

**DISCRIMINAÇÃO E MAPEAMENTO DE FACIES LATERÍTICAS NO VALE DO RIO PARAMIRIM (BA), ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO\***

Raimundo Almeida Filho\*\*  
Nadia R. Nascimento\*\*\*  
Waldir R. Paradella\*\*  
Paulo R. Meneses\*\*  
Adolfo J. Melfi\*\*\*\*  
Joaquim J. Oliveira\*\*\*\*\*

\*Trabalho Financiado pela FAPESP e INPE  
\*\*INPE/SP  
\*\*\*UNESP/SP  
\*\*\*\*USP/IAG/SP  
\*\*\*\*\*UFBA/BA

**RESUMO**

O presente estudo discute uma abordagem metodológica para a utilização de imagens do TM-LANDSAT 5 na discriminação e no mapeamento de coberturas lateríticas do médio vale do Rio Paramirim (BA). Técnicas de realces digitais tem sido utilizadas incluindo (1) Ampliação Linear de Contraste dos canais originais; (2) Divisões de Canais; (3) Transformação por Componentes Principais. Os resultados preliminares obtidos mostram que a utilização de dados digitais do TM-LANDSAT 5 tratados em computador e integrados com dados geomorfológicos, pedológicos, geológicos e de vegetação, constituem-se em ferramenta valiosa para a cartografia destas coberturas na região da pesquisa, na escala de 1:100.000.

**ABSTRACT**

This paper presents a methodological approach based on TM-LANDSAT 5 digital data in order to discriminate and map lateritic covers occurring in the middle valley of Paramirim River, Bahia State. Digital image processing techniques included (1) Linear Contrast Stretch of raw TM bands; (2) Band-Ratios and (3) Principal Component Transformations. The preliminary evaluation of this set of remote sensing data demonstrates the efficiency of TM-LANDSAT 5 data as a valuable tool for mapping lateritic covers on a 1:100.000 scale, particularly when integrated with geomorphological, pedological, geological and vegetation cover data.

**INTRODUÇÃO**

Sendo um país tropical, o Brasil tem como uma de suas características geológicas mais marcantes, o profundo intemperismo de suas rochas. Do ponto de vista metalogênico tal característica é de fundamental importância, uma vez que a maioria de nossas jazidas são resultantes dos processos de lateritização. Entretanto, por mais paradoxal que isto possa parecer, o estudo desses processos e, conseqüentemente, a cartografia dos produtos deles resultantes, encontra-se em estágio bastante incipiente em nosso meio geológico. Dentro deste contexto, o presente estudo está sendo desenvolvido por pesquisadores de diferentes instituições e com diferentes formações profissionais. Ele reflete a preocupação em se intensificar estudos interdisciplinares para o melhor conhecimento das formações superficiais em nosso país (lateritas e outros materiais endurecidos), dado ao amplo interesse que as mesmas apresentam, para o estudo de nossos recursos minerais.

Com o advento das imagens multiespectrais, com melhores resoluções espaciais, espectrais e radiométricas, obtidas pelo sensor "Thematic Mapper" (TM) do satélite LANDSAT-5, abriu-se ampla perspectiva

va ao estudo das formações superficiais e em especial das coberturas lateríticas, através de técnicas de sensoriamento remoto. Estudos espectroscópicos (BILDGEM et alii, 1984), mostram que diferentes fácies lateríticas possuem padrões de comportamento espectral distintos, especialmente na faixa do infravermelho compreendida entre 1,4 e 2,2µm (faixa coberta pelos canais 5 e 7 do TM-LANDSAT), através dos quais estas fácies poderiam ser discriminadas.

Dentro do quadro acima exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade das imagens de sensoriamento remoto orbital, realçadas através de técnicas de processamento digital e integradas com diferentes dados de campo, na discriminação e mapeamento de coberturas superficiais no vale do rio Paramirim, na região balizada pelas cidades de Oliveira dos Brejinhos e Ibipitanga. A região é interessante para este tipo de trabalho, pois trata-se de uma área onde já se dispõe de uma gama relativamente grande de informações pedológicas, em geral de âmbito local (Oliveira, 1975; Oliveira et alii, 1973), não integradas regionalmente. Neste aspecto, as imagens, dadas as suas características espectrais e a visão sinóptica que apresentam, podem constituir-se em ferramenta valiosa à integração dessas informações e à obtenção de uma base cartográfica da distribuição das formações superficiais da região em foco, até o presente mapeadas apenas na escala de 1:1.000.000.

