

1. Classificação <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 551.509.324:528.711.7</i>		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>SATÉLITES AMBIENTAIS; GEADA.</i>			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-2128-RPE/352</i>	6. Data <i>Junho, 1981</i>	7. Revisado por <i>Marlene Elias</i> <i>Marlene Elias</i>	
8. Título e Sub-Título <i>O USO DE SATÉLITES AMBIENTAIS PARA MONITORAMENTO DE GEADAS</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
10. Setor <i>DME</i>	Código	11. Nº de cópias <i>17</i>	
12. Autoria <i>Luiz Carlos Baldicero Molion</i> <i>Nelson Jesus Ferreira</i> <i>Luiz Gylvan Meira Filho</i>		14. Nº de páginas <i>14</i>	
13. Assinatura Responsável 		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>A geada é um fenômeno catastrófico para a maioria das culturas no sul do País. Este trabalho é uma revisão não-exaustiva do emprego de sensores remotos a bordo de satélites ambientais visando dois aspectos do fenômeno: avaliar automaticamente a área afetada e aventar a possibilidade de sua previsão a curto prazo (2 a 3 horas de antecedência).</i>			
17. Observações <i>Este trabalho foi aceito para ser apresentado no XI Congresso de Engenharia Agrícola, de 22 a 27 de junho de 1981, Brasília, DF.</i>			

INDICE

ABSTRACT .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
INTRODUÇÃO .....	1
SENSORES A BORDO DE SATÉLITES .....	2
TÉCNICAS UTILIZADAS .....	3
POSSIBILIDADES DE PREVISÃO A CURTO PRAZO .....	5
CONCLUSÃO .....	8
REFERÊNCIAS .....	10

## ABSTRACT

*Frost is a hazardous phenomenon for most crops in southern Brazil. This work is a review, although not exhaustive, of the use of remote sensors on board environmental satellites. Emphasis is given to automatic evaluation of the affected area and to the possibility of short range forecast (2 to 3 hours in advance).*

## LISTA DE FIGURAS

1. Mapa gráfico produzido pela impressora do I-100 .....	4
2. Imagem infravermelho realçada do satélite geossíncrono SMS-2 do dia 01 de junho de 1979, às 6:00 h local .....	6
3. Diagrama de Blocos do UAI-I .....	7

## INTRODUÇÃO

O "Glossário de Meteorologia" define *geada* como sendo a condição em que a temperatura da superfície da terra, ou de objetos próximos a esta, cai abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ . Essa situação pode ocorrer no sul do Brasil durante o inverno, e sua intensidade é grande quando resulta da associação de dois fenômenos: a incursão da massa de ar polar sobre o continente, seguida da perda noturna, de energia pela superfície devido à emissão de radiação infravermelha para o espaço. A perda de energia para o espaço ocorre com céu descoberto e ar relativamente seco, condições estas que geralmente estão presentes após a passagem de uma frente fria.

Muita vezes, o impacto social e econômico causado pelos danos das geadas é significativo, uma vez que envolve fatores tais como a produção e o preço de alimentos.

Nos últimos anos, um grande esforço tem sido feito no sentido de incorporar os dados transmitidos pelos satélites meteorológicos a modelos que estimam a marcha da temperatura em períodos sujeitos a geadas. Bartholic e Sutherland (1976) desenvolveram uma técnica que utiliza dados de satélites meteorológicos tanto para o mapeamento da temperatura da superfície terrestre em épocas sujeitas a geadas, como também para previsão de temperaturas baixas. Imagens de satélites também foram utilizadas por Sutherland e Bartholic (1977) para desenvolver uma técnica que permita prever a temperatura de congelamento, baseada nas equações da densidade do fluxo da energia em superfície, em relações estatísticas. Configurações da temperatura em solos orgânicos drenados, na Área Agrícola do Everglades, localizada ao sul do Lago Okeechobee, Flórida foram estudadas por Chen et al (1979) através de dados digitais infravermelhos obtidos do satélite GOES-1, para os invernos de 1976-1977 e 1977-1978.

Este trabalho descreve sucintamente as técnicas através das quais o INPE, valendo-se principalmente das imagens transmitidas pelo satélite meteorológico geostacionário, poderá fornecer informa

ções sobre a ocorrência e a evolução de geadas no sul e sudeste do Brasil. Essas informações serão de grande valia para os agricultores uma vez que um esquema de proteção poderá ser acionado.

