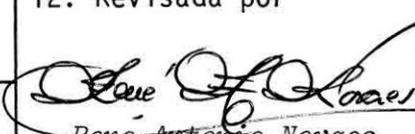
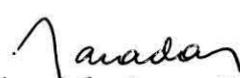


1. Publicação nº <i>INPE-2204-RPE/397</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1981</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>RECAF</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SENSORIAMENTO REMOTO - TRIGO</i> <i>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ÁREA</i> <i>LANDSAT</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:633.11(816.5)</i>			
8. Título <i>CULTURA DO TRIGO</i> <i>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS ATRAVÉS</i> <i>DE DADOS DO LANDSAT</i>		<i>INPE-2204-RPE/397</i>	10. Páginas: <i>27</i>
			11. Última página: <i>25</i>
			12. Revisada por  <i>René Antônio Novaes</i>
9. Autoria <i>Francisco José Mendonça</i> <i>Dall Arthur Cottrell</i> <i>Antonio Tebaldi Tardin</i> <i>David Chung Liang Lee</i> <i>Yosio Edemir Shimabukuro</i> <i>Maurício Alves Moreira</i> <i>Ângela Maria de Lima</i> <i>Fernando Celso Soares Maria</i>			13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <p><i>Numa área correspondente a duas imagens LANDSAT adjacentes, foram selecionados três segmentos da região de estudo localizada ao norte do Estado do Rio Grande do Sul: Soledade, Cruz Alta e Santo Ângelo, para serem realizados estudos de identificação e avaliação de áreas ocupadas com trigo, utilizando dados digitalizados do LANDSAT, com suporte em fotografias aéreas tratados através do sistema IMAGE-100. Para a classificação do trigo, foram tratados dados de duas épocas distintas: julho e setembro/outubro de 1979. A percentagem total de classificação correta de trigo para a época de julho foi de 51,02%, enquanto que para setembro/outubro foi de 63,30%.</i></p>			
15. Observações			

ÍNDICE

ABSTRACT	<i>iv</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>v</i>
LISTA DE TABELAS	<i>vi</i>
<u>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO II - MATERIAL E MÉTODOS</u>	3
2.1 - Material	3
2.1.1 - Definição da área de estudo	3
2.1.2 - Dados Orbitais	3
2.1.3 - Sistema IMAGE-100	5
2.2 - Método	5
2.2.1 - Tratamento automático dos dados do LANDSAT	5
2.2.2 - Classificador MAXVER	6
2.2.3 - Parâmetros para avaliação de classificação	7
<u>CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	11
3.1 - Resultados obtidos com fotografias aéreas	11
3.2 - Resultados da classificação automática	11
3.2.1 - Dados de julho	11
3.2.2 - Dados de setembro/outubro	12
3.3 - Discussão dos resultados obtidos em julho e setembro/outubro .	13
<u>CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES</u>	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ABSTRACT

To test the potential of automatic classification of LANDSAT data supported by aerial photographs for wheat identification and area estimation purposes, three intensive study areas were selected from the State of Rio Grande do Sul: Soledade, Cruz Alta and Santo Angelo. LANDSAT data for the months of July and September/October, 1979 were analyzed. The average correct classification of IMAGE-100 was 51.02% and 63.30% for the Months of July and September/October respectively.

LISTA DE FIGURAS

II.1 - Área de estudo e áreas testes, delimitadas dentro do Estado do Rio Grande do Sul	4
II.2 - Esquema demonstrativo dos elementos para avaliação e comparação dos dados obtidos com a classificação automática de trigo	9
III.1 - Estágios de desenvolvimento do trigo	15
III.2 - Parte da área do segmento Soledade, mostrando o tamanho e distribuição dos talhões ocupados com a cultura de trigo ..	16
III.3 - Parte da área do segmento Soledade, mostrando, comparativamente, áreas de trigo obtidas com fotografias de avião e através de imagens LANDSAT, classificadas automaticamente..	17
III.4 - Área de trigo obtida a partir de fotografia aérea colorida, no infravermelho, mostrando falhamento no plantio de trigo	20
III.5 - Área de trigo obtida a partir de dados do LANDSAT, classificados automaticamente, mostrando que o sistema foi capaz de detectar as áreas com falhamento de plantio	21

LISTA DE TABELAS

II.1 - Data de passagem, órbita e ponto do Satélite LANDSAT sobre a área de estudo	3
III.1 - Área total dos segmentos de Soledade, Cruz Alta e Santo Ângelo, área ocupada com trigo e percentagem de concentração de trigo em relação à área total de cada segmento	11
III.2 - Resultados comparativos de áreas ocupadas com a cultura do trigo, obtidos a partir de dados de aeronave e dados digitalizados do LANDSAT, referentes à época de julho	12
III.3 - Resultados comparativos de áreas ocupadas com a cultura de trigo, obtidos a partir de dados de aeronave e dados digitalizados do LANDSAT, referentes à época de setembro/outubro	13
III.4 - Resultados comparativos da classificação do tema trigo, em termos do Índice da percentagem de acerto (Pa) de classificação correta, e percentagens dos erros omissão (EO) e inclusão (EI) cometidos	14
III.5 - Cálculo da percentagem total da classificação correta (PTC) de trigo, nas épocas de julho e setembro/outubro	22

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo testar a viabilidade do uso de dados multiespectrais, obtidos através do MSS do LANDSAT, para identificação e avaliação de áreas ocupadas com trigo, utilizando técnicas de processamento automático.

