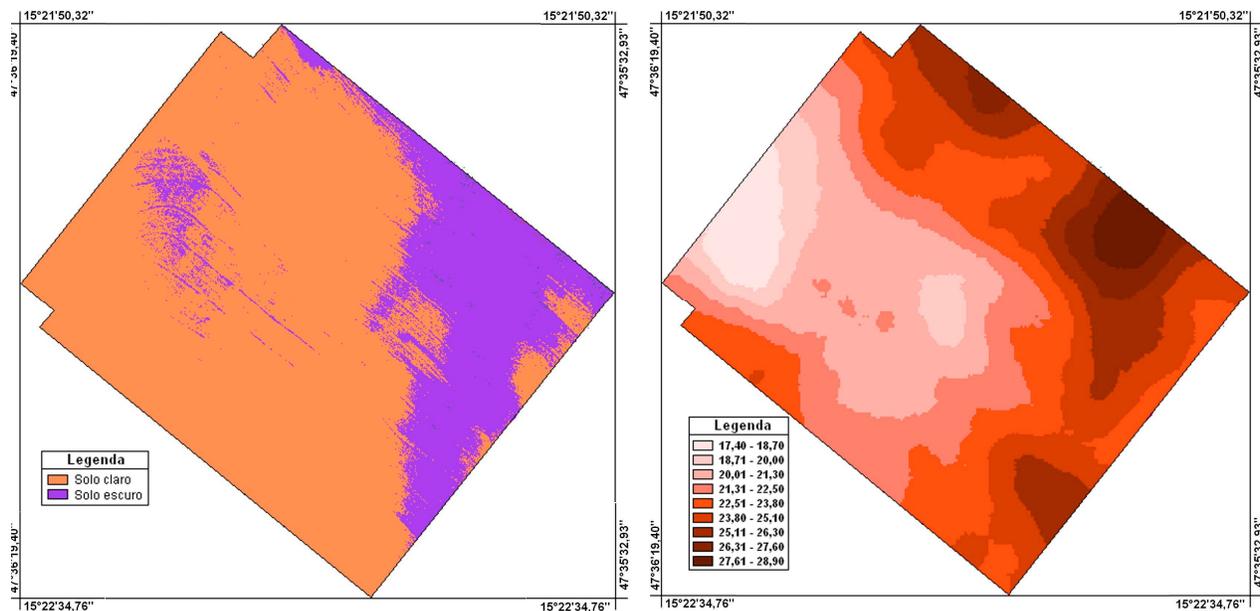


Figura 10. Correspondência visual da imagem classificada de cor do solo (esquerda) e o mapa de teores de MOS (direita), Planaltina de Goiás-Go.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram as potencialidades das fotografias aéreas digitais, não-convencionais no mapeamento e no monitoramento de fatores que afetam a produtividade, no mapeamento diagnóstico de culturas, no direcionamento de amostragens de solo e planta e delimitação de possíveis zonas de produtividade, ou de potencial de resposta à adubação.

Os levantamentos aéreos não convencionais podem reduzir o trabalho e o tempo necessários aos levantamentos de campo, e ainda complementar os dados levantados, possibilitando a obtenção de mapas de distribuição espacial de fatores diversos, a um nível de exatidão que permita a adoção de medidas corretivas e, ou, preventivas pontuais.

Especificamente em relação às plantas daninhas, as fotografias aéreas podem discriminar grupos de espécies de plantas daninhas, desde que aperfeiçoada e metodologia de obtenção das fotografias aéreas não convencionais e dos dados auxiliares.

LITERATURA CITADA

BRITES, R. S. Verificação de exatidão em classificação de imagens orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão. Viçosa: UFV, 1996. 101p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

CAMPBELL, J.B. Introduction to remote sensing. New York: The Guilford, 1987. 551p.

CARVER, A. J. Fotografia aérea para planejadores de uso da terra. Trad. Ruth Ferraz Amaral. Brasília: MA/SNAP/SRN/CCSA, 1988. 77p.

CHANG, J.; CLAY, S.A.; CLAY, D.E.; DALSTED, K. Detecting weed-free and weed-infested areas of a soybean field using near-infrared spectral data. *Weed Science*, v52: p.642-648. 2004.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja doutor do seu milho – Nutrição e adubação. *Arquivo do Agrônomo*, n.2, p.1-9, 1995.

COSTA, T.C.C.; BRITES, R. S. A influência do tamanho da amostra de referência na exatidão de classificação de imagens de sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Cartografia*, nº56/02, p.151-155. 2004.

GANAN, J.R.; ROCHA, J.V. MERCANTE, E.; ANTUNES, J.F.G. Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Goiânia, 16-21 abril 2005, INPE, p. 549-555.

GASSEN, D. N. Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil. Passo Fundo: Embrapa/CNPT. 1989. 49 p.

GASSEN, D. N. As pragas sob plantio direto nos cerrados. In: Cabezas, W. A. R. L.; Freitas, P. L. Plantio direto na integração lavoura-pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 123-143.

JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 316p.

KOGER, C. H.; SHAW, D.R.; REDDY, K N.; BRUCE, L.M. Detection of pitted morning-glory (*Ipomea lacunosa*) with hyperspectral remote sensing. II. Effects of vegetation ground cover and reflectance properties. *Weed Science*, 52:230-235. 2004

LAMB, D.W.; BROWN, R.B. Remote-sensing and mapping of weed in crops. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Disponível em <http://www.idealybrary.com>. 2000

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation*. 2ed. Chichester: John Willey & Sons, 1994. 740p.

LOBÃO, J.S.B.; FRANÇA-ROCHA, W.J.S.; SILVA, A.B. aplicação dos índices KAPPA E PABAK na validação de classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Goiânia, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1207-1214.

OLIVEIRA, L. J.; GARCIA, M. A.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; SOSA-GOMEZ, D. R.; FARIAS, J. R. B.; CORSO, I. C. Coró-da-soja *Phyllophaga cuyabana*. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. 30 p. (Embrapa-CNPSO, Circular Técnica, 20).

OLIVEIRA, L. J.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; GARCIA, M. A. Effect of soil management on the white grub population and damage in soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 5, p. 887-894, 2000.

RESENDE, A.V.; KRAHL, L.L.; SHIRATSUCHI, L.S.; GOEDERT, W.J.; DÖWICH, I. Diagnóstico nutricional de uma lavoura de soja a partir de informações georreferenciadas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 33p. 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 145).

SOARES, V. P. Landsat thematic mapper and C-band radar satellite data to characterize Eucalyptus forest plantations in Brazil. Fort Collins: CSU, 1994. 187p. Tese (Doutorado em Filosofia) - Colorado State University, 1994.