### SENSORES A BORDO DE SATÉLITES

A temperatura da superfície terrestre pode ser determinada em função da radiação de ondas longas emitida na porção infravermelho do espectro eletromagnético. Essa radiação, detetada pelos sensores a bordo de satélites através de calibrações preestabelecidas, pode ser convertida diretamente na temperatura da superfície emissora, se a atmosfera estiver seca e a emissividade for considerada constante. Quando a quantidade de umidade presente for significativa, ocorre atenuação atmosférica e, deste modo, a temperatura determinada é um pouco menor que a real. Uma outra limitação é que, em função da resolução espacial do sensor, a temperatura obtida corresponde a um valor integrado dentro de certa área.

Atualmente existem duas classes de satélites que levam a bordo radiômetros de varredura capazes de monitorar a temperatura da superfície: satélites geossíncronos e satélites heliossíncronos. Os primeiros têm sua revolução sincronizada com a da Terra e, dessa maneira, permanecem estacionários com relação a um ponto na superfície. Isso permite uma alta frequência de amostragem com imagens a cada 30 minutos. A resolução espacial é de aproximadamente 9 km e a precisão do radiômetro é de 0,5K, em torno de 300K; sua órbita é equatorial e está localizado a uma altura aproximada de 36.000 km. Para o Brasil é de interesse o satélite SMS-2, localizado a 75°W.

Os satélites heliossíncronos têm órbita polar, com altura de 800 km e período de revolução de aproximadamente 100 minutos. A precisão do radiômetro é a mesma, porém a resolução espacial é de cerca de 1 km, ou seja 9 vezes melhor do que a dos satélites geossíncronos. Os satélites de órbita polar passam sobre uma mesma região apenas duas vezes por dia, uma durante o dia e outra à noite, com 12 horas de diferença. Atualmente existem dois satélites da série TIROS-N/ NOAA,

defasados de 6 horas um do outro, permitindo 4 observações diárias. Devido a essa baixa frequência de informações, relativamente aos satélites geossíncronos, os satélites de órbita polar servem para estimar a área afetada pela geada, porém não poderiam ser utilizados para um eventual esquema de previsão a curto prazo.

A estimativa de temperatura de superfície tem sido melhor sobre regiões oceânicas devido à uniformidade de superfície; sobre continentes, deve-se levar em conta a topografia quando se deseja estimar temperatura em regiões de pequena extensão. Na condição de geada, contudo, a área afetada é extensa e não existe dificuldades em avaliar áreas cujas temperatura seja inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### TÉCNICAS UTILIZADAS

Usando-se as imagens transmitidas pelo satélite SMS-2, o mapeamento térmico da área afetada pela geada pode ser feito analisando-se as mudanças que ocorrem nos níveis de cinza (temperatura radiométrica) a cada 30 minutos. No caso dos satélites meteorológicos da série GOES, o intervalo de temperatura entre  $56,8^{\circ}\text{C}$  a  $-109,2^{\circ}\text{C}$  é representado por 256 níveis de cinza, que variam do preto (quente) ao branco (frio).

A técnica de avaliação da área afetada é simples e rápida. O INPE dispõe, atualmente, de dois processos. O primeiro processo consiste em gravar uma imagem - que pode ser tanto do satélite geossíncrono como do satélite heliosíncrono - em fita magnética e, em seguida analisá-la através do analisador automático multiespectral, IMAGE-100 (I-100). Esse analisador automático, que usa cores falsas realça a posição da isoterma de  $0^{\circ}\text{C}$  bem como das isotermas vizinhas a ela; a imagem, assim processada, pode ser vista num monitor colorido. O I-100, possui um sistema fotográfico (DICOMED) que permite fotografar automaticamente a imagem analisada. Produz, ainda um mapa gráfico através de uma impressora acoplada ao computador, de modo que a área envolvida pelas diversas isotermas seja avaliada observando-se a configuração dos caracteres alfanuméricos impressos. A Figura 1 exemplifica esse processo.

