

1. Publicação nº <i>INPE-2774-RTR/030</i>	2. Versão	3. Data <i>Mai, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input checked="" type="checkbox"/> Restrita
4. Origem Programa <i>DSR/DME/DDS/DIN</i>			
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)			
7. C.D.U.:			
8. Título <i>INPE-2774-RTR/030</i>		10. Páginas: 48	
<i>REAVLIAÇÃO DO PROJETO: DESENVOLVIMENTO, TESTE E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE INVENTÁRIO AGRÍCOLA E PREVISÃO DE SAFRAS PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE - PROJETO SERE/RS</i>		11. Última página: 45	
		12. Revisada por <i>Márcio N. Barbosa</i>	
9. Autoria <i>Getúlio T. Batista Fausto C. de Almeida René Antonio Novaes Gilberto Câmara Neto</i>		13. Autorizada por <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
Assinatura responsável			
14. Resumo/Notas			
15. Observações <i>Documento preparado pelo INPE/CNPq por solicitação da Coordenação de Análise Sócio-Econômica/FIPEC/Banco do Brasil.</i>			

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>ESTADO ATUAL DE ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA POR SATÉLITE..</u>	1
1.1 - Introdução	1
1.2 - Desenvolvimentos a nível internacional	1
1.3 - Desenvolvimentos a nível nacional	7
1.3.1 - Estimativa de Produtividade	7
1.3.2 - Estimativa de Área	11
2. <u>ESTADO ATUAL DE SISTEMAS GEOGRÁFICOS DE INFORMAÇÃO.....</u>	17
2.1 - Características Gerais de Sistemas Geográficos de Informação	17
2.2 - Estruturas de Armazenamento	19
2.3 - Exemplos de SGI	20
2.4 - Uso de SGI para aplicações em sensoriamento remoto	20
3. <u>REAVALIAÇÃO DO PROJETO SERE/RS</u>	23
3.1 - Estimativa de Área	23
3.1.1 - Recomendações	25
3.2 - Estimativa de Produtividade	26
3.2.1 - Recomendações	26
3.3 - Estimativa de Produção	27
3.3.1 - Recomendações	27
3.4 - Sistema de Processamento Automático de Imagens	28
3.4.1 - Suporte Físico ("Hardware")	28
3.4.2 - Suporte Básico ("Software")	29
3.4.3 - Recomendações	29
3.5 - Sistema de Informação de Recursos Naturais	30
3.5.1 - Recomendações	31
4. <u>CONCLUSÃO</u>	33
4.1 - Introdução	33
4.2 - Objetivos possíveis de ser alcançados	33
4.3 - Prazos	34
4.4 - Custos	34
4.5 - Metodologia	35

	<u>Pág.</u>
4.6 - Órgãos capazes de executar a pesquisa e/ou dar-lhe assessoramento técnico	36
5. <u>RECOMENDAÇÕES</u>	38
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	40

1. ESTADO ATUAL DE ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA POR SATÉLITE

1.1 - INTRODUÇÃO

O termo sensoriamento remoto foi introduzido a partir de 1960, ampliando a abrangência da capacidade das já bem difundidas fotografias aéreas. Em 1964, o conceito multiespectral foi introduzido através de fotografias aéreas coletadas sobre áreas agrícolas (Hoffer, 1967).

Em 1967 o conceito de dados ou imagens digitais apareceu associado aos "scanners" multiespectrais, juntamente com as primeiras proposições de técnicas de análise de reconhecimento de padrões. O sensoriamento remoto foi efetivamente introduzido no Brasil a partir de 1969 quando o INPE enviou à NASA vários técnicos brasileiros que foram treinados para planejar e analisar a Missão 96 que coletou dados em várias regiões do País com várias finalidades de aplicação. (INPE, 1969).

Na década de 70 vários eventos firmaram definitivamente o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o levantamento de recursos naturais e especialmente para a identificação e avaliação de áreas agrícolas. Nessa década, grandes avanços nos sistemas de coleta, processamento e métodos de extração de informações foram desenvolvidos, e oportunamente apresentam-se os mais relevantes desenvolvimentos da área tanto a nível internacional como nacional.

1.2 - DESENVOLVIMENTOS A NÍVEL INTERNACIONAL

O primeiro grande experimento de sensoriamento remoto, denominado o "Corn Blight Watch Experiment", foi realizado em 1971 pelos Estados Unidos (MacDonald et al. 1972). Esse experimento demonstrou pela primeira vez uma aplicação prática de sensoriamento remoto para agricultura numa região de grande extensão em área. Esse experimento produziu os dados mais quantitativos sobre o grau de infestação desta doença no milho. Nesse experimento havia uma grande limitação que foi o

uso de aeronave como o único nível de coleta de dados de sensoriamento remoto, pois ainda não existia nenhum satélite de observação da terra disponível para uso civil.

O lançamento em 1972, do primeiro satélite do programa, hoje denominado LANDSAT, sem dúvida permitiu a difusão do sensoriamento remoto a nível mundial. As características do sistema de coleta de dados LANDSAT: repetitividade, multiespectrabilidade, possibilidade de análise digital, órbita heliossíncrona e estabilidade, aliadas ao fato de hoje haver mais de 10 anos de coleta contínua de dados, deram sem dúvida um grande impulso à área de reconhecimento de culturas por sensoriamento remoto.

Após as análises especulativas dos primeiros produtos disponíveis do LANDSAT foi realizado um experimento para avaliação do sensoriamento remoto orbital, usando computador para análise dos dados do LANDSAT na região do Corn Belt americano. Esse experimento, denominado CITARS (Crop Identification Technology Assessment for Remote Sensing), descrito por Bizzel et al. (1975), identificou vários fatores que afetam significativamente a habilidade de reconhecer culturas através do sensoriamento remoto: características do local de levantamento, estágio de desenvolvimento da cultura e data da aquisição das imagens LANDSAT, reconhecimento fora do local de treinamento (extensão de "assinaturas"), uso de dados multitemporais e percentagem de "pixels" misturados. Esse experimento foi importante no planejamento do LACIE, resumidamente descrito a seguir.

Talvez o experimento mais conclusivo sobre o uso de sensoriamento remoto orbital para inventário de culturas tenha sido o LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment). Esse experimento foi desenvolvido no período de 1974 a 1978 com o objetivo de desenvolver um sistema semi-operacional para o monitoramento de áreas de trigo em todo o globo terrestre. Esse experimento foi importante não só para mostrar o resultado prático da possibilidade de identificar uma cultura a nível global, como também por ter reunido todo o estado da arte do

sensoriamento remoto aplicado à agricultura. O LACIE (Paarlberg et al., 1978) é uma referência excelente para qualquer trabalho, envolvendo o uso de técnicas de sensoriamento remoto para a avaliação de culturas, aglutinando todo o conhecimento disponível até fins de 70, ou mais precisamente 1978, sem contar o ano de transição para a operacionalização pelo USDA (Departamento de Agricultura Americano).

No projeto LACIE, a avaliação da precisão das estimativas era associada com uma probabilidade de erros, desvio padrão, coeficiente de variação, intervalos de confiança e estimativa de "bias" (Paarlberg et al., 1978). Foi estabelecido no LACIE, após estudos preliminares, que um objetivo razoável seria que a estimativa da produção na época da colheita estivesse dentro de $\pm 10\%$ da produção real em 90% dos casos (MacDonald and Hall, 1978).

O experimento teve sucesso para a estimativa de trigo na URSS e no Canadá e para o trigo do inverno dos EUA, entretanto não forneceu resultados satisfatórios para o trigo de primavera dos EUA e Canadá devido à confusão com outros cereais (aveia e cevada) bem como à ocorrência de pequenos talhões.

O experimento não foi exaustivo para regiões produtoras de trigo na Argentina, China, Brasil e Austrália.

As estimativas de produção do LACIE apresentaram duas fontes de erro: estimativa de área e estimativa de produtividade. Erros de amostragem e classificação são os dois componentes do erro da estimativa de área, enquanto a variância e "bias" são as principais fontes de erro na estimativa da produtividade. Erros da estimativa de área são devidos a erros na "rotulação" (identificação de "pixels" de treinamento) e erros de classificação.

A magnitude dos erros de rotulação foi afetada por: data de aquisição de dados do LANDSAT, estágio fenológico da cultura; enquanto erros de classificação foram associados ao tamanho de talhões,

métodos de "agrupamento", estatísticas de treinamento e algoritmo de classificação selecionado. Ambos os erros de rotulação e classificação foram afetados pela qualidade geral dos dados, como precisão de registro.

Devido ao relativo sucesso alcançado pelo LACIE, o USDA (Departamento de Agricultura Americano) lidera um programa em cooperação com a NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço), o USDC (Departamento de Comércio Americano), o USDI (Departamento do Interior Americano) e a USAID (Agência Americana para Desenvolvimento Internacional) do Departamento de Estado. Esse programa, cuja sigla é AgRISTARS (Agriculture and Resources Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing), é uma extensão natural do LACIE para outras culturas e objetiva determinar a utilidade, custo e extensão com que dados de sensoriamento remoto orbital podem ser integrados com os sistemas atuais e futuros do USDA, para melhorar a objetividade, confiabilidade, oportunidade e adequabilidade da informação requerida para cumprir as missões do USDA (AgRISTARS Annual Report - FY 1982).

O programa AgRISTARS iniciou-se em 1980 e os resultados até o presente momento têm indicado que o sensoriamento remoto aerospacial contribuirá com as informações necessárias ao USDA.

Os principais resultados alcançados nos três anos de desenvolvimento do AgRISTARS podem ser assim resumidos:

- Uma técnica bastante automatizada para classificação (próxima à época da colheita) de milho e soja foi testada com sucesso em grandes áreas do Corn Belt americano.
- Uma técnica para estimar área de cereais um mês após o plantio foi testada com sucesso na região das Grandes Planícies do Norte dos Estados Unidos, com resultados comparáveis aos obtidos nas estimativas de fins da estação. Essa tecnologia foi implementada para uso do Serviço de Agricultura no Exterior (FAS).

- Estimativas de produção agrícola usando dados do LANDSAT foram ou estão sendo implementadas em cinco Estados americanos.
- Pesquisas determinaram que informações de SAR (Radar de Abertura Sintética) são úteis em inventários agrícolas para uma melhor de finição dos limites de talhões, melhor identificação das culturas em função da textura e tonalidade dessas imagens, e permitem um esquema de amostragem e estratificação mais eficiente.
- Índices de vegetação foram desenvolvidos usando dados de satélites meteorológicos (AVHRR, Radiômetro Avançado de Resolução Mui to Alta) e estão sendo utilizados em caráter experimental pelo ARS (Serviço Americano de Pesquisa Agrícola).

