

Importância das imagens de radar no mapeamento de solos da Folha SE.22 Goiânia*

Zebino Pacheco do Amaral Filho**

Resumo

O Projeto RADAMBRASIL utilizou, na sua metodologia para o mapeamento dos recursos naturais do Brasil, abrangendo uma área de 8 512 965 km², as imagens de radar. A conclusão dos trabalhos no período de 1970 a 1985 demonstra claramente a eficiência do uso deste sensor remoto no mapeamento dos recursos naturais de uma região. Os conhecimentos acumulados mostram que os significados dos elementos interpretativos são variáveis de uma região para outra, tornando desaconselhável generalizações. Assim, com o objetivo de demonstrar a importância das imagens de radar no mapeamento dos solos, foi escolhida a Folha SE 22 Goiânia, situada na Região Centro-Oeste do Brasil, descrevendo-se a metodologia empregada e destacando, através de padrões de imagens, alguns aspectos dos elementos interpretativos visíveis e possíveis de serem deduzidos nas imagens de radar. Ressalta-se, ainda, a visão sinóptica oferecida pelas imagens de radar, o que possibilita a comparação simultânea de superfícies a grandes distâncias, a nitidez com que os elementos interpretativos aparecem refletidos nas imagens e a possibilidade de utilização por equipes técnicas com variados níveis de especialização.

Palavra-chave: Imagens de radar, mapeamento, solo

Introdução

Através da Portaria nº 2 048, de 29 de outubro de 1970, o Ministério das Minas e Energia criou a Comissão de Levantamento Radargramétrico da Amazônia - CRADAM, atribuindo-lhe a responsabilidade de proceder o levantamento das potencialidades naturais de uma área de aproximadamente 1 500 000 km², localizada na região de influência da Rodovia Transamazônica. Os trabalhos foram concluídos e, pelo sucesso do método utilizado, principalmente em razão da qualidade das respostas obtidas, a área original de 1 500 000 km² foi sendo acrescida de outras até atingir a totalidade do Território Nacional, passando então a ter a denominação de Comissão Executora do Projeto RADAMBRASIL, consoante o Decreto nº 76.040, de 29 de julho de 1975 (PROJETO RADAMBRASIL, 1984).

Abstract

The Project Radambrasil used in its methodology for the mapping of Brazil's natural resources, comprehending an area of 8 512 965 km², images of radar. The conclusion of the works from 1970 to 1985 clearly shows the efficiency of this sensor in the mapping of a region's natural resources. Studies have shown that the meaning of the interpretative elements vary from region to region, generalization are not advisable. With the objective of showing the importance of radar images in the soil mapping, the Folha SE 22 Goiânia, situated in Brazil's middle-west region, was chosen, describing the methodology used and detaching through images patterns some aspects of the interpretative elements which are visible and possible to be deducted through radar images. Its usage makes possible the simultaneous comparison of surfaces in long distances, the interpretative elements are reflected with neatness, and technicians with different specialization levels can use it.

Key words: Radar Images Mapping Soil

O instrumento selecionado entre os diversos sensores remotos existentes foi o Radar de Visada Lateral - SLAR, tendo em vista a dificuldade de ser conseguido um imageamento homogêneo, devido à incidência de nuvens e de precipitações pluviométricas intermitentes na Região Amazônica. Este sensor é capaz de atender às exigências do registro das feições naturais em imagens ininterruptas e homogêneas, em tempo relativamente curto, sem depender das condições atmosféricas para o planejamento de vôos e tomada de imagens, podendo também serem obtidas, com as mesmas características, à noite. O material básico, e principal instrumento na elaboração dos mapas temáticos, consta de imagens de radar em mosaicos semicontrolados e faixas de imagens de radar para estudos em estereoscopia, na

* Recebido para publicação em 6 de setembro de 1994

** Engenheiro Agrônomo, Especialista em Fotointerpretação aplicada ao Estudo de Solos, IBGE/DGC/DIGEO-CO

escala de 1:250 000. Individualmente, cada mosaico corresponde a uma área de 1° x 1°30' (cerca de 110 km x 165 km) e abrange cerca de 18 000 km² de superfície (INFORMAÇÕES..., 1981).

A eficiência da metodologia fica demonstrada pela conclusão do mapeamento dos recursos naturais de todo o Território Nacional, abrangendo uma área de 8 512 965 km², no período de 1970 a 1985. Os resultados destes estudos encontram-se em 38 relatórios, tendo proporcionado uma média de publicação de um relatório a cada cinco meses, aproximadamente.

Durante as atividades de mapeamentos de solos com o uso de imagens de radar tem-se observado a sua grande utilidade, especialmente pela nitidez com que os elementos interpretativos encontram-se refletidos nas imagens e pela possibilidade de utilização por equipes técnicas com variados níveis de especialização.

A fotointerpretação é o estudo das imagens dos objetos fotografados e as deduções de seus significados. Quanto maior a nitidez dos elementos interpretativos, maior a possibilidade de compreensão das paisagens, sua complexidade e as relações com os solos da região. Segundo Van der Weele (*apud* VINK, 1963), entre outros autores, as distintas fases de fotointerpretação compreendem o reconhecimento ou identificação, análises, dedução e classificação ou idealização, sendo a última fase a fotointerpretação propriamente dita. Goosen (1968) cita três métodos principais de fotointerpretação para levantamentos de solos: análises de padrões, análises de elementos e análises fisiográficas. Segundo este mesmo autor, "a diferença entre os três métodos e seus usos é algo artificial. Na prática pode ser usada uma mescla dos três métodos e isto depende da maneira como será executado o levantamento, do conhecimento disponível e da experiência do pessoal. Num reconhecimento de solos muito geral, pode bem ser necessário usar uma ampla análise fisiográfica permanente para determinar a divisão fisiográfica das paisagens. Posteriormente, em cada paisagem, pode-se estudar em detalhe áreas de amostragens pelo método de análises de elementos. Isto resulta no estabelecimento de chaves para seguir, através de análise de padrões, o mapeamento do restante da área".

De modo geral, nos trabalhos desenvolvidos pela equipe de Pedologia do Projeto RADAMBRA-SIL, a mescla destes métodos é adotada nas interpretações das imagens de radar, com graus e variações em função da complexidade da área e da experiência da equipe técnica.

A programação das etapas de levantamento assemelha-se ao que Vink (1963) denominou de Método de Interpretação Ajustada, havendo uma combinação permanente da fotointerpretação e trabalho de campo durante o mapeamento dos solos. Com isso, proporciona aos técnicos uma oportunidade muito grande na acumulação de conhecimento das relações entre os padrões das imagens de radar e as unidades de mapeamento de solos.