Para a realização deste trabalho foi escolhida, como área de estudo, a região tritícola do Rio Grande do Sul. Dentro desta região, foram selecionadas, previamente, três áreas testes onde se desenvolveu uma pesquisa, utilizando-se fotografias aéreas no infravermelho, com o fim de inventariar as áreas ocupadas com a cultura do trigo. Os resultados obtidos neste estudo foram publicados no trabalho realizado por Mendonça et alii (1980) e servirão de base para calcular a eficiência e a precisão da identificação e avaliação das áreas de trigo, utilizando dados orbitais (LANDSAT) tratados automaticamente.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para fins de estudos de identificação da cultura do trigo já vem sendo desenvolvida por outros centros de pesquisa, como é o caso da Universidade de Purdue, nos Estados Unidos. Em 1973, foi realizada, naquela Universidade, uma pesquisa visando a identificação da cultura do trigo, utilizando dados do MSS do LANDSAT e técnicas de classificação automática; tendo como suporte, informações obtidas através de fotografias aéreas coloridas no infravermelho (Baumgardner et alii 1973).

Um outro projeto de âmbito mundial, denominado LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment), foi desenvolvido, também nos Estados Unidos, com o fim de testar e avaliar, experimentalmente, o uso de sensoriamento remoto na elaboração de estimativas de produções em importantes regiões tritícolas do mundo. Esse experimento de sensoriamento remoto, a nível orbital, deverá prever flutuações, com precisão e em tempo oportuno, para permitir decisões de ordem social e econômica (MacDonald e Hall, 1977).

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - MATERIAL

2.1.1 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foi escolhida, para área de estudo, a região tritícola ao norte do Estado do Rio Grande do Sul. Inicialmente, selecionou-se uma área de aproximadamente 62.000 Km², correspondente à área de duas imagens LANDSAT.

A seguir, dentro dessa área, foram selecionados três segmentos de dimensões de 20 x 40 Km, aproximadamente, conforme pode - se ver na Figura II.1. Cada um desses segmentos recebeu um nome: Santo Anjo, Cruz Alta e Soledade.

2.1.2 - DADOS ORBITAIS

Foram utilizados dados do LANDSAT, na forma digital, gravados em arquivo de fitas magnéticas (CCT-Computer Compatible Tape), cujas órbitas, pontos e datas são mostrados na Tabela II.1.

TABELA II.1

DATA DE PASSAGEM, ÓRBITA E PONTO DO SATÉLITE LANDSAT SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

DATA DA PASSAGEM	ÓRBITA	PONTO
29.07.79	206	32
09.10.79		
30.07.79	220	32
04.09.79		

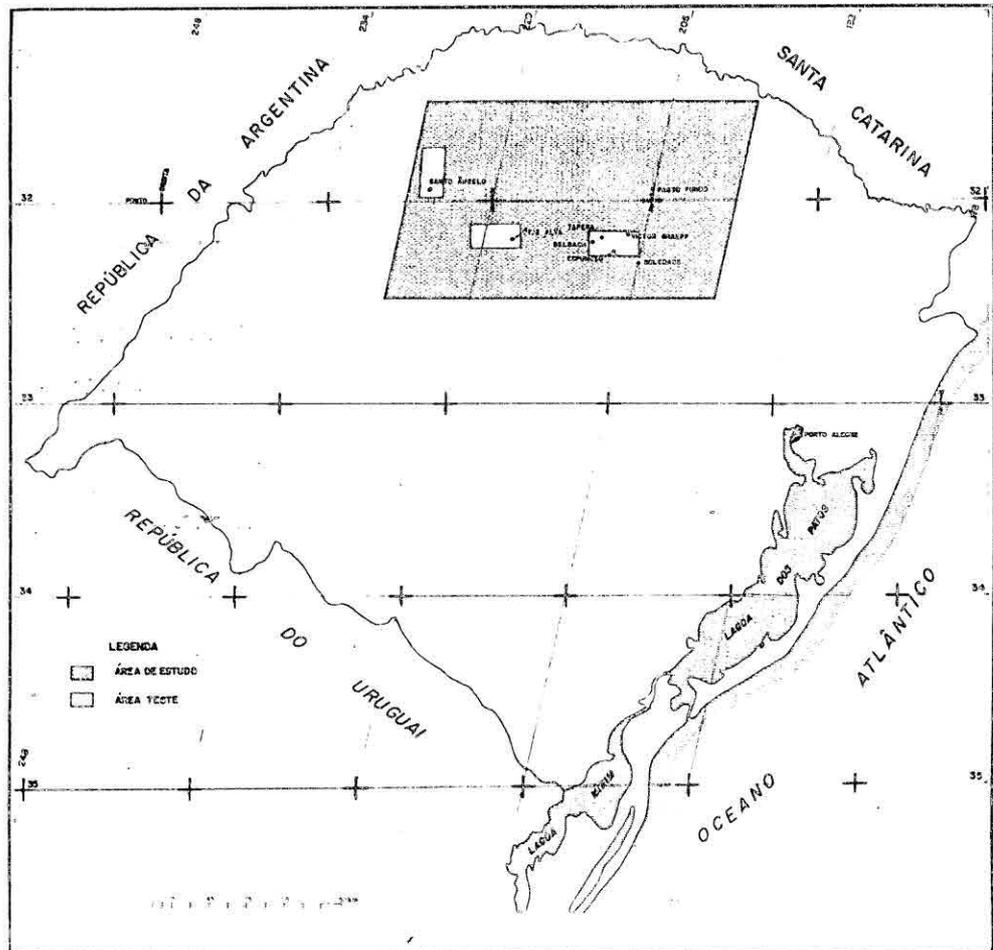


Fig. II.1 - Área de estudo e áreas testes, delimitadas dentro do Estado do Rio Grande do Sul.

2.1.3 - SISTEMA IMAGE-100

O sistema interativo de análise de imagem multiespectral (IMAGE-100), que tem como função principal a extração de informações temáticas de imagens multiespectrais, foi utilizado com a finalidade de identificar e avaliar áreas ocupadas com trigo, através de fitas compatíveis com computador (CCT). O funcionamento desse sistema é descrito no manual da General Electric Company (1975) e em Hernandez Filho e Shimabukuro (1978).

2.2 - MÉTODO

2.2.1 - TRATAMENTO AUTOMÁTICO DOS DADOS DO LANDSAT

Para proceder a classificação automática do trigo, foi utilizado o método supervisionado, ou seja, a partir de áreas de treinamento, previamente conhecidas, obteve-se, para cada segmento da área de estudo, a classificação do tema trigo.

O procedimento adotado para a classificação automática foi o seguinte:

- a) leitura da fita CCT, que continha a área de estudo, armazenando-a, a seguir, em arquivo de disco magnético;
- b) delimitação dos segmentos, através do cursor, sobre a tela do IMAGE-100, utilizando-se a escala de 1:100.000;
- c) seleção de amostras de treinamento do tema trigo;
- d) classificação automática do tema trigo, para cada um dos três segmentos, usando-se o classificador denominado MAXVER (Velasco et alii, 1978);
- e) avaliação da área classificada com trigo; e
- f) obtenção, para cada segmento, através da impressora do IMAGE-100, de um mapa alfanumérico na escala de 1:20.000, contendo a distribuição espacial do trigo classificado.

2.2.2 - CLASSIFICADOR MAXVER

Para a classificação automática do trigo foi utilizado um algoritmo matemático estatístico, desenvolvido para a classificação ponto a ponto de imagens multiespectrais, tendo como critério básico o da máxima verossimilhança.

De acordo com Velasco et alii(1978), o problema da classificação de padrões é dada várias classes e um objeto que se supõe que pertença a uma das classes, determinar a que classe o objeto pertence. Um método usado para resolver este problema, segundo ainda aqueles autores, é o de determinar diversas características quantificáveis dos objetos que possam separar as diferentes classes. O passo seguinte consiste em tomar pontos que se sabe pertencer às classes e medi-los nas diversas características. A partir destas medidas são inferidas as características de cada classe. A classificação é feita comparando-se as características do objeto a ser classificado com aquelas das diversas classes.

A formulação estatística desse algoritmo pode ser assim resumida:

- as técnicas estatísticas de reconhecimento de padrões sempre fazem uso das funções de densidade de probabilidade, associadas com as classes. Sejam, então, as classes caracterizadas pelas funções de densidade de probabilidade condicional:

$$p(x|\omega_j) \quad i = 1, 2, \dots$$

a função $p(x|\omega_j)$ dá a probabilidade de ocorrência do padrão x , dado que x é de fato da classe ω_j . Uma hipótese importante feita no algoritmo MAXVER é que $p(x|\omega_j)$ tem distribuição gaussiana. Dentro desta hipótese, a matriz de covariância e o vetor média são suficientes para caracterizar a distribuição de probabilidade de qualquer classe padrão.

2.2.3 - PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO

Para avaliar o desempenho da classificação automática do trigo, a metodologia adotada foi a seguinte:

- os mapas temáticos de trigo dos três segmentos, obtidos através de fotografias aéreas coloridas, no infravermelho, na escala de 1:20.000, serviram como referência para comparar com os resultados alcançados de imagens orbitais, tratados automaticamente;
- desta comparação, foi possível calcular, para a classificação automática do trigo, a percentagem de acerto (Pa) e determinar, para essa mesma classificação, os erros de omissão (EO) e inclusão (EI).

Na Figura II.2 pode-se ver um esquema demonstrativo dos elementos que foram utilizados para avaliação dos dados da classificação automática do trigo, comparados com aqueles obtidos através de fotografias aéreas.

Estabelecidos os elementos AT, AR, AC e ACC, foram determinados os seguintes parâmetros:

- a) Percentagem do erro de inclusão (EI).

O erro de inclusão foi definido como a razão entre a área classificada incorretamente como trigo (AC-ACC) e a área não ocupada com trigo (AT-AR), ou seja:

$$EI = \frac{AC - ACC}{AT - AR} \times 100$$

- b) Percentagem de acerto de classificação (Pa) para cada segmento:

$$Pa = \frac{ACC}{AR} \times 100$$

c) Percentagem do erro de omissão (EO):

$$EO = (1 - Pa) \times 100$$

Para o cálculo da percentagem total de classificação correta (PTC) para cada data, julho e setembro/outubro, já que a AT dos diferentes segmentos possuíam áreas e concentrações desiguais, foi determinado um fator de ponderação para o cálculo de PTC, ou seja:

$$W_i = \frac{\frac{AR_i}{AT_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{AR_i}{AT_i}}$$

onde:

W_i = fator de ponderação

i = número do segmento

e,

$$PTC = \sum_{i=1}^n W_i Pa_i$$

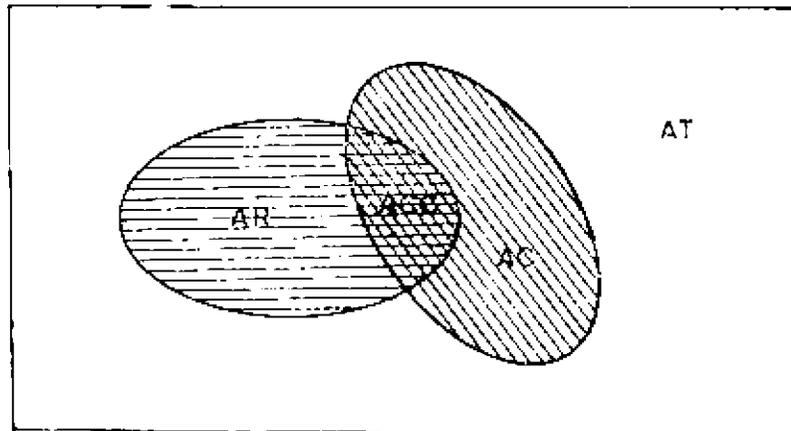


Fig. II.2 - Esquema demonstrativo dos elementos para avaliação e comparação dos dados obtidos com a classificação automática de trigo.

Fonte: Mendonça (1979), p.23.

AT - Área total do segmento

AR - Área real de trigo, segundo informações obtidas por fotografias aéreas.

AC - Área classificada como trigo pelo sistema IMAGE-100, a partir de dados digitalizados do LANDSAT.

ACC- Área classificada corretamente como trigo pelo sistema IMAGE-100.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - RESULTADOS OBTIDOS COM FOTOGRAFIAS AÉREAS

Na Tabela III.1 são apresentadas, para cada segmento, a área total, a área ocupada com trigo e a percentagem de concentração da cultura, conseguidas a partir de fotografias aéreas, obtidas simultaneamente com a aquisição dos dados do LANDSAT.

TABELA III.1

ÁREA TOTAL DOS SEGMENTOS DE SOLEDADE, CRUZ ALTA E SANTO ÂNGELO, ÁREA
OCUPADA COM TRIGO E PERCENTAGEM DE CONCENTRAÇÃO DE TRIGO EM RELAÇÃO À
ÁREA TOTAL DE CADA SEGMENTO

NOME DO SEGMENTO	ÁREA TOTAL (AT) (Ha)	ÁREA OCUPADA COM TRIGO (AR) (Ha)	$\frac{AR}{AT} \times 100$
SOLEDADE	78.517	42.731	54,42
CRUZ ALTA	78.007	27.776	35,61
SANTO ÂNGELO	77.450	41.446	53,51

Conforme pode-se ver na Tabela III.1, o segmento de Soledade foi o que apresentou a maior concentração da cultura de trigo (54,42%), enquanto que o de Cruz Alta foi o que apresentou o mais baixo índice.

3.2 - RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

3.2.1 - DADOS DE JULHO

Na Tabela III.2, são apresentados, para cada segmento, os resultados comparativos de áreas ocupadas com trigo, realizados a partir de interpretação visual de fotografias aéreas e de classificação automática, utilizando dados digitalizados do LANDSAT.

TABELA III.2

RESULTADOS COMPARATIVOS DE ÁREAS OCUPADAS COM A CULTURA DE TRIGO, OBTI-
DOS A PARTIR DE DADOS DE AERONAVE E DADOS DIGITALIZADOS DO LANDSAT
REFERENTES À ÉPOCA DE JULHO

NOME DO SEGMENTO	AT (Ha)	ÁREA DE TRIGO (Ha)		
		COM DADOS DE AERONAVE	COM DADOS DO LANDSAT	
		AR	AC	ACC
SOLEDADE	78.517,00	42.731,00	14.956,80	11.174,80
CRUZ ALTA	78.007,00	27.776,00	22.005,81	18.475,60
STO. ÂNGELO	77.450,00	41.446,00	30.535,43	27.391,98

3.2.2 - DADOS DE SETEMBRO/OUTUBRO

Os resultados obtidos de áreas ocupadas com trigo nos segmentos, para a época de setembro/outubro, utilizando dados de aeronave e o sistema automático de tratamento de dados digitalizados do LANDSAT, são apresentados na Tabela III.3.

TABELA III.3

RESULTADOS COMPARATIVOS DAS ÁREAS OCUPADAS COM A CULTURA DE TRIGO, OBTIDOS A PARTIR DE DADOS DE AERONAVE E DADOS DIGITALIZADOS DO LANDSAT, REFERENTES À ÉPOCA DE SETEMBRO/OUTUBRO

NOME DO SEGMENTO	AT (Ha)	ÁREA DE TRIGO (Ha)		
		COM DADOS DE AERONAVE	COM DADOS DO LANDSAT	
		AR	AC	ACC
SOLEDADE	78.517,00	42.731,00	27.065,00	17.050,15
CRUZ ALTA	78.007,00	27.776,00	24.443,51	22.242,68
STO ÂNGELO	77.450,00	41.446,00	37.890,53	31.498,35

3.3 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS EM JULHO E SETEMBRO/OUTUBRO

A Tabela III.4 mostra, comparativamente para os três segmentos, a percentagem de acerto (Pa) de áreas classificadas corretamente como trigo, bem como as percentagens de erros de omissão (EO) e de inclusão (EI) da mesma classificação, referentes às épocas de julho e setembro/outubro.

TABELA III.4

RESULTADOS COMPARATIVOS DA CLASSIFICAÇÃO DO TEMA TRIGO, EM TERMOS DO ÍNDICE DA PERCENTAGEM DE ACERTO (Pa) DE CLASSIFICAÇÃO CORRETA, E PERCENTAGENS DOS ERROS DE OMISSÃO (EO) E INCLUSÃO (EI) COMETIDOS.

NOME DO SEGMENTO \ EPOCA	ÍNDICE		ERROS			
	Pa (%)		EO (%)		EI (%)	
	JULHO	SET-OUT	JULHO	SET-OUT	JULHO	SET-OUT
SOLEDADE	26,15	39,90	73,85	60,10	10,57	27,99
CRUZ ALTA	66,52	80,08	33,48	19,92	7,03	4,38
S. ÂNGELO	66,09	76,00	33,91	24,00	8,73	17,75

Conforme pode-se ver na Tabela III.4, a diferença em termos da percentagem de acerto (Pa) de áreas ocupadas com trigo, nos três segmentos, usando dados de julho, foi inferior aos resultados obtidos, utilizando dados de setembro/outubro.

Com relação aos dados de julho, os segmentos Cruz Alta e Santo Ângelo apresentaram uma Pa praticamente igual (66%), enquanto que no segmento Soledade foi de apenas 26,15%. Este baixo desempenho obtido nos três segmentos, na época de julho, foi devido ao fato da cultura do trigo, nessa região, encontrar-se ainda no estágio de perfilamento. Conforme pode-se ver pela Figura III.1, em julho não se tinha uma cobertura completa do solo pela cultura. A exposição do solo interferiu na resposta espectral do trigo. Além dessa interferência, no caso do segmento de Soledade, tem-se a acrescentar que esse segmento é caracterizado pela alta concentração de pequenos talhões. Tal fato implicou em grandes dificuldades para a definição das áreas de trigo pelos sensores MSS do LANDSAT, caracterizado por uma baixa resolução, em relação ao tamanho dos talhões, conforme está ilustrado no mapa da Figura III.2, mapa este gerado a partir das fotografias aéreas.

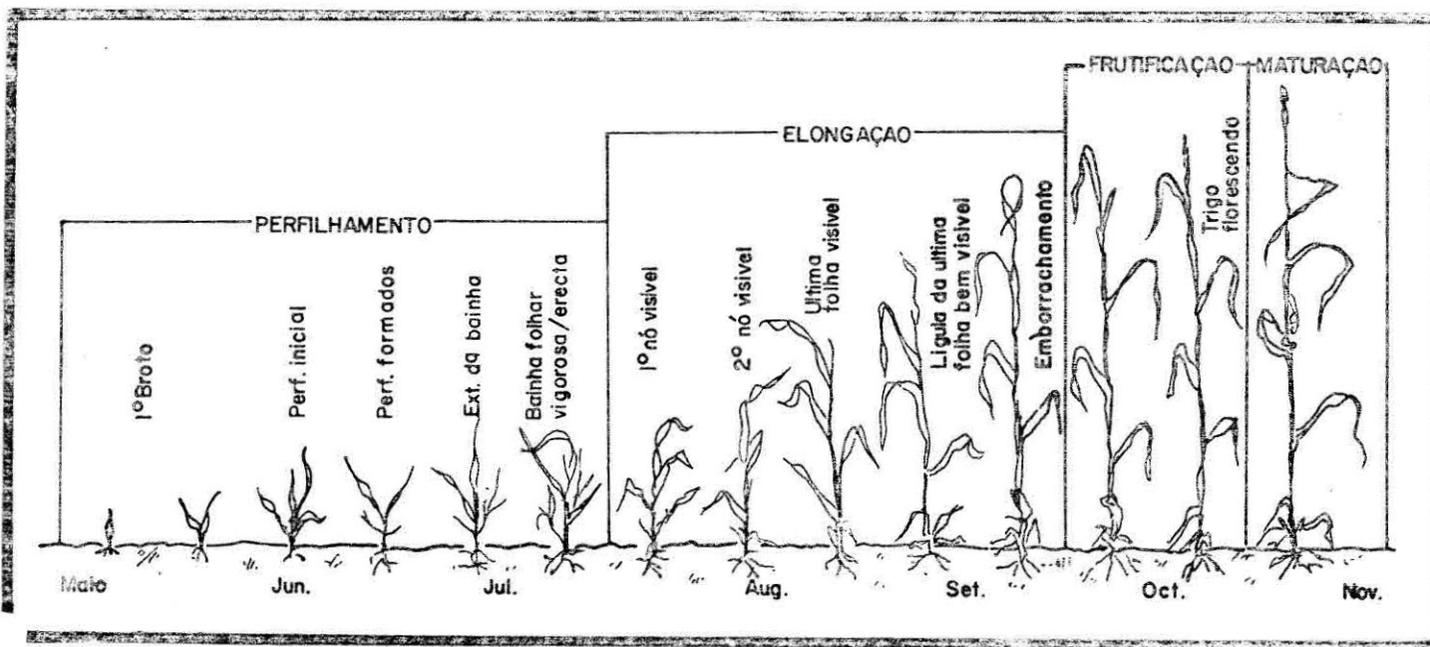


Fig. III.1 - Estágios de desenvolvimento do trigo.

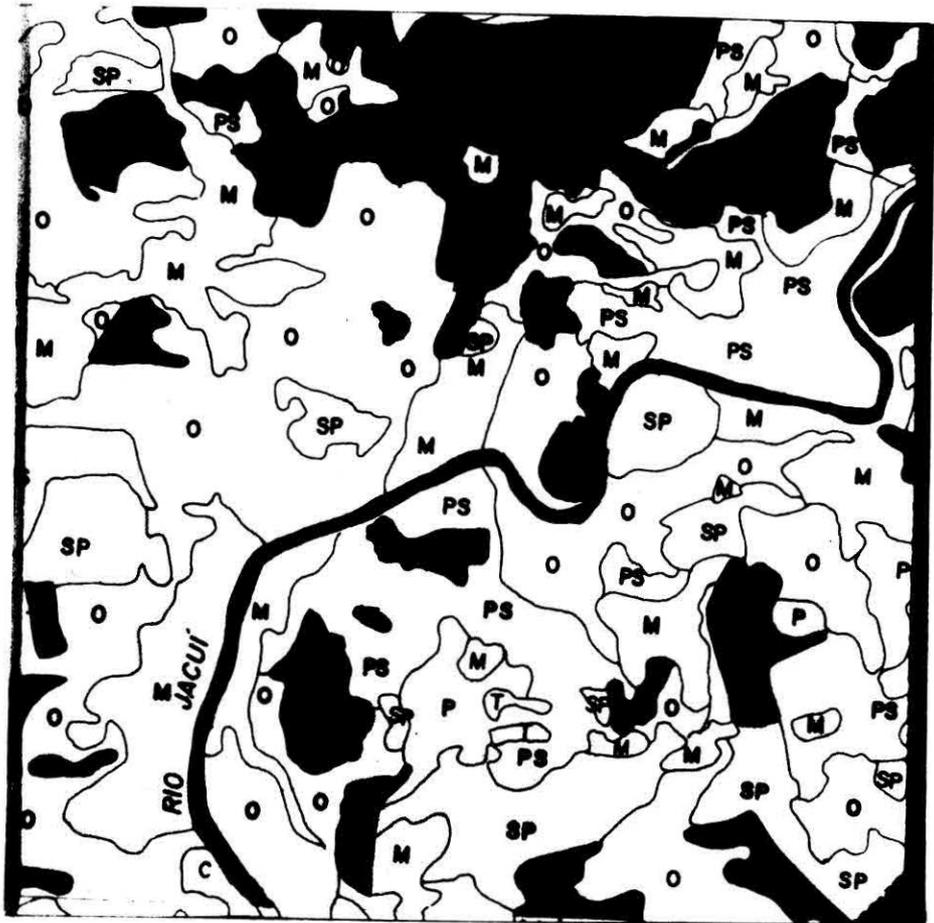


Fig. III.2 - Parte da área do segmento Soledade, mostrando o tamanho e distribuição dos talhões ocupados com a cultura de trigo.

O elevado erro de omissão, 73,85%, que ocorreu no segmento Soledade, também está relacionado com o estágio da cultura e o tamanho de seus talhões. Na Figura III.3 é apresentada uma parte da área desse segmento, obtida através do sistema IMAGE.100.

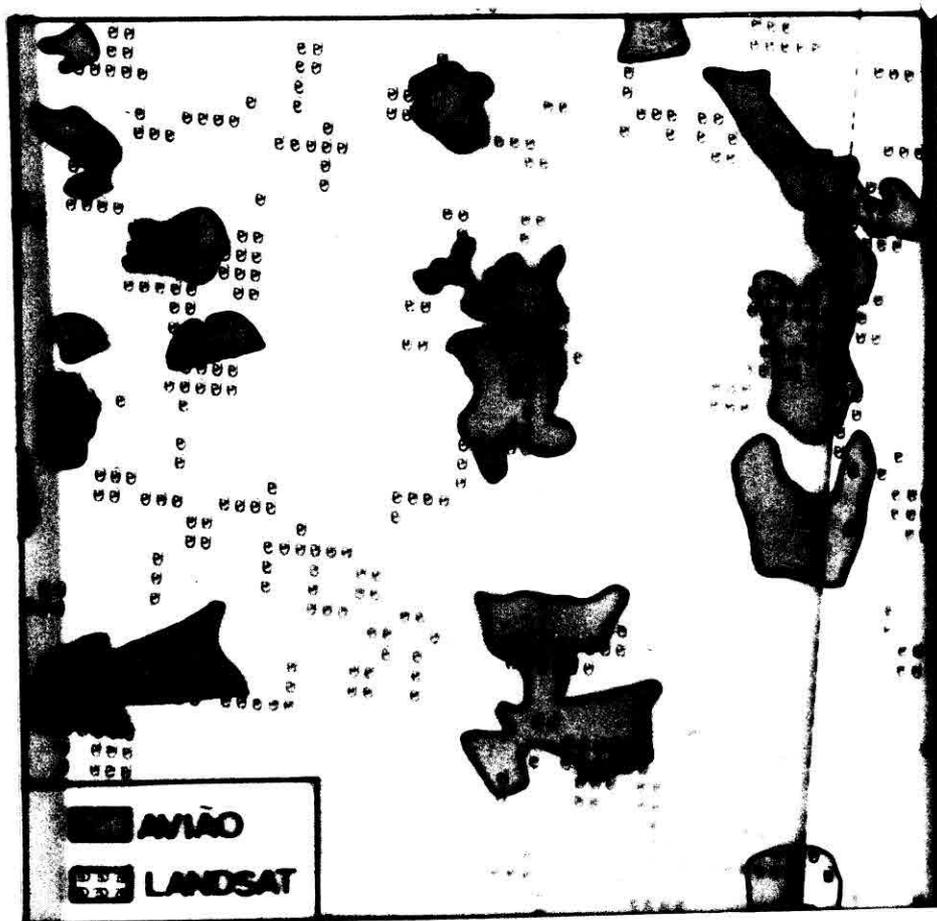


Fig. III.3 - Parte da área do segmento Soledade, mostrando, comparativamente, áreas de trigo obtidas com fotografias de avião e através de imagens LANDSAT, classificadas automaticamente.

Nos três segmentos, conforme pode-se ver na Tabela III.4, os erros de inclusão foram baixos. Isto demonstrou que, na época de julho, o grande problema da classificação automática do trigo foi o erro de omissão, devido a problemas relacionados com o estágio ainda recente da cultura e a compatibilidade do tamanho dos talhões de trigo com a resolução do sensor MSS do LANDSAT, conforme comentado anteriormente.

Com relação aos resultados obtidos em setembro / outubro, (Tabela III.4), observa-se que houve um incremento no desempenho da classificação de trigo nos três segmentos. No caso do segmento Soledade, a percentagem de acerto (Pa), embora tenha tido um incremento positivo, ainda se manteve muito baixo (39,90%). Isto poderia ser explicado pelo fato de que os dados tratados nessa época, são referentes ao mês de outubro, pois não foi possível utilizar dados do mês de setembro, devido a problemas de cobertura de nuvens. A cultura de trigo, nesse mês de outubro, foi grandemente prejudicada pela ocorrência de adversidades climáticas (chuvas e geadas), ocorridas em fins de setembro. Em face disso, muitas áreas ocupadas com trigo foram danificadas, apresentando um padrão espectral diferente, resultando num baixo desempenho de classificação e num elevado erro de omissão (60,10%).

Com a ocorrência das chuvas, a pastagem revigorou-se, formando, com o trigo da área, um quadro competitivo do ponto de vista de resposta espectral, podendo explicar a ocorrência de 27,99% de erro de inclusão no segmento Soledade.

Sobre o segmento Santo Ângelo, pode-se observar, na Tabela III.4, que o erro de inclusão foi mais do que o dobro, ao passar da época de julho para a época de setembro/outubro. A razão desse grande acréscimo poderia ser explicada pelo fato de que o segmento Santo Ângelo caracteriza-se pela frequência de grandes e pequenos talhões de trigo, entremeados de grandes áreas de pastagens bem formadas e matas de galerias. Com a ocorrência das chuvas, as pastagens apresentaram um revigoramento na cobertura vegetal. Tal fato provocou uma concorrência, em termos de resposta espectral, com as grandes áreas de trigo. As peque

nas áreas de trigo foram afetadas pelo efeito denominado "elemento de borda", ou seja, muitos dos elementos de resolução que caíam na borda de um talhão incluíam outros temas, aumentando, desta forma, o erro de inclusão daquele segmento.

O erro de inclusão do segmento Cruz Alta não diferiu significativamente nas duas épocas, conforme pode-se ver a Tabela III.4. A explicação para isto deve-se ao fato da ocorrência de áreas extensas, tanto de trigo como de pastagens, propiciando amostras bem definidas dos diferentes temas para a classificação automática.

Comparando-se a percentagem de acerto de classificação (Pa) dos segmentos Cruz Alta e Santo Ângelo, mostrada na Tabela III.4, verifica-se que para a época de setembro/outubro, a diferença ocorrida entre aqueles dois resultados foi de apenas 5%. É importante observar que as áreas desses dois segmentos apresentavam, frequentemente, talhões com falhas de plantio (Figura III.4), as quais não foram consideradas na interpretação visual de fotografias aéreas. Isto contribuiu, significativamente, para os altos erros de omissão. Na Figura III.5, é apresentada uma área classificada com trigo, automaticamente, na qual pode-se ver que o sistema IMAGE-100 reconheceu aquelas áreas de falhamento.



Fig. III.4 - Área de trigo obtida a partir de fotografia aérea colorida, no infravermelho, mostrando falhamento no plantio de trigo.



Fig. III.5 - Área de trigo obtida a partir de dados do LANDSAT, classificados automaticamente mostrando que o sistema foi capaz de detectar as áreas com falhamento de plantio.

Na Tabela III.5 é apresentada a percentagem total de classificação correta (PTC) de trigo, obtida automaticamente.

TABELA III.5

CÁLCULO DA PERCENTAGEM TOTAL DA CLASSIFICAÇÃO CORRETA (PTC) DE TRIGO, NAS
ÉPOCAS DE JULHO E SETEMBRO/OUTUBRO

ÉPOCAS	PERCENTAGEM TOTAL DE CLASSIFICAÇÃO CORRETA (PTC)
JULHO	51,02
SET/OUT	63,30

Esses resultados mostram um incremento de acerto de classificação de 24%, ao passar de julho para setembro/outubro.

É importante notar que, se houve baixo desempenho em termos da percentagem de acerto (ACC/AR), quando se analisa a classificação em termos de número de talhões classificados, ou seja, a distribuição espacial do trigo, a classificação foi boa. As falhas de plantio e o desenvolvimento heterogêneo de muitos talhões foram as principais causas dos altos erros de omissão, o que pode ser considerado uma vantagem do uso da classificação automática.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

Da análise e discussão dos resultados sobre o desempenho alcançado na avaliação de áreas de trigo, utilizando dados digitalizados do LANDSAT, através do sistema de classificação automática do IMAGE-100, em áreas previamente selecionadas, chegou-se às seguintes conclusões:

1. fatores, tais como épocas de plantio, adversidades climáticas e tratamentos culturais, modificaram as respostas espectrais da cultura do trigo;
2. pastagens de boa qualidade apresentaram resposta espectral semelhante à do trigo;
3. pequenos talhões de trigo apresentaram confusão na classificação automática, devido ao efeito dos elementos de borda;
4. a ocorrência dos fatores, citados nas três conclusões acima, foram os principais responsáveis pela alta incidência tanto de erros de inclusão como de omissão na classificação automática;
5. o sistema LANDSAT se mostrou eficiente ao detectar falhas de plantio em grandes talhões de trigo, mostrando sua utilidade, inclusive, para avaliação de produtividade da cultura.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BAUMGARDNER, M.F.; HENDERSON, JR. A. *Mapping soils, crops, and rangelands by machine analysis of multitemporal ERTS-1 data*. West Lafayette, Indiana, Purdue University, 1973. (LARS information note 121173).
- GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image-100-interactive multispectral image analysis system: user manual*. Daytona, 1975.
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1271-TPT/089).
- MACDONALD, R.B.; HALL, F.G. The large area crop inventory experiment: a major demonstration of space remote sensing. *W. Nordberg Memorial Symposium on Contribution of Space Observations to Global Food Information System*, Tel-Aviv, Israel, June 8-10, 1977. (COSPAR D. 2.3).
- MENDONÇA, F.J. *Uso de dados do LANDSAT para avaliação de áreas ocupadas com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1713-PDL/023).
- MENDONÇA, F.J.; LIMA, A.M. de; TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P. dos; COTTREL, D.A.; LEE, D.C.L.; MAIA, F.C.S.; LUCHT, L.A.M.; MOREIRA, M.A.; NOVAES R. A.; SHIMABUKURO, Y.E. *Cultura do trigo - Identificação e avaliação de áreas através do filme aerochrome 2443 (Infravermelho falsa cor)*. São José dos Campos, INPE, setembro, 1980. (INPE-1894-RPE/235).
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Maxver - Manual do Usuário*. São José dos Campos, INPE, Jul., 1978. (INPE-1313-NTI/110).