Resultados de experimentos para testar a eficiência do novo sistema sensor TM (Mapeador Temático) a bordo do LANDSAT-4 indicam que a precisão na separação de classes que anteriormente sô era possí vel com o MSS através da tecnologia sofisticada usando análise multi-temporal, está facilitada pelo número e pela menor largura das bandas espectrais e melhor relação de Sinal/Ruído do TM.

Além do esforço governamental, como os exemplos descritos anteriormente, o LACIE e o AgRISTARS, companhias privadas têm investido no desenvolvimento de sistemas de previsão de safras por satélite.

Um exemplo é o CROPCAST que é um serviço de informação agrícola operado, em base comercial, pela Earthsat Corp., baseado em análises automatizadas de dados orbitais. Este siste ma foi desenvolvido para várias culturas e diversos países produtores.

Outro exemplo é o AGSERV desenvolvido pela Universidade de Purdue e operado comercialmente pela CDC (Control Data Corporation). O sistema produz previsão de safras baseada em modelos fisiológicos (AGSERV, 1978). Ele foi projetado para gerar semanalmente informações sobre o potencial de produtividade das culturas e o estado de umidade do solo através de um sistema interativo.

Vários esforços de pesquisas têm sido realizados por várias outras instituições americanas e de outros países. Resultados relevantes têm sido obtidos nesses trabalhos, especialmente no Canadá (Ryerson et al. 1978, Chagarlamudi et al. 1980).

Embora sejam significantes os resultados obtidos a nível de pesquisa na esfera internacional sobre previsão de safras por satélites, não se tem conhecimento de nenhum sistema baseado exclusivamente em informação orbital, operacional, em todo mundo.

1.3 - DESENVOLVIMENTOS A NÍVEL NACIONAL

Nesta seção abordar-se-ão alguns dos trabalhos mais importantes já desenvolvidos no Brasil nas áreas de estimativa de produtividade e área.

1.3.1 - ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE

Ainda que a atividade de previsão de safras agrícolas se já fundamental para o planejamento econômico e real dimensionamento das relações comerciais do Brasil com o exterior, deve-se afirmar que em nosso País ela se encontra em estágio incipiente, sobretudo quando é feita uma comparação do esforço aqui desenvolvido com aquele empreendido em centros desenvolvidos como os EUA, o Canadá etc.

É a partir da década de 70 que se verificam os primeiros esforços de pesquisa visando adequar o instrumental teórico disponível às condições específicas do Brasil. Desponta, então, a atividade pioneira de pesquisadores da Universidade Federal de Pelotas. Seguem-na outros centros que procuram diversificar as atividades já iniciadas. Dentre estas destacam-se as do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e, CFP (Comissão de Financiamento da Produção, Secretaria de Planejamento), CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais); INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) com trabalhos já elaborados tendo em vista a formulação de modelos de previsão de produtividade agrícola; ESALQ, IPAGRO, EMBRAPA e UFRGS, entre outros, com trabalhos relacionados à tensão hídrica no solo, fenologia, agrometeorologia e outros do âmbito afins à produtividade agrícola.

A contribuição de cada um desses grupos para a implementação da previsão de safras agrícolas no País será identificada de forma mais detalhada. Abordar-se-ão aqui modelos de produtividade para culturas anuais, já que os modelos para culturas perenes ou semi-perenes, como café, cana-de-açúcar entre outros, não têm recebido a mesma atenção dada às culturas anuais, como milho, soja e trigo.

A contribuição do grupo liderado por Mota, da UF Pelotas, estende-se na abordagem de diversos problemas agrometeorológicos importantes. No tocante à previsão de safras agrícolas, especificamente, este núcleo desenvolveu um modelo (Mota and Wendt, 1976) visando a previsão do rendimento de trigo no Rio Grande do Sul, por região. Foi elaborado um modelo de regressão múltipla, o qual explicou 86% do rendimento agrícola com base nas variações da insolação em agosto e setembro e umidade relativa em outubro. O erro padrão da estimativa foi de 70 kg/ha e os dados meteorológicos constaram de médias mensais que abarcaram o período de 1962-1970, referentes a quatro municípios da região tritícola gaúcha (Baier, 1977). O núcleo de Pelotas tem contribuído decisivamente, quer com publicações em periódicos científicos, quer com intervenções em congressos, para a intensificação da pesquisa sobre previsão de safras. Em um de seus últimos trabalhos Mota (1983) discute a questão do que deve ser feito para minimizar os efeitos da seca na produção agrícola da Região Sul do Brasil. Ele propôs um modelo para o balanço diário da umidade no solo, o qual consiste em simplificação do método do "Balanço Versátil". Tal modelo foi desenvolvido para aceitar dados diários de precipitação e estimativas de evapotranspiração potencial (segundo o método de Penman) para fatores geofísicos brasileiros. Com isto é possível estimar a água disponível no solo e identificar períodos de deficiência hídrica, o que muito contribui para a formulação de modelos de produtividade nos quais a evapotranspiração real substitui a precipitação. O modelo proposto por Mota (1983) baseia-se na técnica estatística de regressão múltipla. Sua capacidade preditiva foi testada com dados de produção agrícola de milho (1942-1978) e soja (1952 a 1978), fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e dados diários de precipitação de São Luiz Gonzaga (RS) e Santa Cruz do Rio Pardo (SP), para o período de 1976 a 1978. Foi constatada a tendência tecnológica não-linear e os resultados obtidos apontaram, para a soja, uma regressão contendo como variáveis independentes um índice de deficiência hídrica proposto por Mota (1981) e um índice de variação tecnológica com $R^2 = 0,79$. Para o milho foi adotado procedimento similar encontrando-se $R^2 = 0,80$.

Deve-se, contudo, ressaltar que os modelos propostos pelos pesquisadores de Pelotas limitaram-se a estimativas para pequenas regiões agrícolas.

No INPE, até o presente momento, foram desenvolvidas duas linhas principais no que concerne a modelos de previsão de safras. A primeira, expressa basicamente no trabalho de Chen e Fonseca (1980), estima a produtividade de milho na região de Ribeirão Preto - SP, a partir da tendência tecnológica detectada e de variáveis climáticas mensais correspondentes a um período de 19 anos. O programa "stepwise" para regressão múltipla escolheu as melhores variáveis para o ajuste, e os coeficientes assim obtidos foram submetidos a testes de estabilidade. A evaporação total esteve correlacionada significativamente com a produção agrícola em cinco dos seis meses estudados e apresentou um efeito sinérgico sobre a produção, quando utilizada como uma somatória ($r = 0,82$). Outras variáveis que estavam significativamente correlacionadas com o rendimento agrícola foram a evaporação total em janeiro ($r = -0,76$), a soma da umidade relativa de outubro a março ($r = 0,72$) e a tendência tecnológica ($r = 0,68$). Deve-se citar, ainda, o trabalho de Chen (1981) que estuda, de um modo similar, o rendimento da soja para a mesma região.

A segunda linha, formulada por Celaschi e Almeida (1981) e desenvolvida pelo primeiro (1982), utilizou séries de dados climatológicos diários e dados anuais de produtividade agrícola para períodos de 20 a 25 anos. O método adotado foi o dos "períodos críticos", o qual consiste em correlacionar linearmente a série de resíduos não explicados pela tendência tecnológica com as séries de médias móveis de índices ou variáveis meteorológicas. São selecionados os períodos significativamente correlacionados e é levantada a hipótese de que a variação climática nestes períodos deve explicar (ou diminuir sensivelmente) os erros decorrentes do ajuste tecnológico. Este método foi testado para algumas DIRAs (Divisões Regionais Agrícolas) do Estado de São Paulo e para a estimativa da produção do Estado como um todo. Quanto ao desempenho do modelo, deve-se ressaltar que não apresentou sintomas de auto-regressividade e os problemas naturais de multicolinearidade são mais perceptíveis na metodologia de períodos mensais do que na de médias mó

veis de dados diários. Esta última abordagem contribuiu para uma diminuição de 8,40% para 5,89% no erro médio dos rendimentos estimados a nível de DIRAs, diferença esta que representa, em média, aproximadamente 50 mil toneladas na produção anual de milho (Celaschi, 1982).

Deve-se mencionar também, dentre os trabalhos desenvolvidos no INPE, aquele elaborado por Silva et alii (1981) que aplicaram o método de Inferência Nebulosa à previsão de safras. Os resultados obtidos foram encorajadores, no sentido de que obtiveram percentuais baixos na comparação entre a produtividade estimada e a real. Persiste, entretanto, aberto o problema de identificar a priori qual ano anterior deve servir de base para a estimativa.

O terceiro núcleo brasileiro que vem desenvolvendo pesquisa em previsão de safras é o IAC, em conjunto com a CFP. Assim, Segovia e Andrade (1981) elaboraram um estudo em que é apresentada uma função a qual pretende penalizar a produtividade máxima de uma cultura quando a umidade contida no solo afasta-se da que seria ótima. Tal função é sensível tanto à quantidade total de umidade contida no solo quanto à distribuição desta quantidade no transcurso do tempo. O objetivo final do estudo foi principalmente explicar as variações na safra, uma vez conhecida a precipitação. Este trabalho teve como ponto de referência teórico o estudo de Frere e Popov (1980) sobre previsão de safra baseada em dados agrometeorológicos. O modelo de Segovia e Andrade (1981) foi testado por Brunini et alii (1982) em dados de produção de soja obtidos nos anos agrícolas de 77/78, 78/79 e 79/80, para as regiões de Campinas, Ribeirão Preto e Pindamonhangaba. Quanto aos resultados deve-se sublinhar que o modelo é capaz de estimar, satisfatoriamente, a produtividade agrícola e, para tanto, somente é necessário que se conheça a produtividade potencial média local.

Na CETEC, recentemente, foi desenvolvido por Liu e Liu (1980) um modelo de previsão de rendimento agrícola para o trigo no Rio Grande do Sul. Nele foram usados quatorze anos de dados climatológicos mensais de três estações para uma estimativa de produção de todo o Estado. Foi utilizado um modelo de regressão múltipla aplicando o

procedimento "stepwise". Admitiram-se três períodos distintos, cada um com sua respectiva tendência linear e modelo específico. Todos os modelos selecionados possuíam $R^2 > 0,97$, exceto um que apresentou $R^2 = 0,94$. O erro médio da previsão foi de 6,5%.

Citadas as principais atividades voltadas para a previsão de safras propriamente dita, passar-se-á a citar alguns trabalhos importantes realizados em áreas afins.

Uma destas áreas é a Fenologia que estuda os fenômenos periódicos das plantas e suas relações com o ambiente. Já foram elaborados estudos avaliando a influência de fatores do ambiente, tais como fotoperíodo, temperatura, precipitação, velocidade do vento e outros; e fatores humanos, tais como práticas de manejo, época de semeadura, controle de pragas, fertilidade do solo e outros sobre o desenvolvimento agrícola. Como exemplos citam-se os trabalhos de Finardi (1979), sobre fenologia da soja e de Berlato et alii (1978) sobre o milho.

Outra área afim que vem merecendo atenção recente no Brasil relaciona-se a estimativa da água disponível no solo e sua influência na produtividade agrícola. Assim, encontram-se muitos trabalhos procurando caracterizar índices de umidade ou índices de deficiência hídrica. Como exemplos citam-se os de Mota (1981), Epiphanyo (1982), Reichardt (1978) e Lucht (1980).

1.3.2 - ESTIMATIVA DE ÁREA

Esta seção, contém uma descrição cronológica do uso de sensores remotos, em particular dos satélites da série ERTS/LANDSAT, na estimativa de áreas de cultivo e produção agrícola no Brasil.

A primeira publicação do INPE que menciona sensoriamento remoto por meio de aeronaves data de 1968, quando ainda era denominado CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais). Neste mesmo ano, ainda como parte do projeto de cooperação com a NASA, foi mencionado pela primeira vez em relatórios da CNAE o uso de satélites para sensoriamen

to remoto, para levantamento de recursos naturais (Fagundes et alii, 1968).

O trabalho de Coelho e McNeill (1970) apresenta a primeira aplicação prática de sensores remotos em aeronaves feita pelo INPE em cooperação com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) para estudos de produção agrícola. A cultura escolhida foi o café e foram obtidas relações entre a densidade de cor na emulsão dos filmes usados (coloridos e coloridos infravermelhos) e o espaçamento das plantas, tipo de solo, adubação etc. Em função dos resultados foi proposta uma metodologia para previsão de safras de café, baseada nas relações de densidade de cor versus espaçamento e densidade de cor versus produção, porém sem considerar efeitos climáticos. Para o café foram feitos levantamentos, com aeronave, de plantações atingidas por geada e "ferrugem" (Mendonça, 1971; Velloso and McNeill, 1971).

Foi aventado o uso de instrumento a bordo do SKYLAB (radar, escaterômetro, varredor infravermelho e "vidicon") para o mapeamento de café, assim como de outras culturas (INPE, 1971). Sobre efeitos de geada, existe o trabalho de Tardin et alii (1975) sobre aerolevanteamento para o nordeste do Paraná feito com filme infravermelho, na escala 1:21:000.

Antecipando o lançamento do 1º satélite da série ERTS/LANDSAT (Jul/72), em 1971 (CNAE, 1971), foi mencionada a possibilidade de estimativas de culturas agrícolas, em particular a do café, por meio de processamento digital das imagens em conjunto com fotos aéreas de baixa altitude. Estes planos foram também apresentados ao nível internacional por Machado (1971).

Em 1973, por meio de interpretação visual das imagens LANDSAT, foram identificadas áreas de produção agrícola (INPE, 1973). Logo em seguida, Palestino e Valério (1973) apresentaram um exemplo prático de interpretação visual das imagens LANDSAT em conjunto com radar e fotos infravermelhas. No ano seguinte, Tardin e Palestino (1974) apresentaram um projeto para a elaboração de um sistema de interpreta

ção automática de dados, obtidos por avião e satélite, para fins de cadastramento agrícola. Como parte deste projeto, denominado "Estatísticas Agrícolas", Batista (1975) acrescentou o uso do processador automático I-100 (GE, 1975) para a análise digital da área de Jardinópolis, próxima a Ribeirão Preto, SP. Os resultados iniciais encontram-se em Batista et alii (1976). A análise das coberturas de solo foi feita a partir de fotos infravermelhas coloridas, obtidas por avião na escala de 1:20.000 e por imagens LANDSAT (passagem 10/05/75) nas escalas de 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000. A análise digital feita foi do tipo supervisionada, ou seja, com a escolha de áreas (classes) de treinamento que serviam de base para a identificação automática das demais áreas espectralmente semelhantes na imagem. As classes usadas na classificação automática foram algodão, cana, pasto e soja. Paralelamente, a Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo preparou um levantamento de campo por meio de questionários. A diferença medida com relação ao levantamento aéreo variou desde 2% para o café até 177% para o arroz. As variações excessivas foram explicadas em função das fotos terem sido obtidas após as colheitas em alguns casos. A diferença entre o levantamento feito pela imagem LANDSAT com relação ao levantamento aéreo foi: soja 7% (66ha), pasto 9% (183ha), cana-de-açúcar, 15% (25ha), e algodão, 21% (42ha). O prosseguimento deste estudo encontra-se em Batista et alii (1978b), onde concluiu-se que fotos aéreas coloridas infravermelhas na escala de 1:10.000 e 1:20.000 produzem resultados equivalentes nas estimativas de áreas de cultivo. Os resultados destes trabalhos estão também resumidos em Batista et alii, 1978c.

Em seguida, nota-se que no INPE um esforço dirigido especificamente na aplicação de sensores remotos no estudo da cana-de-açúcar. Mendonça et al. (1980) apresentaram várias razões para estes estudos: existências de áreas extensas e contínuas com cana no Estado de São Paulo; favorecimento na identificação da cultura nas imagens LANDSAT por permanecer no solo em época que a maioria das culturas anuais não estão presentes; e melhores chances de obtenção de imagens LANDSAT livres de cobertura de nuvens.

Como parte do Projeto Estatísticas Agrícolas, Batista et alii (1978a) apresentaram para a cana-de-açúcar um estudo em Ribeirão Preto, SP., no qual compararam levantamentos feitos por fotos aéreas infravermelhas, com classificação visual e automática de imagens LANDSAT. Para uma área de cana de 28.161 ha (levantamento por fotos aéreas em 1:28.000), a interpretação visual das imagens apresentou uma diferença de -18%, e a interpretação automática supervisionada -16%. O estudo também mostra para uma área de 4010 km² a classificação da cana em duas classes "novas" e três "adultas", bem como a evolução espectral das áreas cobertas por estas classes em quatro datas distintas, de fevereiro a julho de 1977.

No trabalho de Mendonça et alii (1980), a região de estudo abrangeu uma área de 165.000 km², concentrando 95% da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. O levantamento visual apresentou 1.334.084 ha de cana, com uma porcentagem de classificação correta estimada em 88%. A partir da interpretação visual de imagens LANDSAT nos canais 5 e 7, na escala de 1:1.000.000, foram localizadas áreas com maior concentração de cana. Esta informação serviu de base para a definição de dez segmentos de 10 x 20 km que foram aerofotografados com filme infravermelho colorido na escala de 1:20.000. Estes segmentos, por sua vez, serviram de treinamento para a identificação automática (I-100) e para medir a acurácia da classificação da cana-de-açúcar.

Duas publicações do INPE apresentaram nesta época um resumo das principais atividades e resultados no campo de levantamento de áreas agrícolas: Batista et alii 1978c, e Mendonça et alii 1979. É interessante notar que nesta última referência, nas perspectivas para o futuro, propõe-se "estudar as culturas anuais de soja e milho no sentido de uma identificação e avaliação de áreas, através de imagens de aeronave, utilizando filme infravermelho colorido e imagens de satélite". Também foi proposto o desenvolvimento de um modelo de produtividade para culturas de cana, soja, trigo e milho.

Mais recentemente, Koffler (1982) apresentou um estudo para a cana-de-açúcar no qual foram utilizadas fotos infravermelhas (obtidas pelo INPE) na escala 1:20.000, para uma área de 2.100 ha, e imagens LANDSAT para estudar a cana no município de Araras, SP. Foi feita análise densitométrica das transparências infravermelhas e das imagens LANDSAT, e obtidos dados espectrais para diversas coberturas de solo. O autor concluiu que "a cana-de-açúcar apresenta características espectrais próprias que permitem a sua identificação entre outras categorias de uso da terra em fotografias aéreas infravermelhas coloridas e imagens LANDSAT."

O trigo é uma outra cultura que o INPE tem estudado por sensoriamento remoto. Mendonça et alii (1981a e b) selecionaram três segmentos de 20 km por 40 km ao norte do Rio Grande do Sul, os quais foram aerofotografados com filme colorido infravermelho na escala de 1:20.000. Para estes segmentos foram elaborados mapas com a localização de vários temas além do trigo: cevada, culturas diversas, pousio, solo preparado, pastagem, mata, reflorestamento e outros. Em seguida, usando também dados de campo, procedeu-se à classificação automática do trigo através das imagens LANDSAT e do I-100 para duas épocas distintas: julho e setembro/outubro de 1979. A porcentagem total da classificação correta de trigo para a época de julho foi de 51%, enquanto para a setembro/outubro, 63%. Chen (1981) apresentou para estes dados uma comparação da acurácia entre vários sistemas de classificação automática existentes.

Atualmente o INPE vem desenvolvendo uma série de atividades de pesquisas para várias culturas com o envolvimento de diversas entidades. Para a cultura da cana, um sistema de estimativa de área, baseado em interpretação visual de imagens LANDSAT vem sendo implantado para todo o País, com o patrocínio do Serviço de Processamento de Dados (SERPRO) e com a colaboração do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). O desenvolvimento desse sistema incluirá o treinamento, em serviço, de uma equipe que se encarregará do sistema na sua fase operacional. Como uma continuação natural desse esforço, pretende-se utilizar procedimentos

automatizados de estimativa de área da cultura e modelos de produtividade.

Com o Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), o INPE iniciou um projeto em 1982, para desenvolver um sistema de identificação e avaliação de áreas plantadas com arroz irrigado no Estado do RS. A técnica básica a ser utilizada é a interpretação visual de imagens do LANDSAT-4, sendo que inicialmente pretende-se desenvolver e testar o método em 4 (quatro) municípios pilotos, a saber: Santa Vitória do Palmar, Cachoeira do Sul, Dom Pedrito e Itagui. O trabalho está sendo desenvolvido em conjunto com os técnicos do IRGA, os quais irão implantar o sistema na sua fase operacional.

Mais recentemente foi elaborada uma proposta de cooperação com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o estudo das culturas do milho e soja no Estado do Paraná. Esse projeto visa testar a viabilidade de se integrar informações obtidas por sensoriamento remoto com métodos convencionais para estimativa de produção dessas duas culturas.

2. ESTADO ATUAL DE SISTEMAS GEOGRÁFICOS DE INFORMAÇÃO

2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE SISTEMAS GEOGRÁFICOS DE INFORMAÇÃO

Um Sistema Geográfico de Informação (SGI) é um conjunto de procedimentos computacionais que permitem combinar, analisar, armazenar e disseminar informações sobre dados codificados de maneira espacial (também chamados dados geocodificados).

A utilização de computadores para processamento de dados geográficos é fenômeno relativamente recente; os primeiros SGIs datam de meados da década de 60 e a maioria, da década de 70. A extensão coberta por tais sistemas varia desde o âmbito municipal até o nacional. Sistemas municipais são utilizados principalmente para planejamento e administração local; sistemas regionais têm, como aplicação mais usual, o inventário e a análise de recursos naturais (Nagy and Wagle, 1979).

Não obstante as diferenças, os diversos SGIs têm usualmente características em comum. Entre estas merecem ser citadas:

- 1) O núcleo de um SGI que é um *banco de dados pictóricos* (coleção de dados bidimensionais codificados em diversos formatos);
- 2) O fato de ser necessária a integração entre dados provenientes de diversas fontes (dados de censo, topográficos, imagens de satélite).

De uma maneira geral, todo SGI pode ser dividido em dois grandes subsistemas. O subsistema de *entrada* e o subsistema de *recuperação*.

O subsistema de *entrada* é responsável por toda a parte de digitalização de mapas, leitura de fitas e dados tabulares, bem como pela validação e integração destes dados. O subsistema de *recuperação* realiza as funções de análise, generalização e manipulação, e *in*

clui a saída da informação na forma de mapas e relatórios. O esquema geral para um SGI é mostrado na Figura 1.

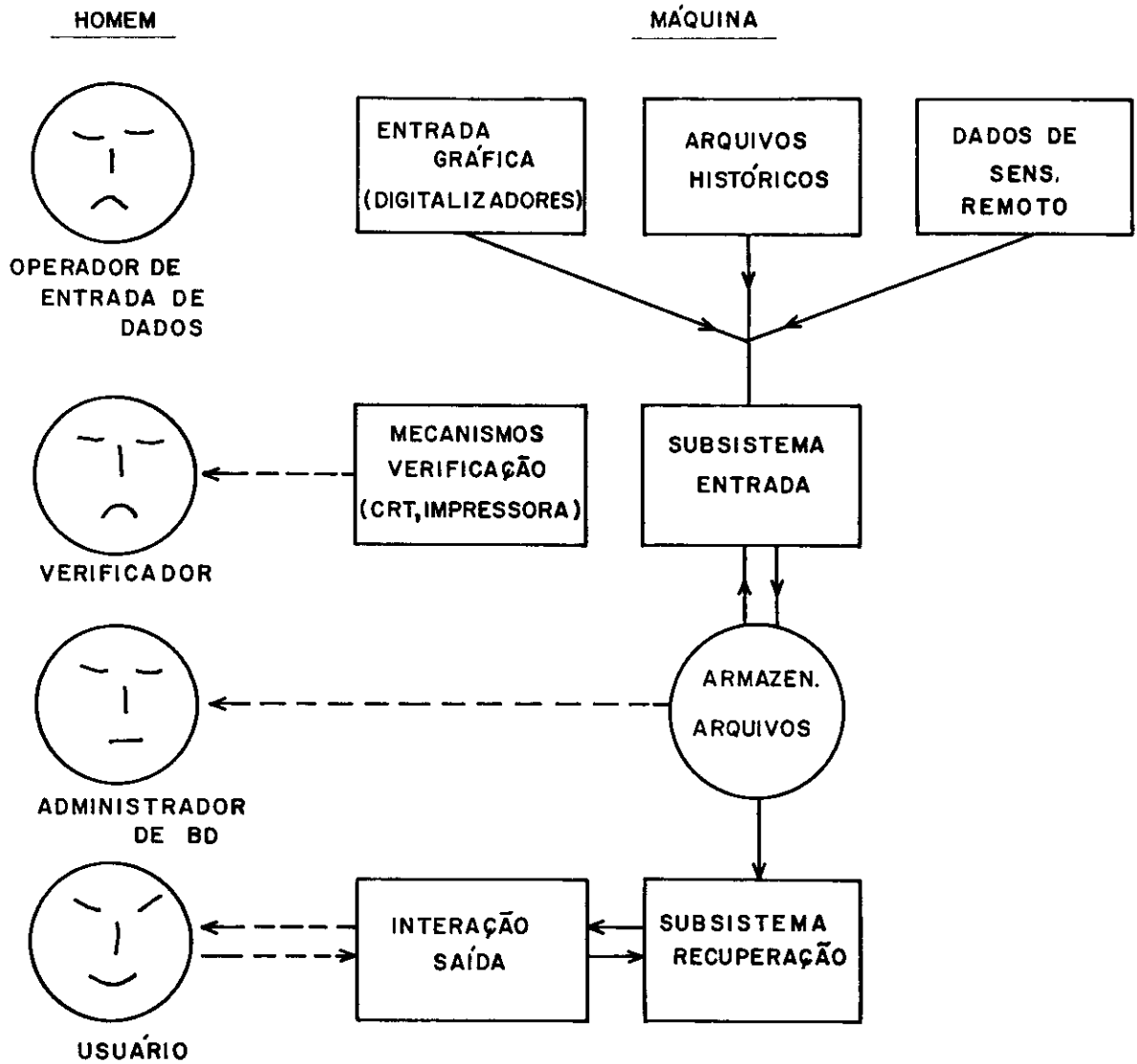


Fig. 1 - Esquema geral de um SGI.

Para que o usuário possa realizar análises sobre as entidades geográficas, os SGIs usuais dispõem das seguintes capacidades de manipulação:

- BUSCA: habilidade de achar elementos que satisfaçam certas propriedades geométricas desejadas (tamanho, distância etc.).
- MEDIDA DE ÁREA
- ESTATÍSTICAS
- MAPEAMENTO COMPOSTO: capacidade de sobrepor dados de dois ou mais mapas e gerar um mapa composto.

2.2 - ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO

Um atributo essencial de um SGI é a maneira como são armazenados os dados, pois a capacidade de análise de cada SGI está intimamente ligada ao tipo de estrutura utilizada. Existem três abordagens gerais para a organização interna dos dados: organização *celular*, organização por *polígonos* e organização por *varredura* (Bryant and Zolbrist, 1977).

Na organização *celular*, todas as variáveis referentes a um particular elemento (cela ou quadrícula) do sistema são codificadas conjuntamente; tais sistemas têm alto custo de entrada e manutenção de dados (pois isto é feito manualmente) e são pouco flexíveis e pouco eficientes (pois sua capacidade de análise é limitada).

Como resposta às desvantagens de sistemas celulares, a maior parte dos SGIs existente faz uso da organização *poligonal*: as entidades geográficas são descritas por uma lista de suas coordenadas. Tal estrutura de dados permite rápida entrada viamesa digitalizadora e facilidade para armazenamento e construção de tabelas. Entre os problemas inerentes a tais estruturas estão o alto custo computacional para editar e atualizar os dados e as dificuldades de desenvolvimento dos algoritmos para extração de informação.

Na organização por *varredura*, o banco de dados é o equivalente computacional de uma coleção de mapas de uma mesma área. Sua utilização decorre da crescente quantidade de dados neste formato - tais como imagens de satélite e saída de digitalizadores óticos - e da facilidade do desenvolvimento de algoritmos de manipulação. Tal estrutura, no entanto, não é eficiente em termos de armazenamento.

2.3 - EXEMPLOS DE SGI

Para que se tenha uma idéia do escopo e aplicações de SGIs, a Tabela 1 mostra alguns dos sistemas mais conhecidos, com suas principais características.

Um aspecto importante é notar que poucos dos SGIs existentes promovem a integração dos dados de *sensoriamento remoto*, pois esta é uma abordagem recente na construção de SGIs. Além disso, para a integração das imagens de satélite ao sistema, é necessário o uso de tecnologia de processamento digital de imagens, que apenas começou a estabelecer-se em meados da década de 70. Para referência de caráter geral, veja-se Nagy and Wagle (1979). Entre os livros dedicados ao assunto incluem-se os de Tomlinson (1972), Blaser (1980) e de Freeman e Pieroni (1980).

2.4 - USO DE SGI PARA APLICAÇÕES EM SENSORIAMENTO REMOTO

O aproveitamento de imagens de satélite de sensoriamento remoto (e.g. LANDSAT) como elementos de uma base de dados geográfica que contenha outros tipos de informação é uma abordagem recente na construção de SGIs. O primeiro sistema a fazer uso desta combinação foi o sistema IBIS ("Image-Based Information System"), construído no Laboratório de Propulsão a Jato do Instituto de Tecnologia da Califórnia (CALTECH) em meados da década de 1970 (Bryant and Zolbrist, 1977). A organização do sistema IBIS é por varredura e usa técnicas de processamento digital de imagens para fazer a junção entre imagens LANDSAT, mapas digitalizados em dispositivos de varredura ("scanners") e polígonos transforma

dos para imagens. De uma maneira geral, considera-se que os sistemas por varredura são os mais adequados neste caso, tendo em vista a natureza intrínseca dos dados LANDSAT. Um recente sistema que pode ser considerado exemplar para o caso da América Latina foi o desenvolvido pelo LARS ("Laboratory for Applications of Remote Sensing"), ligado à Universidade de Purdue (EUA), para a Bolívia (Bartolucci and Phillips, 1980). Analisou-se uma extensão de 1500 km² no Departamento de Oruro, sendo criados dezesseis diferentes mapas digitais para permitir análises: LANDSAT nas bandas 4, 5 e 7, divisão política (2 mapas), elevação (3), geologia, solos, hidrologia, precipitação, temperatura, uso do solo, transporte e população. Os resultados obtidos foram extremamente encorajadores quanto ao uso de um Sistema Geográfico de Informação para um país onde as informações coligidas pelos métodos tradicionais são disponíveis de maneira incompleta. Um recente simpósio foi dedicado inteiramente ao assunto da integração de dados de Sensoriamento Remoto em Sistemas Geográficos de Informação.

Tendo em vista a importância desta área e seu impacto nas aplicações de sensoriamento remoto, o INPE está desenvolvendo um SGI para complementar os procedimentos de processamento e classificação de imagens já existentes na instituição. O sistema proposto terá armazenamento por *varredura* (a exemplo do sistema IBIS) e será utilizado para aplicações de Geografia, Agronomia e Geologia.

TABELA 1

EXEMPLOS DE SISTEMAS GEOGRÁFICOS DE INFORMAÇÃO

SISTEMA	ÁREA	OBJETIVOS	ESTRUTURA DE DADOS	DISPOSITIVO DE ENTRADA	COMPUTADOR	"SOFTWARE"	OPERADOR	PAIS	COMENTÁRIOS
SACARTS	CARTOGRAFIA MILITAR	MAPAS MILITARES 1:50.000	POLIGONAL	MESAS DIGITADORAS 100 x 150 cm	*	*	AGÊNCIA Mapeamento do Departamento de Defesa	EUA	80 HORAS/MAPA
CGIS	PLANEJAMENTO REGIONAL	MAPAS E COMBINAÇÕES DE VÁRIAS FONTES	POLIGONAL	"SCANNERS" ÓPTICOS MESAS DIGITADORAS.	IBM 370 (1M mem)	PL-1 ASSEMBLER	DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE	CANADÁ	10 DIFERENTES MAPAS (1:250.000) DE TODO PAÍS
ODYSSEY	ANÁLISE GEOGRÁFICA	*	POLIGONAL	DIGITALIZAÇÃO	*	*	UNIVERSIDADE HARVARD	EUA	SISTEMA AINDA NÃO TERMINADO
URIS	GERÊNCIA DE RECURSOS NATURAIS	MAPAS DE COBERTURA DO SOLO	POLIGONAL	DENSITÔMETRO	UNIVAC 1110	FORTRAN COMANDOS INTERATIVOS/"BATCH"	DEPARTAMENTO DE FLORESTA	EUA	100 ÁREAS E 1000 ATRIBUTOS
IBIS	SENSORIAMENTO REMOTO	ANÁLISE DE ÁREAS ESPECÍFICAS	VARREDURA	DIGITALIZAÇÃO LEITURA DE FITAS LANDSAT	UNIVAC IBM 3031	VICAR (PROJ. DE PROC. DE IMAGENS) A JATO (URL)	LABORATÓRIO PROPULSOR	EUA	USA TECNOLOGIA DE PI PARA INTERFACE COM LANDSAT
IDIMS	SENSORIAMENTO REMOTO	" "	VARREDURA	DIGITALIZAÇÃO FITAS LANDSAT	HP 3000 ASAP "ARRAY. PROC."	INTERATIVO C/ COMANDOS DO USUÁRIO	NASA	EUA	COMPLEMENTA DIST. PROC. IMAGENS
GADS	PLANEJAMENTO REGIONAL	" "	POLIGONAL	DIGITALIZAÇÃO	*	*	IBM SAN JOSE	EUA	GERÊNCIA DE BD SOFISTICADA

(*) - DADO NÃO-DISPONÍVEL

3 - REAVALIAÇÃO DO PROJETO SERE/RS

Conforme a proposta do Projeto SERE/RS, identificaram-se as seguintes fases principais do projeto: 1) Estimativa de Área; 2) Estimativa de Produtividade; 3) Estimativa de Produção ou Inferência de Safras; 4) Sistema de Informação Agrícola ou de Recursos Naturais; e 5) Sistema de Processamento Automático de Imagens.

3.1 - ESTIMATIVA DE ÁREA

A proposta indica que a fonte básica de dados para estimativa de área plantada com as diversas culturas, ou classes de uso do solo, de interesse será o LANDSAT. Entretanto, a proposta não é suficientemente clara quanto à extração de informação desses dados. A experiência indica que várias alternativas são possíveis, com implicações na precisão, nos custos e meios necessários para a extração dessa informação.

Qualquer que seja a alternativa escolhida, ela deverá pressupor o desenvolvimento de um sistema de processamento automático de imagens, conforme caracterizado na Seção 3.5 desse relatório, considerando os objetivos a serem atingidos pelo projeto.

Resultados do projeto LACIE, do AgRISTARS e de pesquisas realizadas pelo INPE com a cultura do trigo no Rio Grande do Sul indicam que uma alternativa baseada em amostragem, em oposição à análise integral das imagens LANDSAT, é preferível. Essa opção otimiza o tempo de computação; facilita o registro de imagens multitemporais, essencial ao bom desempenho de identificação de culturas; e minimiza limitações associadas a problemas de nuvens, sem adicionar um erro amostral significativo. Essa alternativa, pressupõe o desenvolvimento de um universo amostral para todo o Estado do Rio Grande do Sul, a determinação do tamanho ótimo de segmentos, a determinação do número de segmentos necessários para atingir um erro amostral prefixado, e a alocação desses segmentos em estratos predeterminados.

Em nenhum ponto da descrição da metodologia apresentada no projeto está claro como se pretende abordar essas alternativas.

Dado a inexistência de dados confiáveis para comparar a acurácia das estimativas nas diversas regiões ou estratos homogêneos, há a necessidade da obtenção de dados aerofotogramétricos para essa avaliação. Esses dados podem também fornecer informações para a aquisição de amostras de treinamento no tratamento automático de dados LANDSAT. Embora a proposta refira-se ao uso de aeronave em áreas testes, não está clara a finalidade e a forma com que esses dados serão utilizados no contexto do projeto.

Finalmente, considerando que o sistema LANDSAT, atualmente em operação, coleta dados somente a cada 16 dias sobre a mesma área, que há necessidade de observar uma cultura mais de uma vez durante a sua estação de crescimento, em períodos críticos de seu ciclo de desenvolvimento, para identificar a cultura com confiabilidade e, considerando ainda, a frequente ocorrência de nuvens no Estado do Rio Grande do Sul por ocasião da estação de crescimento das diversas culturas a serem levantadas pelo projeto, existe a necessidade de prever uma fonte alternativa de dados além do LANDSAT e uma metodologia de utilização desses dados. Embora a proposta mencione "obtenção de outras informações", ela não é suficientemente clara na definição da estratégia a ser adotada caso dados LANDSAT não sejam disponíveis.

Outro requisito essencial ao sucesso desse projeto é a necessidade de conhecer o comportamento espectral das culturas de interesse em suas diversas fases do ciclo de crescimento, nas várias faixas espectrais do MSS. Isso pressupõe o desenvolvimento de pesquisas básicas com a correlação de dados de campo com dados orbitais. Isto é essencial ao bom desempenho da identificação de culturas agrícolas por meio de dados de satélites de sensoriamento remoto.

3.1.1 - RECOMENDAÇÕES

Em resumo, considerando os desenvolvimentos apresentados nos capítulos introdutórios deste relatório e os objetivos do Projeto SERE/RS, conclui-se que para o projeto proposto alcançar os seus objetivos, em termos de estimativa de área da cultura de interesse, é necessário:

- Desenvolvimento de estudos de comportamento espectral das culturas de interesse, nas várias fases dos seus ciclos vegetativos (pelo menos por 3 anos consecutivos).
- Determinação de um universo amostral para o Estado, com estratificação, determinação de tamanho de segmento, definição do número de segmentos e alocação das unidades amostrais.
- Existência de um sistema de processamento automático de imagens, conforme caracterizado na Seção 3.5 deste documento.
- Estratégia alternativa para a inexistência de dados LANDSAT, devido a problemas de cobertura de nuvens.
- Tempo mínimo de 4 anos para o desenvolvimento e teste do modelo de estimativa de área para as culturas de interesse no Estado.
- Equipe mínima de 6 pesquisadores experientes no assunto, durante 4 anos, em tempo integral, com o suporte de vários técnicos especializados em experimentação agrônômica de campo, medidas espectrais de campo, computação e análise de dados e coleta de dados básicos. Estes 6 pesquisadores devem ter formação básica em Agronomia, com especialização em Sensoriamento Remoto (2); Computação, com especialização em Processamento de Imagens (2); Engenharia Eletrônica, com especialização em Equipamentos Ótico-eletrônicos e Física da Radiação (1) e Estatística, com especialização em Amostragem e Previsão de Safras (1).

3.2 - ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE

Devido à pouca informação contida na proposta de projeto apresentada, fica sacrificada a emissão de um parecer completo e com recomendações específicas. Em princípio, os fatores que influenciam ou podem ser importantes em um modelo de produtividade foram mencionados no projeto. Entretanto, a descrição do plano do projeto não contém discussões a respeito dos modelos a serem desenvolvidos, dados a serem utilizados, dificuldades inerentes à aplicação de modelos para o Estado ou uma região específica, confiabilidade dos modelos, preditividade e seus limites de aplicação (intervalo de validade das variáveis independentes e região).

Quando se analisa o Relatório de Andamento do 1º Quadrimestre do Projeto, embora se tenha escrito mais sobre o tópico produtividade, ainda assim fica difícil emitir um parecer com base nas afirmações encontradas no documento. Estas afirmações não permitem uma avaliação científica de seu conteúdo. Nota-se contudo que, como é afirmado no próprio relatório, a atividade "objetivou ensaio e avaliação de modelos existentes e não a construção de modelos de produtividade". Entretanto, não se tem conhecimento de modelos agrometeorológicos de produtividade devidamente testados para as culturas de milho, soja e arroz para o Estado do Rio Grande do Sul.

3.2.1 - RECOMENDAÇÕES

A julgar pelo acima exposto, e por nossa experiência e a de outros centros, indicada no capítulo introdutório deste documento (Estado Atual de Estimativa de Produção Agrícola por Satélite), para que as metas do projeto proposto possam ser alcançadas, considera-se necessário:

- participação no projeto de 3 técnicos experientes (meteorologista, agrônomo, analista), em regime de tempo integral, por dois anos, para o desenvolvimento do modelo;

- existência de um acervo de dados (variáveis agrometeorológicas e tecnológicas) disponíveis em meios magnéticos e para uso imediato.

3.3 - ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO

Da maneira como está descrito este tópico, muito pouco pode-se comentar a respeito. De uma maneira geral, dentre todas as iniciativas para o desenvolvimento de um sistema de previsão de safras com o concurso ou não de Sensoriamento Remoto, destacam-se os subsistemas de avaliação ou estimativa de área, os de produtividade e aquele cujas funções mais comuns são a integração e/ou agregação dos dados dos dois subsistemas anteriores e a geração de uma medida final, que demonstra a eficiência e a acurácia geral do sistema. A função primordial deste subsistema é produzir a estimativa final de produção em cada nível hierárquico que se está considerando (Município, Estado, Região ou País) dentro de um prazo preestabelecido e com os limites prováveis dos erros associados.

O projeto não faz qualquer menção quanto à oportunidade e à acurácia das estimativas a serem produzidas. Sem qualquer especificação sobre o produto que será gerado pelo sistema, não se tem qualquer medida da avaliação do seu desempenho.

3.3.1 - RECOMENDAÇÕES

O subsistema de integração e avaliação, em linhas gerais, é responsável pelas estimativas finais de produção e respectivos limites de confiança, preparação e divulgação das previsões e avaliação, através de testes independentes, do desempenho do sistema.

Para que o projeto possa atingir os objetivos propostos, é necessário que:

- Seja desenvolvida uma metodologia para a agregação das estimativas de áreas cultivadas e produtividade na geração das estimativas de produção para os diversos níveis.
- Sejam definidos e estimados intervalos de confiança associados a cada estimativa.
- Sejam desenvolvidos métodos de geração de novas previsões, após a ocorrência de fenômenos episódicos adversos, tais como geadas, inundações, secas, etc., refletindo os efeitos destes fenômenos.
- Sejam estabelecidos procedimentos de avaliação do desempenho do sistema. Esta avaliação objetiva fornecer uma realimentação aos subsistemas de estimação de área e de produtividade.
- A proponente disponha de uma equipe experiente de 5 especialistas nas áreas de Agronomia (especialista em Economia Agrícola, Agrometeorologia e Sensoriamento Remoto), Estatística (1), Computação (um especialista em Análise de Sistemas).

Existe, ainda, a necessidade de contratação de serviços de terceiros na área de aerofotogrametria, trabalho de campo e interpretação de dados para o desenvolvimento e teste do sistema.

3.4 - SISTEMA DE PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO DE IMAGENS

Para o desenvolvimento de atividades ligadas à área de Sensoriamento Remoto, um sistema de Processamento Automático de Imagens (SIAI) representa um complemento indispensável. No caso do projeto SERE-RS, o sistema SIAI pode ser dividido em suporte lógico ("software") e suporte físico ("hardware"), que serão objeto de considerações diferenciadas.

3.4.1 - SUPORTE FÍSICO ("HARDWARE")

As configurações propostas para o sistema (geral e simples) enquadram-se dentro da moderna filosofia de arquitetura modular e processamento distribuído. Contudo, devido ao alto custo dos equipamentos

envolvidos (principalmente visualizadores e memória de disco), não se tem notícia da existência, no mundo, de um sistema como o descrito na configuração geral.

No tocante à configuração simples, é importante que sejam especificados os atributos de cada um dos seus elementos (característicos de CPU, capacidade dos discos, tamanho do vídeo colorido, etc) e do custo envolvido para que se possa ter uma melhor dimensão do sistema proposto. Somente após tal passo será possível uma análise da viabilidade do SIAI proposto.

3.4.2 - SUORTE BÁSICO ("SOFTWARE")

A descrição das áreas de trabalho necessárias para a obtenção de informação em imagens digitais afigura-se correta, com três partes: *análises estatísticas, transformação de dados LANDSAT e tratamento de imagens*. É importante ressaltar que algumas das tarefas exigem algoritmos especializados e precisos. Como exemplo, devem-se citar a eliminação das distorções (correção geométrica), a combinação de imagens em datas distintas (registro) e o reconhecimento de padrões (classificação estatística). Não é feita, porém, a descrição dos métodos a serem utilizados em cada um dos passos, o que impede a avaliação da adequação da biblioteca de programas às tarefas requeridas.

Uma observação relevante é a de que o lançamento do LANDSAT-4 - contrariamente ao afirmado na proposta - não promoveu uma mudança básica e estrutural nos sistemas de processamento de imagens, nem em seus procedimentos de extração de informação, permanecendo a validade dos métodos matemáticos e estatísticos utilizados anteriormente.

3.4.3 - RECOMENDAÇÕES

Tanto o suporte físico ("hardware") quanto o suporte lógico ("software") para o SIAI estão propostos de maneira a poder cumprir os requisitos necessários ao projeto, desde que os componentes e

os algoritmos sejam configurados convenientemente. Uma avaliação mais aprofundada requer uma descrição mais completa do sistema do que a disponível.

Além disso, no tocante ao equipamento, sugere-se que seja baseado em computador nacional, com o visualizador também desenvolvido no País. Quanto ao "software", deverão ser levados em conta os desenvolvimentos já realizados no País na área de algoritmos para processamento de imagens de satélite.

O esforço estimado (baseado em experiências anteriores) para o desenvolvimento apenas do "software" para o SIAI é de uma equipe com 2 especialistas em processamento de imagens e 2 profissionais de computador trabalhando em tempo integral durante 1 ano e meio. Aparentemente, o projeto não conta com o material humano necessário, o que põe em dúvida o cumprimento das metas estabelecidas.

3.5 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

Sistemas de informação de recursos naturais podem ser considerados como casos particulares de sistemas geográficos de informação (SGI) quando o objetivo de estudo é a análise do potencial agrônomo, geológico ou geográfico de uma determinada região. Tais sistemas são ferramentas bastante úteis para auxiliar na tomada de decisões sobre programas ambientais, fornecendo informações objetivas e atualizadas, sem no entanto incorrer em custos elevados. Dentro desta perspectiva, um sistema de informação de recursos naturais pode representar um útil complemento a um programa de Previsão de Safras baseado em técnicas de sensoriamento remoto.

Com base no exposto neste documento, na proposta e no relatório de andamento do projeto SERE-RS, podem ser feitas as seguintes observações:

- 1) A estrutura de dados interna proposta para o SIRD (Organização por quadrículas de 1 km x 1 km) apresenta vantagens e desvantagens

gens. Entre as vantagens podem ser citadas: a construção do arca**buço** para armazenar os dados é fácil e direta; a relação das quadrículas com uma projeção cartográfica definida não é complicada. Como desvantagens, pode-se arrolar: o custo relativamente elevado de entrada e atualização dos dados, feitos manualmente ou apenas com o auxílio de um digitalizador; a baixa flexibilidade do sistema, uma vez que sua resolução está limitada pelo tamanho das quadrículas (ou subquadrículas), não se permitindo existirem informações em escalas distintas, o que torna a opção proposta não-recomendável para uma área da extensão do Estado do Rio Grande do Sul.

- 2) A integração das imagens dos satélites de série LANDSAT ao sistema é tarefa complicada, pois, além destes apresentarem distorções geométricas, seu elemento de resolução (ponto) tem ordem de grandeza distinta do tamanho das quadrículas.

3.5.1 - RECOMENDAÇÕES

Como sugestão para o encaminhamento dos trabalhos no SIRD, pode-se apontar:

- a) A utilização de algoritmos para correção das distorções geométricas com imagens do LANDSAT é imprescindível para seu posterior ajuste a uma base cartográfica desejada. Além disso, devido à diferença de resolução entre o sistema (1 km x 1 km) e o satélite (80 m para o LANDSAT-1, 2, 3 e 30 m para o LANDSAT-4), as imagens de satélite deverão ser pré-classificadas em áreas homogêneas antes de serem integradas ao sistema. Este passo requer a existência de algoritmos de classificação de imagens eficientes e acurados. Não foi feita a descrição dos procedimentos a serem utilizados para tal fim, o que pode indicar que tais dificuldades não foram consideradas.
- b) É importante que seja feita a especificação dos procedimentos a serem utilizados, dentro das capacidades de manipulação neces

sãrias para um Sistema Geográfico de Informações (Seção 2.1).

- c) Deve-se estudar a possibilidade da existência de estruturas de dados adicionais no SIRN, do tipo *poligonal* ou *varredura*. Isto aumentaria a flexibilidade e diminuiria o custo do sistema na sua fase operacional.
- d) O esforço estimado para o desenvolvimento do SIRN, tal como projetado, requer uma equipe de 2 (dois) profissionais durante 1 ano e meio, coordenados por um "expert" na área de Sistemas Geográficos de Informação. Supondo que um procedimento adequado de correção geométrica esteja disponível, não há indicação do pessoal qualificado envolvido, condição sine qua non para o sucesso do projeto.

4 - CONCLUSÃO

4.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo do documento objetiva atender às suges
tões específicas da solicitação do Banco do Brasil com relação ao pro
cedimento de reavaliação do Projeto: "Desenvolvimento, teste e instala
ção de um sistema de informações de inventário agrícola e previsão de
safras para o Estado do Rio Grande do Sul utilizando imagens de satéli
te (Projeto SERE-RS)". Dessa forma, foram ponderados os objetivos pro
postos e a possibilidade de realização do projeto considerando a con
juntura nacional.

4.2 - OBJETIVOS POSSÍVEIS DE SER ALCANÇADOS

Dentro do escopo do Projeto SERE/RS, acredita-se que um
sistema de previsão de safras que utiliza dados orbitais como princi
pal fonte de dados poderá ser desenvolvido para as culturas de milho,
soja, trigo e arroz para o Estado do Rio Grande do Sul, com erro infe
rior a 10% da produção real do Estado por cultura na época da colheita.

O atingimento desse objetivo está condicionado a: que
o sistema seja necessariamente híbrido em termos de níveis de coleta
de dados (campo, satélite e possivelmente aeronave); que o sistema uti
lize tecnologia nacional no suporte lógico (programa/modelos); que ex
perimentos básicos sejam desenvolvidos, principalmente para as cultu
ras de milho, soja e arroz, considerando que não se tem experiência su
ficiente no País sobre o comportamento espectral dessas culturas. Es
sas pesquisas básicas deverão permitir uma definição mais precisa e
realista dos parâmetros de qualificação do sistema.

4.3 - PRAZOS

O prazo m̃nimo para desenvolvimento e teste do sistema ẽ de 5 anos sendo que nos dois primeiros anos seriam desenvolvidas as atividades de pesquisa b̃sica de montagem de modelos de produtividade, de estratificaçãõ da ̃rea, e de implantaçãõ do sistema de processamento de imagens. A seguir, o sistema seria testado e validado durante 3 anos, sendo que o ultiõ ano seria considerado como um ano de transiçãõ no qual as entidades operadoras do Sistema deveriam ser envolvidas no trabalho.

4.4 - CUSTOS

Os custos de um sistema de previsãõ de safras por satẽ lite, associado ou nãõ a um sistema geogrãfico de informaçãõ, vãõ depender dos recursos humanos e materiais envolvidos. O custo real relacionado com os recursos humanos dependerã da maior ou menor necessidade de treinamento de pessoal especializado. Os recursos materiais envolverãõ a aquisiçãõ de equipamentos necessãrios ̃ operaçãõ do sistema e materiais de suporte ao seu desenvolvimento (por exemplo: espectrorradiõmetros de campo e aerolevõtamento).

O levantamento de dados b̃sicos necessãrios ao desenvolvimento e operaçãõ do sistema pode significar, uma parcela relevante do custo total, dependendo da disponibilidade, metodologias de obtençãõ e formas de aquisiçãõ destes dados.

Vale ressaltar ainda que os objetivos descritos na Seçãõ 4.2 devem ser precedidos de criaçãõ de infra-estrutura adequada por parte da entidade envolvida, como indicado no Capitulo 5. A título de ilustraçãõ, o Capitulo 3, Reavaliaçãõ do Projeto SERE/RS, faz recomendações quanto aos recursos humanos e materiais necessãrios pa

ra a realização do referido projeto. Entretanto, não foram levados em consideração naquela análise os custos associados à criação de infraestrutura, ao treinamento, a viagens, a diárias e a serviços de terceiros.

A título de ilustração, considerando-se apenas a necessidade de pessoal especializado descrita no Capítulo 3, o custo estimado destes especialistas para o período de 5 anos do projeto será de Cr\$ 700.000.000,00 (setecentos milhões de cruzeiros), a preços de maio de 1983. Neste cálculo, foram considerados três níveis salariais, e 72% de encargos sociais. Ainda a título de ilustração, o suporte computacional ("hardware") para um sistema de processamento de imagens que satisfaça às necessidades do projeto, conforme descrito nas seções 3.4 e 3.5 desse documento, custaria da ordem de Cr\$ 120.000.000,00 (cento e vinte milhões de cruzeiros). Neste total estão configurados: 1 (uma) unidade visualizadora e um computador com unidade de fita e disco de 300 MBytes, construídos no País.

4.5 - METODOLOGIA

O programa de previsão de safras acima proposto é uma atividade multidisciplinar - que envolve as áreas de Sensoriamento Remoto, Agronomia, Meteorologia, Computação e Estatística - e requer a realização prévia e concomitante de um programa de pesquisa básica. Deste modo, para atingir os objetivos almejados, é necessário atender os critérios metodológicos descritos abaixo.

A produção de uma cultura em uma determinada região é calculada como o produto da área plantada por sua produtividade. O sistema de estimativa deve utilizar dados de satélite ambientais com o suporte de dados de aeronave e de campo.

Para a estimativa de área, deverão ser utilizadas técnicas de amostragem com a escolha de unidades amostrais, para as quais será estimada a proporção de cultura. Várias passagens de satélite deverão ser utilizadas para analisar o comportamento da cultura ao longo do tempo. Torna-se necessário, portanto, o desenvolvimento de procedimentos computacionais para superposição de imagens de datas distintas, correção geométrica, realce de características e classificação de dados multitemporais, bem como a análise estatística detalhada da região em estudo, para determinar as áreas homogêneas com vistas em uma estratificação adequada. Um método alternativo para estimativa de área baseado em dados de aeronave ou campo deve ser desenvolvido, caso imagens de satélite não sejam disponíveis.

No caso de produtividade, poderá ser estabelecido optativamente um modelo estatístico baseado em variáveis agronômicas, meteorológicas e tecnológicas, coletadas por um período significativo, ou modelos de simulação de crescimento, dependendo da área específica para a qual se quer gerar a estimativa. Para a construção deste modelo deve-se montar um banco de dados que contém as variáveis de interesse, bem como realizar estudos para a determinação de regiões homogêneas.

Os modelos a serem utilizados - tanto para estimativa de área quanto de produtividade - deverão ser testados, validados e eventualmente modificados durante pelo menos 3 safras. Para complementar, deve ser feito a priori um estudo do desenvolvimento fenológico das culturas, com vistas em determinar padrões de comportamento espectral e auxiliar o desenvolvimento de modelos de produtividade.

4.6 - ÓRGÃOS CAPAZES DE EXECUTAR A PESQUISA E/OU DAR-LHE ASSESSORAMENTO TÉCNICO

Um sistema de previsão de safras tal como o proposto requer, para a sua implantação, a participação efetiva de várias entidades

des, de forma a assegurar a sua exequibilidade com a mobilização de um elenco de meios materiais e humanos de porte e complexidade elevados. Cumpre ressaltar que tal sistema ainda não se encontra disponível no País e sua implantação requer a integração entre diversos órgãos, da das as necessárias atividades de *pesquisa* e *desenvolvimento* nas vã rias áreas de conhecimento (Sensoriamento Remoto, Meteorologia, Agronomia, Estatística e Computação) e o subsequente esforço de *operaciona*lização a níveis federal, estadual e municipal.

O sucesso da iniciativa depende da cooperação entre instituições de pesquisa a nível federal, Secretarias Estaduais de Agricultura e de Planejamento, Centros e Institutos de pesquisa a nível estadual, para citar os principais. A interação entre estas entidades, bem como a determinação da responsabilidade de cada uma delas, requer uma ampla discussão entre elas e uma estreita ação coordenadora. A participação efetiva de entidades em todos os níveis de atuação é essencial para a otimização de recursos e de esforços necessários a implantação de um sistema de estimativa de produção agrícola por satélites ambientais.

5. RECOMENDAÇÕES

Levando em conta o Estado Atual de Estimativa de Produção Agrícola por Satélite e de Sistemas Geográficos de Informação, a apresentados nos Capítulos 1 e 2, a Reavaliação do Projeto SERE/RS, descrita no Capítulo 3, e as Conclusões, apresentadas no Capítulo 4, e considerando ainda:

- que o esforço de pesquisa, desenvolvimento e operacionalização de um sistema de previsão de safras que utiliza satélites de observação da terra não só é altamente recomendável, como também imprescindível num país de dimensão continental e potencial agrícola como o Brasil;
- que o desenvolvimento desta tecnologia já vem sendo feito em outros países, que a usarão tanto a nível de suas fronteiras como internacionalmente;
- a falta de experiência, infra-estrutura, pessoal especializado e equipamentos por parte da CIENTEC;
- a necessidade de um período de 5 anos para o desenvolvimento e execução do projeto;
- a necessidade, no âmbito da CIENTEC, de cumprir sua vocação de órgão inovador em Ciência e Tecnologia dentro do Estado do Rio Grande do Sul, recomenda-se:
 - a) que a CIENTEC estabeleça um plano de implantação de infra-estrutura, tendo em vista as necessidades materiais e, principalmente, de recursos humanos nas disciplinas pertinentes (Meteorologia, Sensoriamento Remoto, Agronomia, Computação e Estatística). A formação e treinamento de pessoal devem ser considerados pontos críticos e iniciais para que a tecnologia possa ser efetivamente absorvida e, posteriormente, repassada a outras instituições.

- b) que o plano de implementação de infra-estrutura contemple uma cooperação efetiva entre instituições afins (principalmente, entre instituições estaduais, às quais caiba a incorporação da nova tecnologia pretendida) e que garanta não só a utilização de tecnologia nacional, como também estimule ainda mais este desenvolvimento.

- c) que o projeto SERE/RS seja sensivelmente reestruturado no tocante a seus objetivos, prazos, alternativa metodológica e forma de condução, como sugerido neste documento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGSERV, 1978. A crop/weather data base to determine corn and soybeans inventory and production potential, User Information Manual, Control Data Corporation.
- AgRISTARS ANNUAL REPORT, FY 1982. Preparado pelo Grupo de Manejo do Programa AgRISTARS, AP-J2-0393. NASA, JSC, Houston, TX 77058.
- BARTOLUCCI, L.; PHILLIPS, T. Digital Information System for the Oruro Department. Quarterly Progress Report. LARS, Purdue Univeristy, 1980. (ANT/SF-1812-B0).
- BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A. Uso de dados orbitais para identificação e avaliação de áreas de cana-de-açúcar. São José dos Campos, 20pp., 1978a (INPE 1228-NTE/116).
- BATISTA, G.T. Projeto estatísticas agrícolas-aplicação de sensoria_umento remoto no levantamento de culturas para fins de previsão de safras. São José dos Campos, INPE, 19pp, 1975. (INPE-797-PPR/009).
- BATISTA, G.T.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S. C. NOVAES, R.A. Uso de sensores remotos a bordo de satélite e aeronave na identificação e avaliação de áreas de culturas para fins de previsão de safras. São José dos Campos, INPE, 41pp, 1978b. (INPE-1229 - NTI/0103).
- BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T.; NOVAES, R.A.; MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; CHEN, S.C.; Interim report of INPE's crop survey program using combined LANDSAT and aircraft data. São José dos Campos, 26 pp. 1978c. (INPE-1289-NTE/124).
- BATISTA, G.T.; NOVAES, R.A.; TARDIN, A.T.; MENDONÇA, F. J.; LEE, D.C.L.; SANTOS, J.R.; CHEN, S.C.; TOSCANO, L. P.; Atividades do projeto estatísticas agrícolas durante o ano de 1976. São José dos Campos, INPE, 40pp, 1976. (INPE-830-PPR-012).

- BAIER, W.; 1977. Crop weather models and their use in yield assessments. WMO Technical Note nº 151.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R.; 1978 Relação entre temperatura e desenvolvimento do milho. Anais de XII Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Goiânia. Ed. EMBRAPA.
- BIZZEL, R.M.; F.G. HALL, A.H. FEIVESON; M.E. BAUER; B.J. DAVIS; W.A. MALILA e O.P. RICE. 1975. Results from the Crop Identification Technology Assessment for Remote Sensing (CITARS) Project, Proc. Tenth Symp. on Remote Sensing Of Environment, ERIM, p. 1189-1198, Ann Arbor, MI.
- BLASER, A. ed. Data base techniques for pictorial application. Berlim, Springer - Verlag, 1980.
- BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C.; PEREIRA, H.A.A.M., 1982. Teste de um modelo agroclimatológico que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. Coleção Análise e Pesquisa, v. 24, Brasília, Ministério da Agricultura.
- BRYANT, U.; ZOLBRIST, A. IBIS: A geographic information system based on digital image processing and image raster data type. IEEE Transaction on Geoscience Electronics, 15 (3): 152-59, July, 1977.
- BAIER, W.; J.A. DYER, Wr. CHARP.; The versatile soil moisture budget. Tech. Bull. 87. April 1979. Agrometeorology Section. Land Resource Earth Institute. Research Branch, Ottawa, Canada.
- CELASCHI, W. 1982. Um modelo de produtividade de milho para o Estado de S. Paulo. Tese de Mestrado. INPE.
- CELASCHI, W.; ALMEIDA, F.C. 1981. Um modelo para estimar a produtividade do milho no Estado de São Paulo. II Congresso Bras. Agrom. 5-10 julho, Pelotas, RS.
- CHAGARLAMUDI, P.; J.S. SHUBERT e A.R. MACK 1980. Mapping Growing Conditions of Crops from LANDSAT data. Proc. do Simp. Machine Proc. of Remotely Sensed Data, Purdue University, W. Lafayette, IN.

- CHEN, S.C., 1981. Estimativa de rendimento de soja, baseada na tendência tecnológica e nas variáveis climáticas - II Cong. Bras. Agrom., 5-10 julho, Pelotas, RS.
- CHEN, S.C.; FONSECA, L.B., 1980 Corn yield model for Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. Agric. Met. 22: 341-349.
- CNAE. Research and development proposal for investigation using data from earth resources satellite. São José dos Campos 77 + IV pp, 1971. Report LAFE-150; PR-CNAE.
- COELHO, A.G.S.; MCNEILL, H.W. Projeto sensores remotos. Relatório final da fase "C" - Agricultura. São José dos Campos, 98 + III pp. 1970. LAFE-132; PR-CNAE.
- EPIPHANIO, J.C.N. 1982 Sensoriamento remoto termal para a avaliação de produtividade e deficiência hídrica de milho (Zea mays L.) na região dos Cerrados. Tese de Mestrado. INPE.
- FAGUNDES, P.M.; MACHADO, J. B.; MENDONÇA, F. Elementos de sensores remotos e suas aplicações. São José dos Campos, 33 + 2 pp, 1968. LAFE-79; PR-CNAE.
- FINARDI, C.E., 1979 Comportamento fenológico de dezesseis cultivares de soja /Glycine max (L.) Merril/ de diferentes grupos de maturação, em sete épocas de semeadura na depressão central do Rio G. do Sul. Tese de Mestrado. Porto Alegre.
- FREEMAN, H.; PIERONE, G. eds. Map data processing. New York, Academic, 1980.
- FRERE, M.; POPOV, G.F. 1980. Pronóstico de Cosechas de Dirección de Producción e Protección Vegetal - F.A.O. Roma, 1980.
- GENERAL ELECTRIC COMPANY - G.E. IMAGE-100 - Interactive multispectral image analysis system manual, Daytona, Florida, 1975.
- HOFFER, R.M. 1967. Interpretation of remote multispectral imagery of agricultural crops. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 831. Purdue Univ., W. Lafayette, IN.

- INPE, 1969. Programa de Sensores Remotos, Fase C, Plano da Missão da Aeronave, Publicação LAFE 87, junho de 1969, Comissão Nacional de Atividades Espaciais (atualmente INPE), São José dos Campos, SP.
- INPE. Research and development proposal for investigation using data from earth resources experiment package (Skylab). São José dos Campos, 132 + VI pp, 1971. Report LAFE-171; PR-INPE:
- INPE. Resultados preliminares obtidos com imagens do satélite ERTS-1, para encaminhamento à COBAE. São José dos Campos, 49 + III pp, 1973. INPE-302-RI/35c, PR-CNPq-INPE.
- KOFFLER, N.F. Identificação da cultura da cana-de-açúcar através de fotografias aéreas infravermelhas coloridas e dados multiespectrais do satélite LANDSAT. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 234 + IX pp, 1982. Tese de Doutorado.
- LUCHT, L.A.M.; 1980 Uso da temperatura de radiação para detectar o estresse de água da cultura da cana-de-açúcar. Tese de Mestrado INPE.
- LIU, W.T.H.; LIU, B.W.Y., 1980. Um modelo de previsão de safra de trigo no R.G. do Sul. Ciência e Cultura, 33 (2) fev. de 1981, pp. 257 - 264.
- MACHADO, J.B.B. Brazilian program for remote sensing of earth resources. São José dos Campos, 12 + II pp, 1971. LAFE-152; PR-CNAE. (Também Inter. Workshop on earth resources survey systems. Ann Arbor. Michigan, May 3-14, 1971).
- MACDONALD, R.B.; M.E. BAUER, R.D. ALLEN; J.W. CLIFTON, J.D. ERICKSON. 1972. Results of the 1971 corn blight watch experiment. Proc. Eight Int. Symp. on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, MI.
- MACDONALD, R.B. e F. G. HALL. 1978. LACIE and experiment in global crop forecasting. Proc. LACIE Symp., JSC-14551:17-48, NASA, Houston, TX.
- MENDONÇA, F.J.; COTRELL, D.A.; TARDIN, A.T.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E., MOREIRA, M.A.; LIMA, A.M.; MAIA, F.C.S. Cultura de trigo - Identificação e avaliação de áreas através de dados LANDSAT. São José dos Campos, 4 pp, 1981b. INPE-2054-RPE/300.

- MENDONÇA, F.J.; COTRELL, D.A.; TARDIN, A.T.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E. MOREIRA, M.A.; LIMA, A.M.; MAIA, F.C.S. Cultura do trigo - Identificação e avaliação de áreas através de dados do LANDSAT. São José dos Campos, 25 pp. 1981a. INPE-2204-RPE/397.
- MENDONÇA, F. Activities in earth remote sensing surveys in Brazil São José dos Campos. 33 + II pp, 1971. LAFE-163; PR-INPE.
- MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; TARDIN, A.T.; CHEN, S.C.; NOVAES, R.A.; SHIMABUKURO, Y.E. Resultados significantes do projeto estatísticas agrícolas: 1975-1978. São José dos Campos, 87 pp, 1979. INPE-1609-NTE/155.
- MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; TARDIN, A.T.; NOVAES, R.A. CHEN, S.C. Utilização de dados do LANDSAT para inventário de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. São José dos Campos, 39 pp. INPE-1668-NTE/ - 157.
- MOTA, F.S.; 1983 Weather technology models for corn and soybeans in the South of Brazil. Agricultural Meteorology, v. 28. nº 1, jan. 1983, 49-64.
- MOTA, F.S. 1981 Índice de seca para soja. Pesqu. Agropec. Bras., Brasília, 16: 371-383.
- MOTA, F.S.; WENDT, W. 1976. Previsão Agrometeorológica do rendimento do trigo no Estado do Rio Grande do Sul. Boletim Técnico nº 12. Ministério da Agricultura. Depto. Nacional de Meteorologia.
- NAGY, G.; WAGLE, S. Geographic data processing ACA Computing Surveys, 11 (2): 139-81, June 11 (2): 139-81, June 1979.
- PALESTINO, C.V.B.; VALÉRIO, M.F. Utilization of ERTS-1, Radar and infrared false color images for the study of types of vegetation and areas of agricultural exploitation. São José dos Campos, 14 + V pp, 1973. LAFE-419.; PR-INPE.
- PAARLBERG, D.L.; EISGRUBER, B. SCHERR, H. HARTLEY, D. INGRAM, J. SCHLUNBERGER, D. GOODENOUGH, G. NAGY, R. HOLMES e R. SHAY, 1978. Independent peer evaluation of the Large Area Crop Inventory Experiment. Proc. LACIE Symp. JSC-14550, p. 42, NASA, Houston, TX.

- REICHARDT, K., 1978 A água na produção agrícola. Ed. Mc Graw-Hill do Brasil. São Paulo.
- RYERSON, R.A.; P. MOSHER; V.R. WALLEN; N.E. STWART, 1978. Three tests of agricultural remote sensing for crop inventory in Eastern Canada: results, problems and prospects. Proc. 5th Canadian Symp. on Remote Sensing, Victoria, B.C., Canada.
- SEGOVIA, R.M.; ANDRADE, E.G., 1981. Determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produtividade agrícola. Seminário de discussão de projeto de pesquisa. CFP Secretaria de Planejamento, Brasília.
- SILVA, O.O.; RENNA e SOUZA, C.; ALMEIDA, F.C. 1981. Inferência nebulosa aplicada à previsão de safras. II Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 5-10 julho, Pelotas, RS.
- TOMLINSON, R. Computer Handling of Geographical data. New York, UNESCO Press, 1972.
- TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; Projeto estatísticas agrícolas. São José dos Campos, 46 + VII pp, 1974. INPE-464-RI/184; PR-CNPq.
- TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P.; LEE, D.C.L.; BATISTA, G.T.; HARA, H.; SANTOS, J.R.; HERNANDEZ, P.; NOVAES, R.A.; CHEN, S.C.; SHIMABUKURO, Y.E.; Uso de sensoriamento remoto para a avaliação de danos causados pela geada no noroeste do Paraná (Primeira Parte). São José dos Campos, 38 pp, 1975. INPE-745-NTE/026.
- VELLOSO, M.H.; MCNEILL, H.W. Remote sensing applications in coffee. São José dos Campos, pp 1-17, 1971. LAFE-176, vol II.



para divulgação

MEMORANDO

NÚMERO
SCD-58/90

DATA
28.03.90

DE: Maria do Carmo Castro Nogueira
PARA: Dr. Roberto Pereira da Cunha

Solicito-lhe o favor de informar se a publicação
INPE-2774-RTR/030 (vide parecer do Dr. Getúlio
T. Batista - anexo) pode ser divulgada externamente.
No momento a geóloga interessada é Aparecida A.
Sspecian da ESTEIO - ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS
S.A. DE Curitiba - PR.

Obrigada

M. Castro
Maria do Carmo Castro Nogueira
Chefe
Centro de Inf. e Documentação

*OK - Favor proceder
ar. 102*
*Roberto 10.4.90
RPC*
*SME - 338/90
29/3/90.*



MEMORANDO

DE: Rosana Gonçalves - CID
PARA: Dr. Getúlio T. Batista - DPA

Anexo as folhas de rosto das publicações INPE-797-PPR/009 e INPE-2774-RTR/030, peço-lhe o favor de informar a possibilidade delas serem divulgadas externamente. A interessada no caso é uma geóloga (Aparecida A. Sspecian) da ESTEIO - Engenharia e Aerolevantamentos S.A. de Curitiba - PR.

Obrigada

Rosana

⇒ Rosane:

1/2

A publicação INPE-797-PPR/009 é de caráter estritamente científico.

A publicação INPE-2774-RTR/030 de autoria de 03, foi considerada restrita porque o FINEC possuiu nela na época parte dos dados e documentos do projeto da CIENTEC financiado pelo FINEC, dados que já se firmaram alguns anos, entendo que esta publicação possa ser liberada. Entretanto, acho que a autoridade para liberar ou

2/2
~~o não é do Diretor da Área de S.~~

~~lembra o not número.~~

Atenciosamente,

Antônio 27/3/90