A fotointerpretação é uma ciência muito difícil de ser assimilada e transmitida, tendo em vista que os fenômenos, aparentemente similares, podem, nas imagens fotográficas, serem polinterpretaáveis, dependendo das variações de conhecimento e capacidade dedutiva do fotointérprete.

Nos estudos desenvolvidos pelo Projeto RADAMBRA-SIL, tem-se observado que os significados dos elementos interpretativos são muito variáveis de uma região para outra, exigindo muita perspicácia do fotointérprete e tornando desaconselhável generalizações. Dessa maneira, escolheu-se a Folha SE.22 Goiânia, situada na Região Centro-Oeste do Brasil, com o objetivo de demonstrar a importância das imagens de radar no mapeamento de solos, através de padrões de imagens que mostram alguns aspectos dos elementos interpretativos visíveis ou possíveis de serem deduzidos nas imagens de radar. Constitui o tema de palestra proferida na mesa-redonda "Sensoriamento Remoto Aplicado a Levantamentos Pedológicos e Uso da Terra", do XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

Deve-se ressaltar que, através do Decreto nº.91.295, de 31 de maio de 1985, o Projeto RADAMBRA-SIL passou a integrar a estrutura da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Metodologia do levantamento

As várias etapas que compõem as atividades de mapeamento da Folha SE 22 Goiânia foram descritas, seguindo-se, em linhas gerais, a mesma metodologia empregada em outros trabalhos realizados pelo Projeto RADAMBRA-SIL (NOVAES et al., 1983).

Trabalhos de escritório

Após as pesquisas bibliográficas, procedeu-se à interpretação preliminar, tendo como material básico os mosaicos semicontrolados de imagens de radar na

escala 1:250 000, onde unidades morfológicas foram separadas em função do relevo, sistema de drenagem, vegetação, geologia, tonalidade e textura da imagem.

Depois dos trabalhos de campo, já de posse das informações relativas às associações de solos e de suas correlações com os padrões de imagens, executou-se a reinterpretação dos mosaicos, onde foi possível delimitar, com precisão, as áreas que constituem as unidades de mapeamento, unidades estas que, na dependência da complexidade do ambiente, são constituídas por uma ou mais classes de solos, dispostas em ordem decrescente de acordo com o seu percentual de ocorrência.

As áreas não percorridas nos trabalhos de campo foram mapeadas através de extrapolações, comparando-as com padrões de imagens semelhantes, sendo também utilizados os dados geomorfológicos, geológicos e de vegetação. Posteriormente, os delineamentos foram reduzidos para a escala final de 1:1 000 000 e lançados numa base planimétrica *blue-line*.

A última etapa dos trabalhos de escritório consistiu na elaboração do relatório de solos.

Trabalhos de campo

Devido à boa infra-estrutura rodoviária da região, os trabalhos de campo foram muito facilitados e puderam ser realizados exclusivamente através de operações terrestres¹.

Com o auxílio da interpretação preliminar das imagens de radar e de cópias ofsete na escala 1:250 000 e as respectivas bases cartográficas, procurou-se percorrer todas as estradas e caminhos julgados necessários. Com isto, pôde-se obter o maior número possível de informações referentes às classes de solos e declividade, susceptibilidade do solo à erosão, uso da terra e principalmente a relação entre a ocorrência do solo, a forma e posição do relevo e o material geológico.

Nos locais mais representativos dentro de uma paisagem, foram feitas coletas de solo para análise completa ou para avaliação da fertilidade, dando-se preferência, quando presente, aos cortes de estrada, onde as características do perfil puderam ser melhor analisadas. Na coleta de amostras, também foi muito utilizado o trado de caneco tipo *orchard*, sendo o tipo "holandês" mais especificamente usado na retirada de material para observações de cor e textura.

Foram coletadas, para melhor caracterização das classes de solos, 838 amostras relativas a 187 perfis e mais 107 amostras referentes a 54 pontos para análise de fertilidade. Auxiliaram ainda para avaliação da área 65 perfis amostrados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e 29 perfis da Secretaria de Agricultura do Estado de Goiás.

Os perfis coletados foram descritos de acordo com os critérios estabelecidos em *Soil taxonomy*, de 1975, e da EMBRAPA (REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 1979), sendo ainda utilizada a Carta de Munsell para determinação da cor do solo.

Considerações sobre a interpretação das imagens de radar

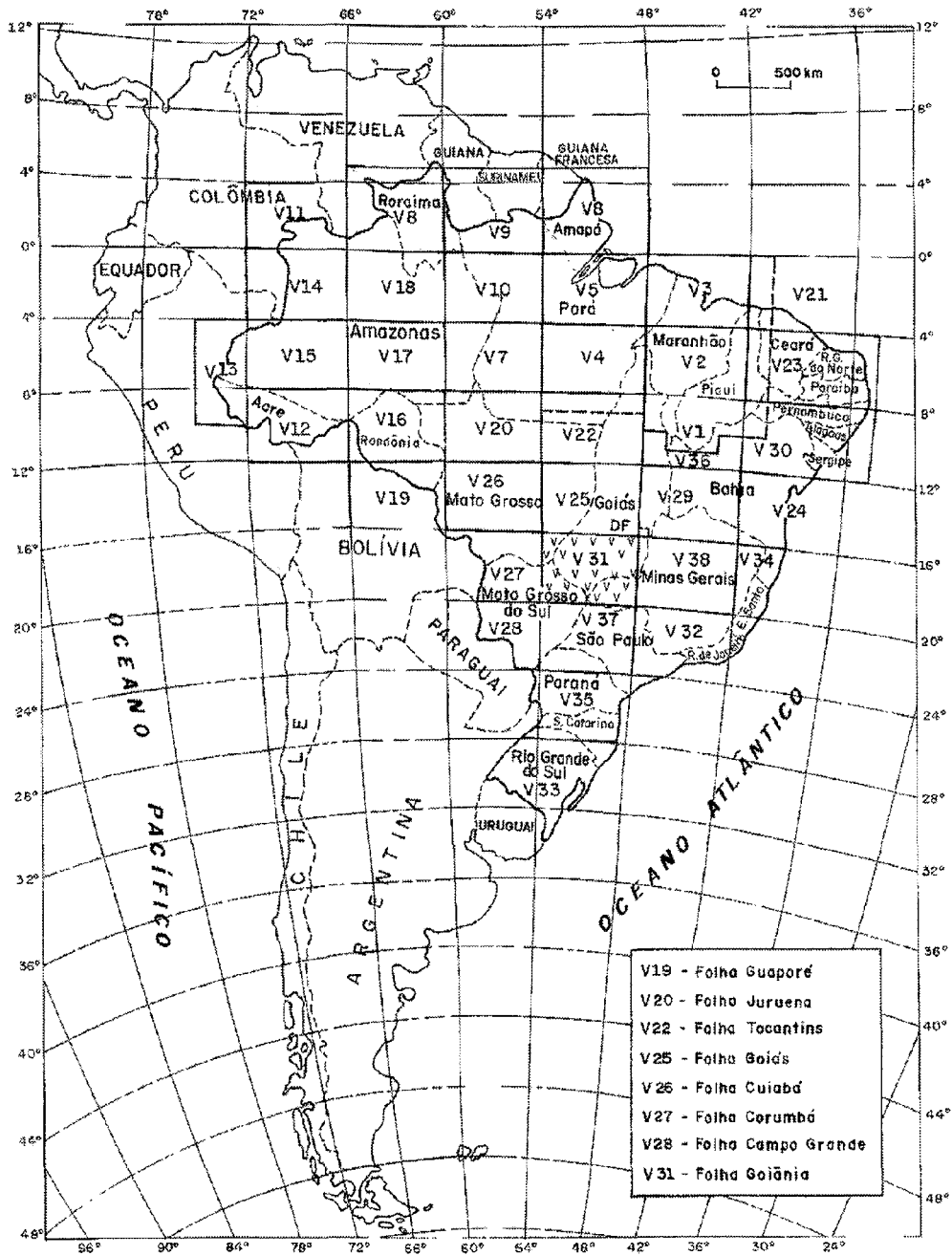
No decorrer dos trabalhos executados pelo Projeto RADAMBRASIL, gradativamente foi sendo desenvolvida uma utilização peculiar de imagens de radar para o estudo dos recursos naturais de uma região, tendo em vista o fato de os trabalhos feitos abrangerem concomitantemente as pesquisas de solos, vegetação, geomorfologia, geologia e uso potencial da terra, os quais, no geral, dependendo da região, podem, sobre vários aspectos, encontrar-se intimamente relacionados. Ademais, por ser um projeto de abrangência nacional de caráter sistemático, as informações obtidas no estudo de uma área podem ser transferidas às seguintes, e, assim, também aumentar gradativamente o conhecimento das variações dos padrões refletidos nas imagens.