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

A região estudada localiza-se na parte central do estado da Bahia, no médio vale do rio Paramirim, constituindo uma região topograficamente deprimida entre as serras do Espinhaço Setentrional e da Chapada Diamantina Ocidental. Esta área é representada por uma vasta superfície de erosão entalhada em rochas do "Bloco Paramirim" (Inda e Barbosa, 1978), um conjunto de gnaisses, migmatitos e metabasitos diversos de idade arqueana.

Neste domínio geomorfológico podem ser observados diversos tipos de formações superficiais-lateritas a solos rasos - que se diferenciam segundo unidades de relevo (platôs, rampas e depressões), características do material originário, estruturas e constituição mineralógica.

O clima atual é tropical semi-árido com estação seca prolongada de 7 meses, entre abril e outubro. A pluviosidade média anual é de 600mm, com chuvas concentradas nos meses de novembro a março (Andrea, 1963). Cabe a estes meses as temperaturas mais elevadas. As médias diárias das máximas e mínimas oscilam entre 30°C e 18°C respectivamente.

Relacionada à semi-aridez predomina uma vegetação Xerófila do tipo Caatinga Arbórea Aberta, Caatinga Arbórea Densa e Caatinga Parque. Dentre as espécies vegetais predominantes nos estratos superiores encontram-se Umburana ("Torresea Cearensis"); Catingueira ("Caesalpinia Sp."); Faveleira ("Jatropha phyllacantha") e Jurema ("Mimosa Sp."). Nos estratos mais inferiores predominam as Cactáceas e as Bromeliáceas, xique-xique e macambira respectivamente.

#### ABORDAGEM METODOLÓGICA

Na Figura 1 estão sumariadas em um fluxograma básico, as etapas de desenvolvimento do trabalho. Dois conjuntos de fitas magnéticas dos 6 canais do TM-LANDSAT 5, foram escolhidos para os propósitos da pesquisa, um da estação seca e outro da chuvosa. As fitas magnéticas sofreram inicialmente processamentos preliminares visando correções radiométricas de ruídos de varredura e atmosféricos. Os dados já corrigidos sofreram posteriormente três fases de tratamento digital na escala de 1:100.000, no GE IMAGE 100 do LTID (Lab. de Tratamento de Imagem).

gens Digitais) no INPE/MCT, em São José dos Campos, SP: (a) Realces de bandas originais por Ampliação Linear de Contraste (ALC); (b) Realces por Divisões de Canais e (c) Realces por Componentes Principais (TCP).

A experiência de tratamento digital de imagens de sensores remotos e conseqüentemente, da interpretação destes tipos de dados, tem demonstrado que a seqüência apresentada no fluxograma da Figura 1 é a que fornece os melhores resultados, na medida em que vão sendo obtidos produtos, segundo um aumento gradativo na complexidade dos dados e a interpretação parte de canais originais cujas respostas seguem modelos de mais simples interpretação em termos de comportamento espectral de alvos.

A primeira fase do tratamento digital constou da utilização de realces ALC das bandas originais. Basicamente este realce consiste na aplicação de uma transformação matemática no intervalo original de informação da imagem, expandindo-o para o intervalo máximo de 256 níveis digitais entre o preto ( $n_1 = 0$ ) e o branco ( $n_{\text{nível}} = 255$ ).

Na interpretação destes realces, procurou-se não somente delinear padrões de zonas homólogas de respostas, mas também utilizar modelos de comportamentos espectrais da associação "rocha + solo + vegetação" para ter-se previamente uma idéia dos fatores que controlavam as respostas e, deste modo, as zonas homólogas observadas nas imagens.

A fase seguinte constou da obtenção de composições coloridas a partir das bandas originais previamente realçadas com ALC. A utilização de produtos coloridos é importante devido: (a) a própria característica do olho humano, capaz de discriminar com maior facilidade matizes de cores e (b) ser um modo conveniente e rápido de integrar-se em uma única cena, informações de imagens de várias regiões do espectro eletromagnético. Para a escolha dos três melhores canais a serem associados às cores primárias, utilizou-se de análise estatística de correlação entre bandas, escolhendo-se, obviamente, as menos correlacionáveis, ou seja, menos redundantes em informações. Com base em dados dos realces por ALC, foi confeccionado o primeiro "overlay", com a distribuição dos padrões observados nas imagens, integrados com dados prévios (topográficos, geológicos, pedológicos, etc.).