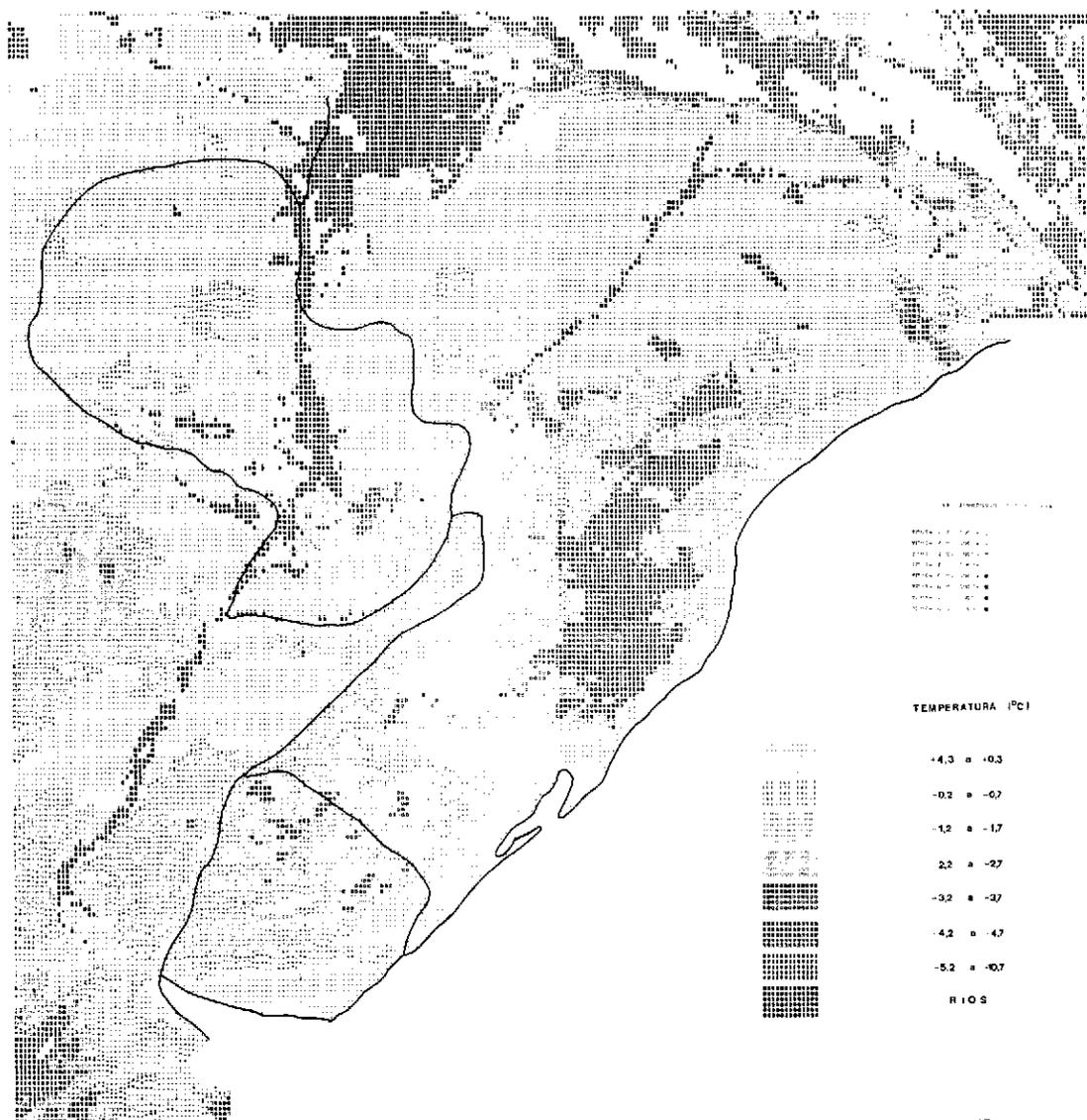


Fig. 1 - Mapa gráfico produzido pela impressora do I-100

O segundo processo, consiste em gerar uma imagem com a escala de cinza modificada. Nesse caso, os níveis correspondentes às temperaturas na vizinhança de 0°C são realçados de modo que as áreas afetadas pela geada se tornem evidentes. A Figura 2 é uma imagem do satélite SMS-2 do dia 01 de junho de 1979, às 6 hs da manhã, que foi submetida a este processo. Os tons branco e cinza claro identificam as regiões com temperatura inferior a 0°C. A imagem pode ser ampliada, e a área afetada pode ser planimetrada através de um planímetro automático existente no INPE.

Além desses dois processos, está em fase final de desenvolvimento um aparelho denominado UAI (Unidade de Armazenamento de Imagens) que permite a gravação, visualização e interpretação das imagens em tempo real, isto é, ao mesmo tempo em que o satélite (neste caso, o satélite geoestacionário) está transmitindo a imagem. Devido a sua versatilidade, o UAI pode gravar até 4 imagens sequenciais e espaçadas de 30 minutos, permitindo, dessa forma, estimar o deslocamento da isoterma de 0°C. A Figura 3, mostra o diagrama de blocos do UAI e as etapas de entrada e saída da unidade de controle.

#### POSSIBILIDADES DE PREVISÃO A CURTO PRAZO

O objetivo, neste caso, é usar algoritmos e modelos físico-estatísticos de previsão, para acompanhar a marcha da temperatura em noites frias, sujeitas a geadas nas regiões sul e sudeste do Brasil.

As informações sobre a situação sinótica no sul do continente serão vitais para o funcionamento de um esquema de alerta contra geadas. As primeiras evidências sobre a ocorrência de fenômenos poderão ser detetadas com até 3 dias de antecedência. Isto é possível analisando-se a intensidade da massa de ar polar que estiver penetrando no sul da América do Sul, através das imagens transmitidas pelo satélite SMS-2. À medida que essa massa fria se deslocar na direção do sul do Brasil, os agricultores seriam informados; deste modo, os equipamentos



Fig. 2 - Imagem infravermelha realçada do satélite geossíncrono SMS-2 do dia 01 de junho de 1979, às 6:00h local.

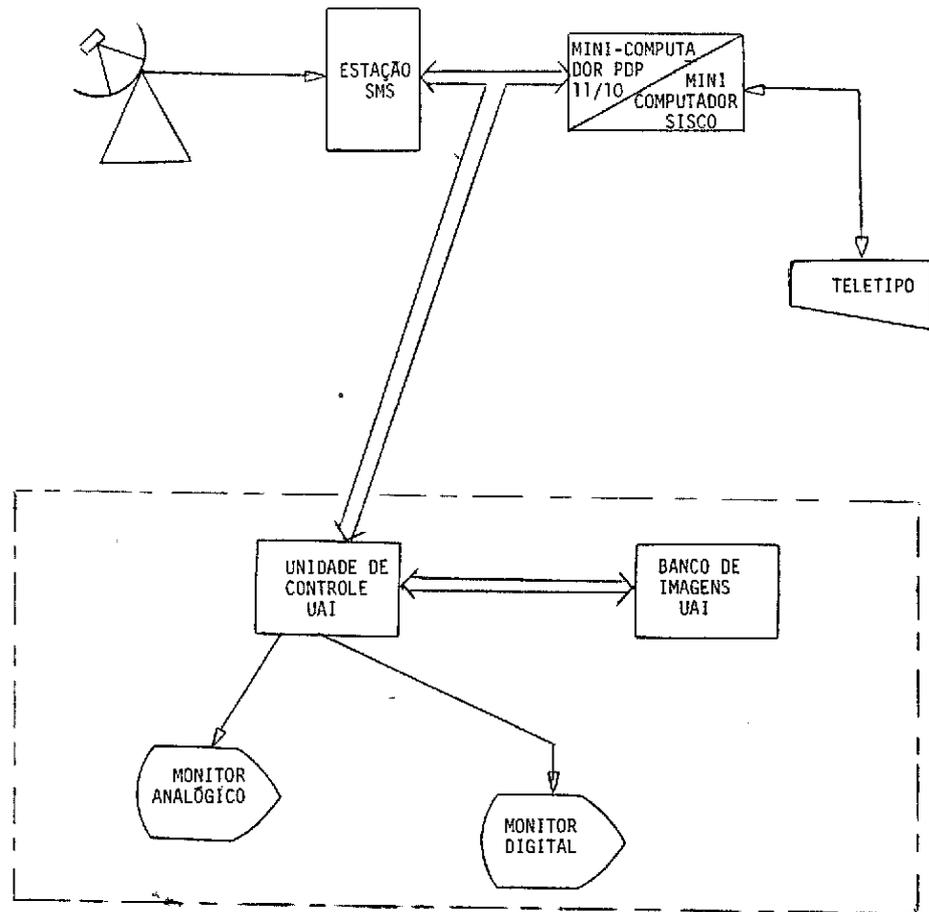


Fig. 3 - Diagrama de Blocos do UAI-I  
(Fonte: Camilli, 1981)

tos de proteção poderiam ser colocados em campo e revisados. Com 08 a 10 horas de antecedência, poderá ser acionado um modelo físico que se baseia fundamentalmente nas equações da densidade de fluxo de energia, para a previsão da marcha da temperatura em alguns pontos (estações) selecionados. Posteriormente, um modelo estatístico seria utilizado para gerar a distribuição da temperatura num domínio maior. Isso é feito correlacionando-se os níveis de cinza (temperatura) transmitidos pelo satélite, com os valores previstos pelo modelo físico. Essa rotina poderia ser reiniciada e atualizada periodicamente de modo que 2 a 3 horas antes da ocorrência da geada, os agricultores, alertados, acionassem completamente os esquemas de proteção.

Tais técnicas têm sido utilizadas satisfatoriamente por Sutherland e Bartholic (1977) e Sutherland et al. (1978) para o monitoramento e previsão de geadas na Flórida. Recentemente, Sutherland (1980) desenvolveu um modelo simples para previsão de temperatura noturna, a curto prazo, baseado em três equações: condução de calor no solo, balanço de energia para a superfície e comportamento da temperatura na camada limite atmosférica, próxima ao solo (1,5 metros de altura). A análise dos 141 casos-testes estudados demonstrou que o modelo conseguiu prever a temperatura com erro menor que 1°C em 57,4% dos casos, e com erro menor que 3°C em 98,0% de todos os casos.

### CONCLUSÃO

Um dos problemas que se tem com sensores passivos a bordo de satélites, como é o caso dos radiômetros infravermelho de varredura, é a presença de nuvens no campo de visada do radiômetro, os quais obviamente impedem o sensoriamento da superfície. Felizmente esse problema não é tão crítico no caso de geadas, pois, em geral, as geadas mais intensas ocorrem com o céu claro.

Os satélites heliossíncronos possuem mais alta resolução (1 km), porém sua frequência de amostragem é baixa (a cada 06 horas); por outro lado, os geostacionários, embora com resolução inferior (9 km) permitem amostragem a cada 30 minutos.

O INPE dispõe de tecnologia que permite receber os si  
nais das duas classes de satélites e analisá-los em curto espaço de  
tempo, com finalidade de avaliar a área afetada. Os resultados da análi  
se podem ser transmitidos aos órgãos interessados por meio de fac-si  
miles ligados à rede telefônica convencional.

Existe possibilidade de prever temperaturas a curto pra  
zo, usando-se modelos do tipo de Sutherland (1980). Os modelos pode  
riam ser adaptados, testados e melhorados para as condições do sul do  
país.

## REFERÊNCIAS

- BARTHOLIC, J.F. e R.A. SUTHERLAND, 1976: Cold climate mapping using satellite high resolution thermal imagery. Preprints Seventh Conference on Aerospace and Aeronautical Meteorology and Symposium on Remote Sensing from Satellites, Amer. Meteor. Soc., Bostonm Mass.
- CAMILLI, P.P.G.: Relatório para divulgação - sistema UAI-I. São José dos Campos, INPE, março 1981. (INPE-2022-RPI/045).
- CHEN, E. L.H. ALLEN, JR., J.F. BARTHOLIC, R.G. BILL e R.A. SUTHERLAND, 1979: Satellite sensed winter nocturnal temperature patterns of the Everglades Agricultural Area. J.Appl. Meteor, 18, 992-1002.
- SUTHERLAND, R.A. 1980: A short range objective nocturnal temperature forecasting model. J. Appl. Meteor., 19, 247-255.
- SUTHERLAND, R.A. e J.F. BARTHOLIC, 1977: A freeze forecast model based upon meteorological satellite data. Preprints Thirteenth Agricultural and Forestry Meteorology Conf., Amer. Meteor. Soc., West Lafayette, 45-46.
- SUTHERLAND, R.A., J.L. LANGFORD, J.I. BARTHOLIC e R.G. BILL, 1978: A real time satellite acquisition, analysis and display system. A practical application of the GOES network. J. Appl. Meteor. 18, 355-360.