O Projeto RADAMBRASIL, com sede central em Salvador - Bahia, criou bases de apoio para a execução das atividades de Levantamento de Recursos Naturais, situadas em Natal (RN), Rio de Janeiro (RJ), Florianópolis (SC) e Goiânia (GO), tendo constante intercâmbio de informações, quando necessário. Coube à Base de Apoio de Goiânia atuar numa área de 1 833 452 km², correspondente às Folhas SD 20 Guaporé, SC 21 Juazeira, SC 22 Tocantins, SD 22 Goiás, SD 21 Cuiabá, SE 21 Corumbá, SE 21 Campo Grande e SE 22 Goiânia (Figura 1).

Por ocasião da execução dos trabalhos da Folha SE.22 Goiânia, as outas circunvizinhas já estavam com as atividades de interpretação de imagens de radar, observações de campo e relatórios concluídos.

¹ Em áreas situadas na Região Amazônica, os locais de observações e coletas de materiais eram atingidos principalmente através de missões aéreas com aviões ou helicópteros, penetrações fluviais com barcos e canoas e picadas abertas na selva.

Figura 1 - Localização da área



Informações obtidas nas Folhas SD.21 Cuiabá, SD 22 Goiás, SE 21 Corumbá e SE.21 Campo Grande poderiam ser utilizadas nos estudos da Folha SE.22 Goiânia, além, logicamente, das pesquisas bibliográficas dos trabalhos já existentes e, no decorrer das atividades, da troca de informações interdisciplinares, entre as outras divisões do Projeto RADAMBRASIL.

Portanto, ao começar as atividades já existia um acúmulo de conhecimento das variações dos padrões de imagens de radar e suas relações de importância na definição dos elementos interpretativos com maiores significados para o traçado de limites das unidades de mapeamento. Isto porque o reconhecimento e a identificação dos elementos topográficos, sejam objetos artificiais ou naturais,

são efetuados por todo usuário de fotografias aéreas, sempre e quando se trata de objetos dentro do campo de experiência e conhecimento geral do homem Vink (1963) refere-se a esse conhecimento como “nível de referência”

Para melhor compreensão das futuras demonstrações de resultados, será transcrita aqui a caracterização geral da área abrangida pela Folha SE 22 Goiânia, feita por Novaes e outros (1984)

“Situa-se na Região Centro-Oeste do Brasil, limitada pelos paralelos 16° e 20°S e pelos meridianos 48° e 54° WGr, compreendendo grande parte do Estado de Goiás e pequena porção dos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, perfazendo um total de 281.212 km²

Com exceção da área localizada a oeste do rio Sucuriú, no Estado do Mato Grosso do Sul, e a oeste do Município de Toixoréu, em Mato Grosso, possui um bom sistema rodoviário, destacando-se as BRs-050, 060, 153, 158, 306, 364, 365, 414 e 452, as GOs-54, 060, 080 e 194, a MT-530 e as MSs-240, 310 e 377 como as de maior importância, por serem responsáveis pelo escoamento de maior parte da produção agrícola

A pecuária é a atividade mais evidente na região e, no tocante à agricultura, destacam-se os Municípios de Nerópolis e Inhumas como produtores de alho, o sudoeste Goiano, Vale do Paranaíba e Triângulo Mineiro, onde se cultivam de modo significativo o arroz, milho, soja, cana-de-açúcar, café, algodão e, mais especificamente, o Município de Tupaciguara, com o abacaxi

O relevo regional é favorável ao uso de implementos e máquinas agrícolas, havendo predominância de relevo plano e suave ondulado

Os Latossolos são os solos de maior ocorrência, seguidos dos Podzólicos e Cambissolos, destacando-se por seu potencial agrícola o Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico e os solos originados do basalto, como o Latossolo Roxo e a Terra Roxa Estruturada. No geral, observou-se que a variação das classes de solos está relacionada à diversificação das feições geomórficas e das litologias

Foram identificadas quatro unidades geomorfológicas: o Planalto Central Goiano, os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, representados na região pelo Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, o Planalto dos Guimarães (Alcantilados) e a Depressão do Ataguia

O Planalto Central Goiano abrange a parte nordeste da área mapeada e foi esculpido em litologias do Complexo Goiano (gnaisse, anfíbolitos, granulitos e granitos), originando Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo, os dois últimos estreitamente relacionados às rochas anfíbolíticas; do Grupo Araxá (micaxistos e quartzitos), dando origem ao Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e solos Litólicos; da Formação Canastra (quartzitos puros ou serfíticos), Formação Ibiá (calcaxistos e micaxistos); e do Grupo Bambuí (calcários, margas e argilitos),

onde são encontrados principalmente solos Litólicos e Cambissolos; e, finalmente, testemunhos de coberturas terciárias, com Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário e Latossolo Vermelho-Escuro