A fase seguinte da abordagem constou da obtenção de realces por divisões de canais. Esta técnica é importante porque tende a diminuir, em primeira aproximação, diferenças de respostas na cena, relacionadas a efeitos topográficos e tende a enfatizar diferenças sutis espectrais entre os alvos com diferentes comportamentos. A maior vantagem desta técnica é a perda das características espaciais da cena, pela minimização dos efeitos de sombreamento na área. Da análise das quinze divisões entre bandas possíveis, selecionou-se as divisões 3/1, 5/2, 5/3 e 3/2 (presença de limonitas); 3/4, 1/2 e 1/4 (biomassa) e 5/7 (materiais com Al-OH e Mg-OH). Com esses produtos foram obtidas composições coloridas, algumas híbridas com a utilização das bandas originais, todas, no entanto, realçadas com ALC.

A terceira fase do processamento digital constou da aplicação de TCP. Esta técnica produz novos canais (os quais são combinações dos canais originais), através da rotação e translação no espaço de atributos espectrais, definido pelos canais originais. Esta transformação tende a concentrar a informação total das cenas originais nas primeiras componentes principais. A partir destes produtos o "overlay" é re-avaliado e re-interpretado, estando pronto para a fase de campo.

Na verificação de campo procurou-se avaliar o significado dos padrões cartografados, partindo-se da premissa que as respostas detectadas pelo TM-LANDSAT, representavam a interação da radiação eletromagnética com os materiais superficiais. Neste sentido a observação dos parâmetros rocha, solo, cobertura vegetal e atividade antrópica, foi necessária, através de descrições pedológicas (grande ênfase na caracte

rização do horizonte superficial dos perfis), descrições de afloramentos e de cobertura vegetal, incluindo estimativas da cobertura vegetal e caracterização de estratos. Medidas espectrais, "in situ", das condições superficiais do terreno complementam as observações de campo, utilizando-se de radiômetro portátil com as mesmas bandas do TM. Tais dados fornecerão subsídios ao entendimento dos padrões detectados a nível orbital e facilitarão extrapolações regionais.

A fase seguinte consiste na análise de laboratório dos dados coletados em campo, incluindo análises físicas e químicas do solo, análises petrográficas, classificação de vegetação e análises espectroradiométricas de amostras. Com base nesses resultados, nova fase de campo é realizada, visando dirimir dúvidas, caracterização final dos padrões detectados e obtenção da cartografia final das formações superficiais na escala de 1:100.000.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tal metodologia, em fase de desenvolvimento, permitiu delinear sete grandes conjuntos homólogos de tons e textura nas imagens. A seguir serão discutidas sucintamente as principais características desses conjuntos, tal como eles se apresentam em campo e nas composições coloridas falsa-cor (4R5G7B). A Figura 2 mostra a distribuição desses conjuntos em um trecho da região estudada.

### CONJUNTO 1

Este conjunto caracteriza-se na composição colorida por apresentar tonalidades bastante claras e textura lisa. Ocorre ao longo da calha do rio Paramirim, especialmente no seu trecho mais próximo à cidade de Oliveira dos Brejinhos. Ele corresponde a sedimentos aluviais incosolidados predominantemente arenosos, contendo níveis de cascalhos e seixos arredondados.

### CONJUNTO 2

Este conjunto caracteriza-se na composição colorida por apresentar tonalidades azuladas com trechos mais claros tendendo ao branco e textura rugosa grosseira. É o mais expressivo em termos de ocorrência, ocupando áreas de relevo bastante dissecado pela ação do rio Paramirim e seus principais contribuintes (Córregos Mulungu, Canoas, Quixaba, Porrete, etc.). Nestes locais predominam solos rasos do tipo litólico com frequente presença de afloramentos de gnaisses e migmatitos (alguns notando-se encorpaçamento inicial), restos de couraças e lateritas hidromórficas com e sem encorpaçamento. Nestes locais a caatinga é aberta com estrato arbustivo médio a alto, variando entre 4 e 7 metros de altura.

### CONJUNTO 3

Este conjunto, de pequena expressão em área, é caracterizado nas imagens por tonalidade branca e textura rugosa fina, ocorrendo no vale do riacho da Cova. Caracteriza o conjunto, topos planos de baixo declive, onde ocorrem grandes áreas de afloramentos de gnaisses e migmatitos (lajedos), predominando, aí, solos rasos dos tipos litólicos, solonetz, planossolos e localmente lateritas hidromórficas. Nestes locais a cobertura vegetal é do tipo Caatinga Parque (árvores espaçadas em meio a um estrato herbáceo de capim panasco).

### CONJUNTO 4

Este conjunto caracteriza-se nas imagens por apresentar tonalidades cinza e textura lisa. Ele ocupa cotas topográficas intermediárias entre os conjuntos anteriormente descritos e o seguinte. No campo ele caracteriza-se pela presença de latossolos pouco profundos, con

tendo couraças de estrutura laminar a maciça, desenvolvida da própria rocha. A vegetação é do tipo caatinga arbustiva alta a densa.

#### CONJUNTO 5

Este conjunto ocorre nas imagens com tonalidades variando entre vermelho escuro a marrom e textura lisa, ocupando cotas topográficas em torno de 480m. No campo observa-se a ocorrência de latossolos profundos (maior que 7 metros) contendo na base do horizonte poroso couraça de estrutura conglomerática com cascalhos e seixos rolados. Localmente ocorrem lateritas hidromórficas com e sem couraças, contendo, ainda, cascalhos na base. Estes dois tipos de formação estão correlacionadas a antigos níveis de terraço do rio Paramirim.

#### CONJUNTO 6

Este conjunto é bastante característico nas imagens pela tonalidade avermelhada e pela textura lisa. Ocupa cotas topográficas semelhantes às do conjunto anterior e possui grande distribuição em área, predominando, no entanto, na região da vila de Mocambo. Aparentemente, associam-se a esta unidade a presença de solos podzólicos (acima de 1,5 metros) contendo na base carapaça ferruginosa, além de podzólicos com couraças. A vegetação é do tipo caatinga arbustiva alta e densa, com dominância de angico. É difícil a individualização desse conjunto e do anterior nas imagens. Possivelmente pode tratar-se de variações laterais dentro de um mesmo conjunto.

#### CONJUNTO 7

Este conjunto ocorre a leste da cidade de Ibipitanga (não mostrado na Figura 2). Ele é caracterizado na composição colorida por tonalidades avermelhadas e textura rugosa grossa, correspondendo à presença de latossolos pouco profundos de cor vermelho amarelo, contendo couraças na base do horizonte poroso. A vegetação é Caatinga Arbórea densa, com árvores de grande porte (> 10 metros), ocorrendo a presença de aroeiras e baraúnas.

#### CONCLUSÕES

Com base nos resultados alcançados nesta fase preliminar da pesquisa, algumas conclusões são possíveis:

- a) A sequência metodológica empregada mostrou-se adequada aos propósitos da pesquisa, ao indicar a distribuição de padrões distintos que refletem condições superficiais, os quais podem ser explorados no contexto da cartografia das coberturas superficiais da área em foco.
- b) Em relação aos padrões detectados, as verificações de campo mostram que para os Conjuntos 2 e 3, as respostas são controladas fundamentalmente pela associação solo-rocha, com baixa participação da cobertura vegetal. Para os demais Conjuntos, onde a cobertura vegetal controla mais intensamente a resposta no sistema sensor, a vinculação dos facies lateríticos com os padrões detectados pelas imagens dependerá necessariamente de maiores esclarecimentos sobre a associação da vegetação com os diferentes facies superficiais.

## REFERÊNCIAS

- ANDREA, R. *Chuva na Bahia*. M.V.O.P.; DNOS-CPE. Salvador, Bahia, 1963.
- BILDGEN, P.; BOULEGUE, J. e SIMONIN, A. *Characterization of spectral signatures of aluminum formations (Laterites and Bauxites). Possibilities of using satellite remote sensing for prospecting aluminum minerals.* Eighteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Paris, France. Proceedings, pp. 1383-1392, 1984.
- INDA, H.A.V. e BARBOSA, J.F. *Os solos de várzea e planície aluvial em Pernambuco: um texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia em escala 1:1.000.000.* SME/CPM, Salvador, Bahia, p. 137, 1978.
- OLIVEIRA, J.J. *Implantação da pedregulheira e suas ações no curso da alteração incipiente dos solos pedregulheiros da região Centro-Occidental da Bahia.* An. Acad. Bras. Ciên. 47, pp. 243-247, 1975.
- OLIVEIRA, J.J ; GALBRAITH, J.H. e SIEFFERMANN, G.R. *Caracterização do material originário dos solos de parte da quadricula de Ibitiara como subsídio para estudos geoquímicos.* Rev. Bras. Geociências 3:128-130, 1973.