Os Latossolos são encontrados em relevo plano e suave ondulado; os solos Litólicos em relevo forte ondulado e principalmente em relevos residuais; os demais em relevo bastante diversificado, variando de suave ondulado a forte ondulado, predominando o ondulado

O Planalto Setentrional da Bacia do Paraná abrange praticamente toda a parte sul do mapeamento, tendo início aproximadamente desde o paralelo 17°S, correspondente a mais de 50% da área total. Foi esculpido predominantemente nos arenitos da Formação Botucatu, os quais originam solos bastante arenosos, como as Arcias Quartzosas, e secundariamente o Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, todos com textura média; nos basaltos da Formação Serra Geral, originando Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Terra Roxa Estruturada latossólica; e, nas bordas dos planaltos ou proximidades de afloramentos de rochas, os solos Litólicos e Cambissolos, todos apresentando como características marcantes e herdadas deste material originário o alto teor de óxido de ferro (Fe₂O₃) e forte atração das partículas dos solos pelo ímã; nos arenitos do Grupo Bauu, que originam predominantemente o Latossolo Vermelho-Escuro e, com menor frequência, as Arcias Quartzosas e o Latossolo Vermelho-Amarelo, quando não há influência calcifera, e o Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo e solos Litólicos, nas áreas com influência calcifera, todos com textura média, ou arenosa, como é o caso das Arcias Quartzosas, as quais podem também estar relacionadas a sedimentos, uma vez que a área foi submetida a processos intensivos de pediplanação; e finalmente a parte mais superior desta paisagem, constituída por uma cobertura detrito-lavástica, onde são encontrados o Latossolo Vermelho-Escuro e o Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos de textura argilosa e muito argilosa

No geral, o relevo é plano e suave ondulado, ocorrendo com menor frequência os relevos ondulado e forte ondulado, relacionados à Terra Roxa Estruturada, e mesmo o escarpado, nas bordas de planaltos e testemunhos de arenito calcífero, com solos Litólicos e Afloramentos Rochosos

Observou-se que a relação entre os materiais geológicos e os agrupamentos de solos é muito grande nesta paisagem, havendo uma importância mútua no mapeamento geológico e pedológico, fato este comprovado por Amaral Filho e Carvalho (1982) no trabalho *Importância da pedologia no mapeamento geológico do Triângulo Mineiro*, ainda não publicado

O Planalto dos Guimarães, encontrado ao noroeste, abrange dois patamares distintos. O mais elevado apresenta-se bastante dissecado e foi esculpido sobre arenitos da Formação Aquidauana. A ocorrência dos solos está condicionada à forma de relevo. No relevo mais aplanado, são encontrados Arcias Quartzosas, Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo; no relevo ondulado, Podzólico Vermelho-Amarelo e Cambissolo;

no relevo forte ondulado, Solos Litólicos e Cambissolos. Já o patamar mais rebaixado apresenta-se menos dissecado e abrange litologias diversificadas, representadas predominantemente pelos arenitos da Formação Furnas, originando Areias Quartzosas e Solos Litólicos e arenitos, siltitos e folhelhos da Formação Ponta Grossa, com Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolo e solos Litólicos. Localmente, ocorrem rochas intrusivas, hipabissais e alcalinas do Grupo Iporá, originando Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Similar.

A Depressão do Araguaia compreende uma superfície rebaixada suavemente dissecada em formas tabulares e convexas. Foi esculpida principalmente sobre litologias do Complexo Goiano e Grupo Araxá, cuja distribuição dos solos assemelha-se ao visto no Planalto Central Goiano, na mesma litologia.

A vegetação dominante é do tipo Savana (Cerrado), ocorrendo também Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Áreas de Tensão Ecológica.

Quanto ao clima, na região ocorrem dois domínios climáticos, um ao norte, com um período seco de cinco meses, e outro ao sul, com três a quatro meses de seca.

Os totais pluviométricos anuais oscilam entre 1300mm e 1750mm. Há uma diminuição nos totais pluviométricos de modo geral na direção sudeste. No período de maio a setembro, eles diminuem consideravelmente em toda a área.

A temperatura média varia de 18°C a 20°C durante o ano. No período de maio a agosto, as médias declinam de 20° e, mesmo em alguns locais, chegam a menos de 18°C. As máximas absolutas são altas, de 35°C a 40°C.

A média das mínimas fica entre 16°C e 18°C; de maio a agosto elas estão abaixo de 15°C, caracterizando quatro meses com presença de frio, raramente atingindo menos de 10°C.

A umidade relativa tem uma variação sazonal marcada. A média mensal fica em torno de 50% a 60% nos meses mais secos; somente na estação das chuvas é que ultrapassa 80%.”

Na metodologia empregada pelo Projeto RADAMBRASIL, as atividades de mapeamento de solos basicamente consistem numa interpretação preliminar das imagens de radar, sucedida de observações de campo. De posse das informações de campo, é feita uma reinterpretação. Assim, gradativamente há um aumento considerável de conhecimento das relações as unidades de paisagens, distribuição dos solos e principalmente das características apresentadas nos padrões de imagens de radar.

Conforme já foi referido anteriormente, quando iniciadas as atividades de interpretação preliminar das imagens de radar na Folha SE.22 Goiânia, muitas relações entre os padrões de ima-

gens e possíveis unidades de mapeamento de solos já estavam estabelecidas, sendo herdadas das Folhas SD 22 Goiás, SD.21 Cuiabá, SE.21 Corumbá e SE.21 Campo Grande.

A região situada ao norte compreende o prolongamento das paisagens estudadas nas folhas circunvizinhas. As informações acumuladas dos padrões de imagens do “chapadão” (cobertura detrito-laterítica), quanto a sua forma de relevo, sistema de drenagem, posição altimétrica, textura e tonalidade de imagem, tamanho das parcelas do uso agrícola, observados na Folha SD.21 Cuiabá e SD.22 Goiás, poderiam ser utilizadas também na Folha SE.22 Goiânia.

Na região localizada ao sul, ainda que pudessem ser usadas as informações obtidas na Folha SE.21 Corumbá e SF21 Campo Grande, haveria necessidade de maiores estudos das relações entre os padrões de imagens e as unidades de mapeamento dos solos.

As características apresentadas pelas unidades geomórficas permitem dividir a Folha SE.22 Goiânia em duas partes, quanto à orientação a ser tomada, para a interpretação das imagens de radar: uma situada ao norte, abrangendo o Planalto dos Guimarães, o Planalto Central Goiano e a Depressão do Araguaia, e a outra ao sul, representada pelos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Na região situada ao norte, a forma de relevo é o elemento interpretativo de maior peso na definição dos limites traçados, secundada pela posição altimétrica do relevo e densidade de drenagem. Cada grande unidade fisiográfica tem as unidades de mapeamentos dos solos comumente compostas de duas ou três classes de solos, individualizadas principalmente em função da forma de relevo. Este elemento interpretativo tem uma ótima visibilidade e relativa facilidade de identificação e individualização nas imagens de radar, quando usadas estereoscopicamente, ou mesmo, em certos casos, sem instrumentos fotogramétricos. As Figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram alguns aspectos da forma de relevo e a importância da imagem de radar no traçado dos limites das unidades de mapeamento dos solos.

Na Figura 2, o padrão de imagem da unidade LVd3, com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, textura média, e Areias Quartzosas distróficas A moderado, ambos com

relevo plano e suave ondulado, contrasta com o padrão de imagem da unidade PVa4, com Podzólico Vermelho-Amarelo álico, argila de atividade baixa A moderado, textura média, relevo suave ondulado e ondulado, Cambissolo álico, argila de atividade baixa A moderado, textura média, relevo suave ondulado, e Areias Quartzosas álicas A moderado, relevo suave ondulado

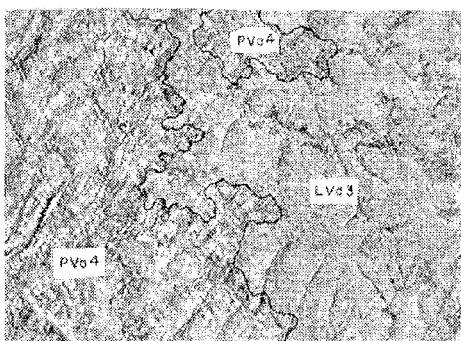
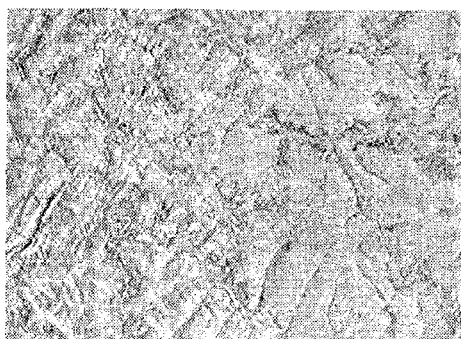


Figura 2 - Padrão de imagem de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVd3), contrastando com o Padrão de Podzólico Vermelho-Amarelo, que revela maior dissertação (PVa4). Folha SE 22-V-A

Na Figura 3 destaca-se a separação entre a unidade PE7, com Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, argila de atividade baixa A chernozêmico, textura média/argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, e Terra Roxa Estruturada eutrófica A chernozêmico, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado, e a unidade LRD5, com Latossolo Roxo distrófico A moderado, textura argilosa e Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado, textura argilosa, ambos com relevo plano e suave ondulado

Nas Figuras 4 e 5, o contraste dos padrões de imagens de radar é devido não só à forma de relevo, como também ao posicionamento altimétrico. É comum na Folha SE 22 Goiânia a presença de tes-

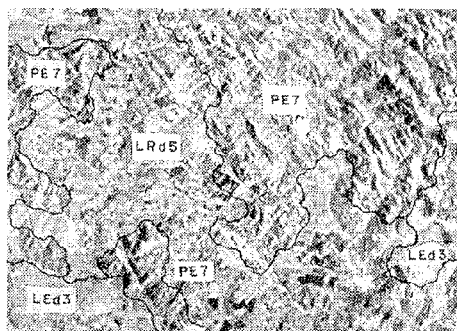
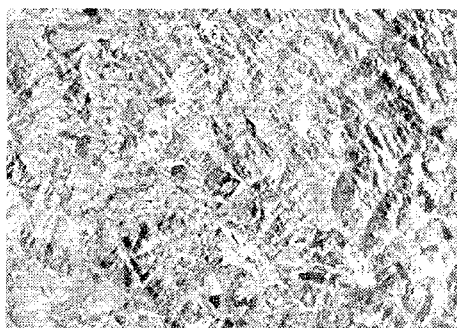


Figura 3 - Padrão de imagem de Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico no Planalto Central Goiano. Folha SE 22-X-B

temunhos de cobertura detrito-laterítica, por vezes facilmente identificáveis, como é o exemplo didático da Figura 4, pela diferença de altitude, em relação às áreas circunvizinhas

Na Figura 4, a unidade LEd1, com Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e álico, ambos A moderado, textura argilosa e muito argilosa, relevo plano e suave ondulado, contrasta violentamente com as demais unidades

Na Figura 5, a separação entre a unidade LVd5, com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico concrecionário e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, ambos A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado, e a unidade Cd2, com Cambissolo distrófico, argila de atividade baixa A moderado, cascalhento, textura média, e solo Litólico distrófico muito cascalhento, textura indiscriminada, todos com relevo ondulado e forte ondulado, teve como parâmetros fundamentais a forma de relevo e posicionamento altimétrico. Essas duas características são bastante específicas na unidade LVd5. Entretanto, outros parâmetros auxiliares também foram computados, como a pequena variação na textura e na tonalidade da imagem

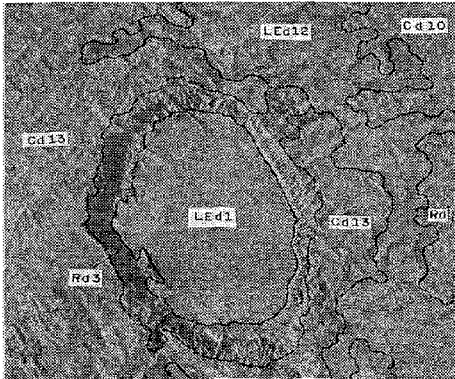
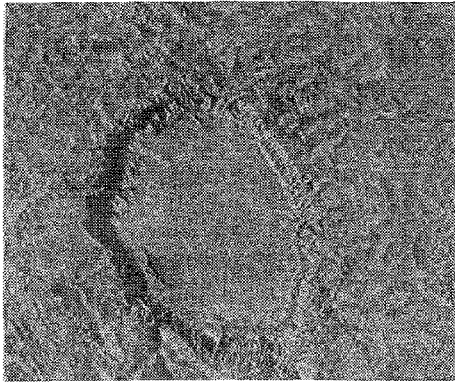


Figura 4 - Latossolo Vermelho-Escuro em relevo residual, próximo a Caldas Novas. Folha SE 22-X-D

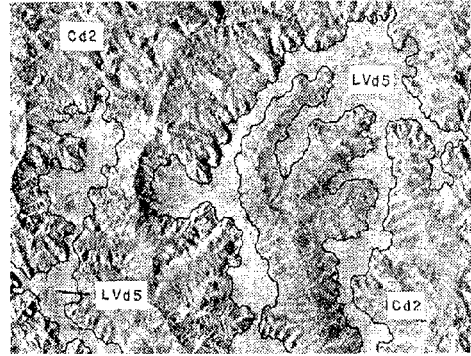
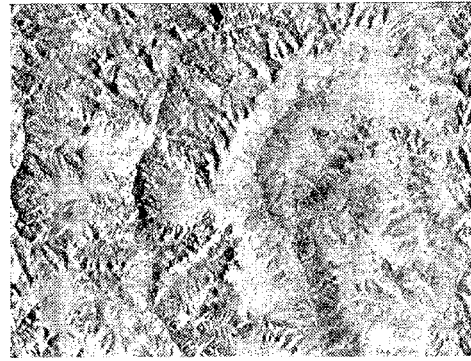


Figura 5 - Testemunhos de coberturas terciárias com Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário (LVd5), sobrepostos a rochas do Grupo Araxá, com Cambissolo cascalhento (Cd2). Folha SE 22-X-B

De modo geral, na área situada ao norte, o uso agrícola e a vegetação foram elementos interpretativos auxiliares na identificação das unidades. Por exemplo, quando comparadas a unidade LVd3 da Figura 2 e a unidade LRd5 da Figura 3, ambas com relevo plano e suave ondulado, além das considerações de caráter fisiográfico, destaca-se a diferença de uso agrícola e vegetação. Na unidade LRd5 pode-se observar que existe maior intensidade de uso agrícola, com eventuais agrupamentos remanescentes da vegetação florestal primitiva, enquanto na unidade LVd3, com vegetação de savana, pouco uso agrícola pode ser identificado.

Já na região situada ao sul, compreendendo os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, os elementos interpretativos visíveis nas imagens de radar, com variados graus de nitidez, exigem, para a compreensão e dedução de seus significados, maior acumulação de conhecimentos do fotointérprete. Isso porque a distribuição das unidades de mapeamento dos

solos sofre uma influência muito forte dos materiais originários, os quais, no geral, após a ação dos agentes do intemperismo, podem apresentar forma de relevo com certas semelhanças. Nesta paisagem praticamente todos os elementos interpretativos de imagens de radar são utilizados. Desse modo, à pesquisa bibliográfica, acrescentam-se as informações de natureza geológica, fornecidas pela Divisão de Geologia do Projeto RADAMBRASIL, as quais funcionam como elementos auxiliares de suma importância na individualização das unidades de mapeamento dos solos. O conhecimento da sobreposição dos arenitos do Grupo Bauru ao basalto da Formação Serra Geral; a possível existência de coberturas detrito-lateríticas Terciárias e Quaternárias sobrepostas aos arenitos do Grupo Bauru e basalto da Formação Serra Geral, dentre outros, tiveram sua importância no decorrer das atividades de interpretação das imagens de radar. Semelhanças de padrões e posicionamento dos "chapadões", vistos nas Folhas SD 22 Goiás e SD.21 Cuiabá, foram utilizadas nas primeiras etapas de interpretação preliminar. Posteriormente, com as primeiras viagens de observações de campo,

os recursos de fofointerpretação foram enriquecidos pelo reconhecimento da preferência de uso agrícola, do tamanho das parcelas do uso agrícola, da densidade de drenagem, das formas dos drenos e, com muita ressalva, tonalidade e textura de imagem, além de outros de natureza específica e localizada, como é o caso do aglomerado de pequenos morros - testemunhos, resultantes da maior dificuldade de atuação dos processos erosivos, devido à existência de uma cimentação carbonática. Neste caso, as áreas circunvizinhas tendem a apresentar solos eutróficos. Assim, o traçado de limites depende da convergência de vários fatores, não havendo grande predomínio de um determinado elemento interpretativo, à semelhança da região situada ao norte, embora existam também locais em que a forma de relevo passa a ter grande significado.

No decorrer das atividades de campo, foram sendo comprovadas as seleções naturais de uso da terra pelos agricultores da região: preferência de uso sobre Latossolo Roxo, Terra Roxa Estuivada, resultantes da intemperização de basalto da Formação Serra Geral, em relação ao Latossolo Vermelho-Escuro, textura média e Areias Quartzosas, originados da intemperização de arenito do Grupo Bauru; maior intensidade de uso e maior tamanho das parcelas de uso agrícola, no geral com plantação de soja, sobre o Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos de textura argilosa e muito argilosa, originados das intemperizações da cobertura detrito-laterítica, em relação ao Latossolo Vermelho-Escuro, textura média e Areias Quartzosas, resultantes da intemperização de arenito do Grupo Bauru. Dentro dos parâmetros estabelecidos para a definição da forma de relevo, as áreas de cobertura detrito-laterítica, basalto e arenito podem apresentar relevo plano e suave ondulado, porém, as primeiras, em relação às duas últimas, possuem uma densidade de drenagem muito menor, existindo casos em que as distâncias entre drenos são superiores a 10 km. Enfim, é uma região que exige uma fofointerpretação mais especializada e muita observação de campo. As Figuras 6, 7, 8 e 9 ilustram alguns aspectos da importância das imagens de radar no traçado dos limites das unidades de mapeamento de solos.

Na Figura 6, o padrão de imagem da unidade de AQA3, com Areias Quartzosas álicas e distróficas A moderado e Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado, textura média, todos com relevo suave ondulado e plano, contrasta com o padrão

de imagem da unidade PE1, com Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, argila de atividade alta abrupto A moderado, textura arenosa/média, Cambissolo eutrófico, argila de atividade alta A moderado, textura média, Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, argila de atividade baixa A moderado, textura arenosa/média, e Areias Quartzosas distróficas A moderado, relevo predominantemente ondulado. Neste caso, a forma de relevo condiciona um contraste muito visível no padrão de imagem de radar, permitindo a separação até sem instrumentos fotogramétricos, embora exista a diferença de altitude, ficando a unidade AQA3 num nível bem superior, perfeitamente detectado em visão estereoscópica. A nitidez da imagem permite identificar a estrada BR-060 no centro da imagem, no sentido norte-sul.

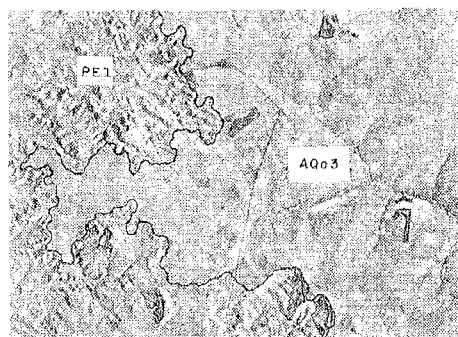
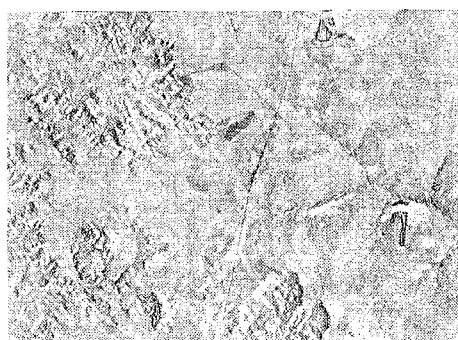


Figura 6 - Padrão de imagem de Areias Quartzosas e Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico. Folha SE 22-Y-C.

Na Figura 7, a separação entre a unidade LEEd1, com Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, todos A moderado, textura argilosa e muito argilosa, relevo plano e suave ondulado, e a unidade LEa5, com Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado, textura

média, e Areias Quartzosas álicas A moderado, ambos com relevo plano e suave ondulado, aparentemente torna-se mais dificultosa por falta de contrastes mais nítidos dos elementos interpretativos possíveis de serem vistos na imagem de radar. Entretanto, uma observação mais acurada e com certa acumulação de conhecimentos adquiridos no decorrer do levantamento pedológico, ou oriundos de outras folhas já concluídas, permite obter convergências de dados que possibilitam traçar com relativa precisão os limites entre estas unidades. Neste exemplo de padrão de imagem de radar, é possível constatar a existência de parcelas grandes de uso agrícola (tonalidade enegrecida) e poucos drenos na unidade LEd1, enquanto na unidade LEa5 destaca-se uma maior densidade de drenagem. Uma outra característica de suma importância, porém, vista principalmente com visão estereoscópica, é o posicionamento altimétrico do relevo, ficando a unidade LEd1 num nível mais alto. Os solos da unidade LEd1 são desenvolvidos da cobertura detrito-laterítica, enquanto os solos da unidade LEa5 são originados de arenito do Grupo Bauru, demonstrando haver uma importância recíproca entre o mapeamento pedológico e o mapeamento geológico.

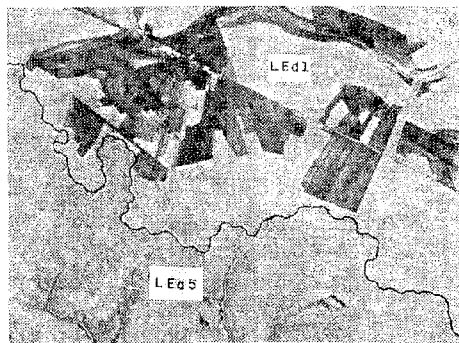


Figura 7 - Padrão de imagem e uso agrícola de Latossolo Vermelho-Escuro no "Chapadão" Folha SE 22-Y-A

Na Figura 8 observam-se vários elementos interpretativos bem visíveis na imagem de radar, tais como: a presença de escarpa, a diferença acentuada entre o posicionamento altimétrico da unidade LEd1 e a unidade LEa5, a ocorrência de parcelas grandes de uso agrícola na unidade LEd1, a diferença de textura e tonalidade entre a unidade HGPd4 e a unidade LEd1, a maior frequência de uso agrícola nas proximidades dos drenos na unidade LRd1, a diferença de densidade de drenagem do nível superior composto pelas unidades LEd1 e HGPd4 em relação ao nível inferior, composto pelas unidades LEa5 e LRd1. Na unidade HGPd4, com Gleis Pouco Húmico distrófico, argila de atividade baixa A moderado, textura argilosa, Laterita Hidromórfica distrófica, argila de atividade baixa A moderado, textura argilosa e média/argilosa, e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico plúntico A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado, destaca-se a tonalidade mais escurecida por ser um elemento interpretativo de alto valor no traçado de limites entre esta unidade e a unidade LEd1. Deve-se ressaltar, contudo, que este elemento interpretativo é de uso localizado e restrito a determinadas circunstâncias e paisagens. É um padrão fotográfico que ressalta bem a visibilidade dos elementos interpretativos nas imagens de radar.

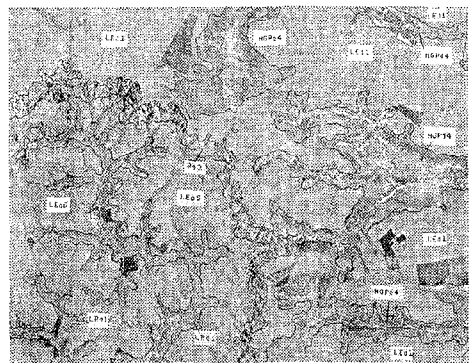
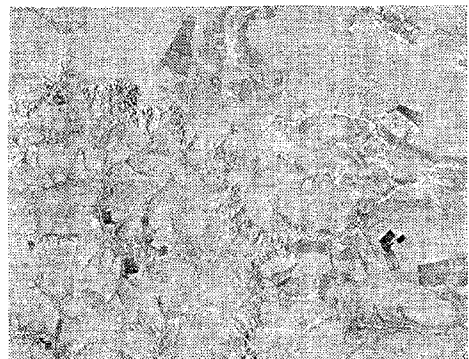


Figura 8 - Padrão de imagem das unidades de mapeamento no Planalto Setentrional da Bacia do Paraná Folha SE 22-Y-A

Na Figura 9, chama a atenção de imediato a maior intensidade de uso agrícola na parte situada acima em relação à parte situada abaixo. A preferência de uso agrícola está relacionada à natureza dos solos. Como citado anteriormente, observou-se haver preferência de uso sobre determinados solos e que estes tinham muita relação com o material originário. Preferência de uso agrícola sobre Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada, desenvolvidos de basalto, em relação aos Latossolos Vermelho-Escuros, originados dos arenitos ou de cobertura detrito-laterítica. Este conhecimento, associado ao conhecimento da coluna estratigráfica dos materiais geológicos existentes na região, tornam-se fatores determinantes para o traçado de limites das unidades de mapeamento. O uso adequado e criterioso de interpretação preliminar/observações de campo/ reinterpretação permite o traçado de limites constantes no padrão de imagem à direita. Após o estabelecimento dos limites, a unidade LRd2, com Latossolo Roxo distrófico e eutrófico, respectivamente A proeminente e chernozêmico, ambos com textura argilosa e muito argilosa, relevo plano e suave ondulado, e Terra Roxa Estruturada eutrófica latossólica A chernozêmico, textura argilosa e muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado, contrasta pela intensidade de uso agrícola em relação à unidade LEd1, com Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e álico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, todos

A moderado, textura argilosa e muito argilosa, relevo plano e suave ondulado, devendo-se ressaltar que, para fazer esta separação, há também o auxílio do posicionamento altimétrico da unidade LEd1, situada num nível mais alto, porém observável quando usada a visão estereoscópica com auxílio das faixas de imagem de radar. Os solos das unidades LRd1 e LEd1 são originados, respectivamente, do basalto da Formação Serra Geral e da cobertura detrito-laterítica.

Já entre as unidades LEd1 e LEd16, a posição altimétrica e o sistema de drenagem têm maiores significados interpretativos. O posicionamento altimétrico mais alto, a baixa densidade de drenagem, forma mais retilínea dos drenos, e as grandes parcelas de uso agrícola destacam-se entre os elementos interpretativos visíveis na unidade LEd1. Comparativamente, a unidade LEd16 apresenta maior densidade de drenagem, os drenos têm formas menos retilíneas e se encontram em posição altimétrica mais baixa. As observações de campo mostram que a unidade LEd16 é composta pelo solo Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado, textura média, e Areias Quartzosas A moderado, relevo plano e suave ondulado.

Estes exemplos citados servem para demonstrar que os elementos interpretativos das imagens de radar, usados na separação das unidades de mapeamento dos solos, apresentam graus de significados diferentes de uma região para outra. Dessa maneira, uma região pode exigir menor experiência do fotointérprete, enquanto outras, para a identificação e estabelecimento do grau de importância do elemento interpretativo, exigem uma acumulação de conhecimentos não só ligados à ciência da fotointerpretação e solos, como também da geologia, geomorfologia, vegetação e aspectos específicos ligados ao uso atual da terra. A importância das imagens de radar no mapeamento de solos fica demonstrada pelo grande campo de visão, possibilitando a comparação simultânea de superfícies a grandes distâncias e pela relativa nitidez com que os elementos interpretativos aparecem refletidos nas imagens. Entretanto, a capacidade de compreensão de seus significados depende do fotointérprete. Segundo Vink (1963), os erros de fotointerpretação não são inerentes aos métodos e, sim, são resultantes dos diferentes níveis de referência dos fotointérpretes.

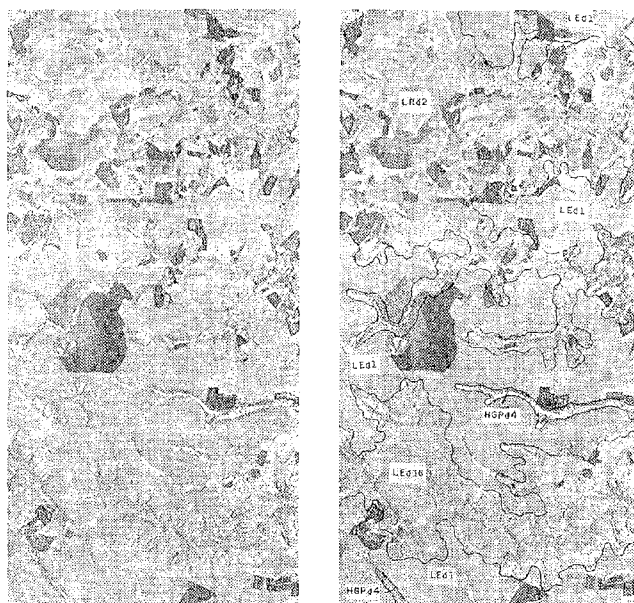


Figura 9 - Utilização agrícola sobre Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro. Folha SE 22 - V-D

Conclusão

Quanto à orientação para execução das atividades de fotointerpretação, a Folha SE.22 Goiânia pode ser dividida em duas partes: uma ao norte, compreendida pelo Planalto dos Guimarães, Planalto Central Goiano e Depressão do Araguaia, e, a outra ao sul, representada pelos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Na área situada ao norte, a forma de relevo é o elemento interpretativo de maior valor na definição dos limites traçados, secundado pela posição altimétrica do relevo e pela densidade de drenagem. Este elemento tem ótima visibilidade e relativa facilidade de identificação e individualização nas imagens de radar, quando usadas estereoscopicamente, ou mesmo em certos casos, sem instrumentos fotogramétricos.

Na área situada ao sul, não há grande predomínio de um determinado elemento interpretativo. Praticamente todos os elementos interpretativos das imagens de radar são utilizados na separação das unidades de mapeamento dos solos, além de outros específicos da área e reconhecidos no decorrer do levantamento. O conhecimento da importância da relação material originário/solo, disponibilidade de informações relativas à estratigrafia dos materiais geológicos da região, reconhecimento da preferência de uso agrícola relacionada à natureza dos solos, tamanho das parcelas do uso agrícola, densidade de

drenagem, forma dos drenos, textura e tonalidade da imagem, presença de morros-testemunhos com material calcário, forma de relevo e posicionamento altimétrico do relevo foram usados nas diversas fases de fotointerpretação.

Na maioria dos exemplos de padrões de imagens, destaca-se a nitidez dos elementos interpretativos. Naquelas imagens em que não se apresentam bem nítidos, é possível, através da acumulação de conhecimentos, obter convergências de elementos interpretativos, que permitem, com relativa precisão, traçar os limites entre as unidades de mapeamento dos solos.

Os estudos feitos na Folha SE.22 Goiânia comprovam que os elementos interpretativos podem apresentar valor de significado diferente de uma área para outra. Assim, uma área pode exigir menor experiência do fotointérprete, enquanto outra, para identificação e estabelecimento do grau de importância do elemento interpretativo, requer uma acumulação de conhecimentos não só ligados à ciência da fotointerpretação e solos, como também da geologia, geomorfologia, vegetação e aspectos específicos relativos ao uso atual da terra.

A importância das imagens de radar no mapeamento de solos fica demonstrada pelo grande campo de visão das paisagens, possibilitando a comparação simultânea de superfícies a grandes distâncias e pela relativa nitidez com que os elementos interpretativos aparecem refletidos nas imagens.

Referências

AMARAL FILHO, Z. P. de; CARVALHO, J. R. P. de. Importância da pedologia no mapeamento geológico do Triângulo Mineiro. Goiânia: Projeto RADAMBRASIL, 1982. 21 p.

GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos. Roma: FAO, 1968. 58 p. (Boletim sobre suelos, 6)

INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO RADAMBRASIL. Salvador, n. 2, jun 1981. 52 p.

NOVAES, A. S. S. et al. Pedologia. In: FOLHA SE 22. Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983. p. 413-576. (Levantamento de recursos naturais, v. 31)

PROJETO RADAMBRASIL. Realizações. Salvador, 1984. 82 p.

REUNILÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. Síntula. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. xi, 83 p. (SNLCS Miscelânea, 1)

SOIL taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D. C.: U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service: Government Printing Office, 1975. 754 p. (Agriculture handbook, 436)

VINK, A. P. A. Fotografias aéreas y las ciencias del suelos [S1]: UNESCO, International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences, 1963. 162 p.