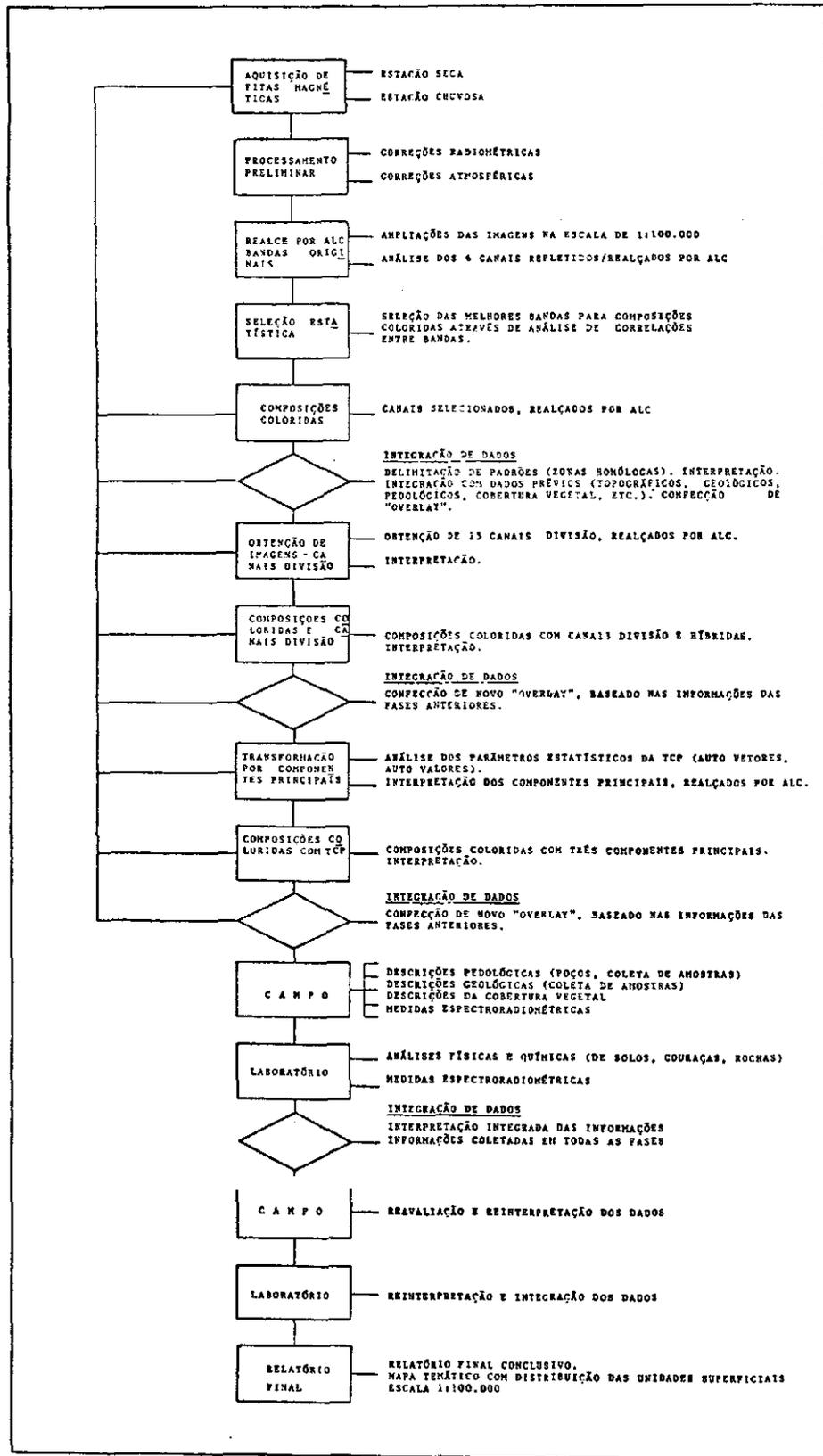
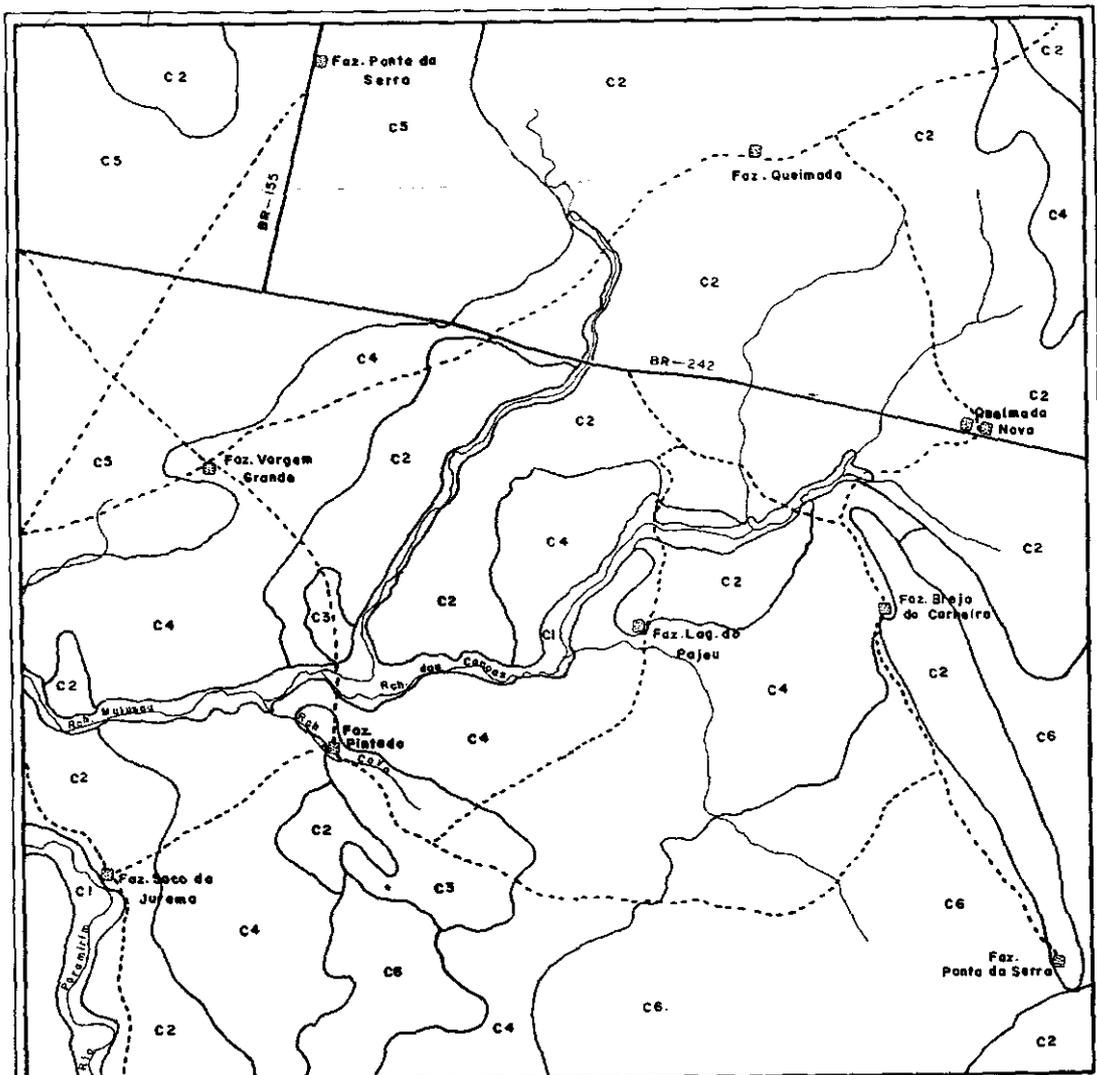


Figura 1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas.



**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

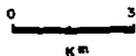


FIGURA 2 - MAPA PRELIMINAR MOSTRANDO

A DISTRIBUIÇÃO DOS CONJUNTOS SUPERFICIAIS (C), NUMA PARTE DA REGIÃO ESTUDADA, A PARTIR DAS IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO.