

# **ANALISE DO POTENCIAL DE DADOS MODIS PARA MONITORAR O IMPACTO DE GEADA EM NÍVEL ESTADUAL E EM LAVOURAS DE CAFÉ**

## **RESUMO**

A ocorrência de geadas provoca sérios prejuízos de médio e curto prazo para o setor cafeeiro. O prejuízo em médio prazo dá-se pela erradicação de lavouras produtivas. Em curto prazo, o maior prejuízo ocorre na comercialização, quando os especuladores procuram tirar benefícios próprios aumentando ou diminuindo o efeito da geada conforme lhes convém. Desta forma, a quantificação rápida e precisa do impacto negativo da geada contribui para a redução da prática da especulação. A avaliação do impacto da geada sobre o parque cafeeiro, por meio das técnicas de sensoriamento remoto e de Sistemas Geográficos de Informação, pode ser uma alternativa. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o potencial dos dados MODIS para detectar a abrangência da área atingida em função da resposta espectral do café antes e logo após a geada. Verificou-se que o índice de vegetação NDVI, obtido das imagens MODIS, é eficiente para detectar a abrangência da área de geada tanto em nível estadual quanto local. As imagens do Landsat, quando disponíveis, são úteis no detalhamento da dimensão do efeito da geada. Contudo, estas imagens podem apresentar elevada cobertura de nuvens, o que dificulta seu uso. Já as imagens MODIS são obtidas diariamente, o que propicia a obtenção de imagens livres de nuvens para avaliação da dimensão do efeito da geada sobre as lavouras de café.

**Palavras-chave: MODIS/TERRA, sensoriamento remoto, índice de vegetação.**

## **ABSTRACT**

The occurrence of frosts causes serious losses of medium and short term. The medium term losses are due to eradication of hundreds or thousand of productive coffee crop fields. At short term, major losses occur during commercialization when speculators seek to obtain benefits to their own by increasing or decreasing the magnitude of the frost effect. Therefore, a fast and precise quantification of the negative frost impact will contribute to reduce speculations. Remote sensing and GIS techniques seem to be an alternative to evaluate the frost impact on coffee crop. The present work has the objective to evaluate the potential of MODIS data to detect the amount of area affected by frost at both State and local levels. Landsat images, when available, are useful to precisely define the dimension of the frost effect. However, these images may perhaps present high cloud cover making it difficult to use. But MODIS images are acquired daily which facilitates the acquisition of cloud free images to evaluate the dimension of the frost effect on coffee crop fields.

**Keywords:** TERRA/MODIS, remote sensing, vegetation index.

**JEL Classification:** Q1, Q10

## **1 INTRODUÇÃO**

A agricultura é uma atividade econômica que possui grande dependência das condições climáticas, podendo sofrer conseqüências destes fenômenos em todas as etapas produtivas. Situações meteorológicas adversas, como as geadas, causam grandes

impactos sociais e econômicos, o que provoca muita instabilidade e gera especulações nos mercados (SENTELHAS e PEREIRA, 2000).

Uma das culturas de grande relevância para o País, que sofre com a ocorrência de geadas, é o café. Apesar de o parque cafeeiro ter tido problemas nos últimos anos, em função de fortes geadas e queda dos preços, o que desestimulou os cafeicultores, o Brasil ainda é o maior exportador de café do mundo. A Companhia Nacional de Abastecimento (2005) disponibilizou dados relativos à previsão de produção da safra 2005/06 para a cultura do café: a estimativa foi de 32,4 milhões de sacas de 60 kg. Desse total, no Paraná, estado mais sujeito a ocorrência de geadas, a produção foi de aproximadamente 1,4 milhões de sacas.

O impacto causado pelas geadas é avaliado por diferentes metodologias. No entanto, a maioria baseia-se em métodos convencionais, que consistem em intensivo trabalho de levantamento no campo. Esse procedimento, além de caro e subjetivo, é muito demorado e quase sempre leva a especulação do mercado cafeeiro, por falta de uma real dimensão do impacto da geada na região, associado ao tempo para obter as informações.

Para solucionar o problema da morosidade na coleta dos dados e diminuir a subjetividade das informações, uma alternativa viável é o emprego de dados coletados de sensores orbitais. Macedo e Rudorff (2003) mostraram a importância da multitemporalidade das imagens TM Landsat no monitoramento de áreas de milho para fins de seguro agrícola. Para mapeamento de culturas semi-perenes, como a cana-de-açúcar, um outro exemplo que mostra a importância dessas imagens foi o trabalho de Rudorff et al. (2005) no monitoramento e mapeamento da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

No entanto, a resolução temporal dos satélites, como o Landsat, o SPOT o CBERS, entre outros, aliada à largura de faixa imageada não são adequadas para esse tipo de análise em tempo hábil. A partir do ano de 1999 foi lançado o satélite TERRA, com resolução temporal de 2 dias e, no caso do Brasil, imagens diárias. Viu-se aí a possibilidade de usar os dados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), para avaliar o efeito de situações meteorológicas adversas, como a geada. Esse satélite faz parte de um projeto ambicioso, denominado Sistema de Observação da Terra – EOS. O projeto é gerenciado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), cujo objetivo é realizar estudos sobre o planeta Terra (JUSTICE et al., 2002).

O sensor MODIS possui 36 bandas espectrais, sendo 2 com resolução espacial de 250 m, 5 com 500 m e 29 com 1000 m no nadir, cobrindo uma faixa de 2.330 km de largura. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui em Cuiabá-MT uma estação de recepção de dados do sensor MODIS, que cobre boa parte da América do Sul.

O uso de imagens do sensor MODIS ou de produtos gerados destas para monitorar áreas atingidas pela geada apresenta algumas vantagens em relação aos métodos convencionais. Além do baixo custo para tratar esses dados, que são distribuídos gratuitamente, a repetitividade (resolução temporal) do satélite e a visão sinóptica (tamanho da área imageada contida em uma única cena) são duas características muito importantes para o monitoramento desse tipo de evento.

No entanto, pelas características geométricas dos dados MODIS, ou seja, devido à baixa resolução espacial (250m x 250m) e as características das lavouras de café, é bom estar ciente de que essas imagens devem ser utilizadas apenas no sentido de

monitoramento, ou seja, são inadequadas para uma análise quantitativa de áreas de lavouras atingidas pela geada, o que pode ser feito por meio de dados auxiliares, como o emprego de imagens de média resolução espacial como as do sensor TM do Landsat-5, e do CCD do CBERS-2.

Partindo-se da premissa de que a geada provoca mudanças fisiológicas na vegetação e que essas mudanças afetam seu comportamento espectral, esta pesquisa teve dois objetivos. O primeiro, avaliar o potencial dos dados MODIS para detectar a abrangência da área atingida pela geada e o segundo, avaliar o potencial das imagens MODIS para detectar mudanças no comportamento espectral de áreas cafeeiras em tempo hábil.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

Para testar o potencial dessas imagens, no monitoramento de mudanças no vigor da vegetação, a área de estudo foi o estado do Paraná entre as latitudes 22° 29' 30"S e 26° 42' 59" S e as longitudes 48° 02' 24"W e 54° 37' 38" W. Para avaliar mudanças no vigor vegetativo do café foram selecionadas lavouras cafeeiras (com tamanhos compatíveis com os dados MODIS) em cinco municípios na região de Cornélio Procopio: Cornélio Procopio, Nova Fátima, Ribeirão do Pinhal, Santa Mariana e São Sebastião da Amoreira, localizados a noroeste do estado do Paraná, entre as latitudes 22° 53' 40"S e 23° 36' 23" S e as longitudes 50° 17' 31"W e 50° 49' 01" W (Figura 1).

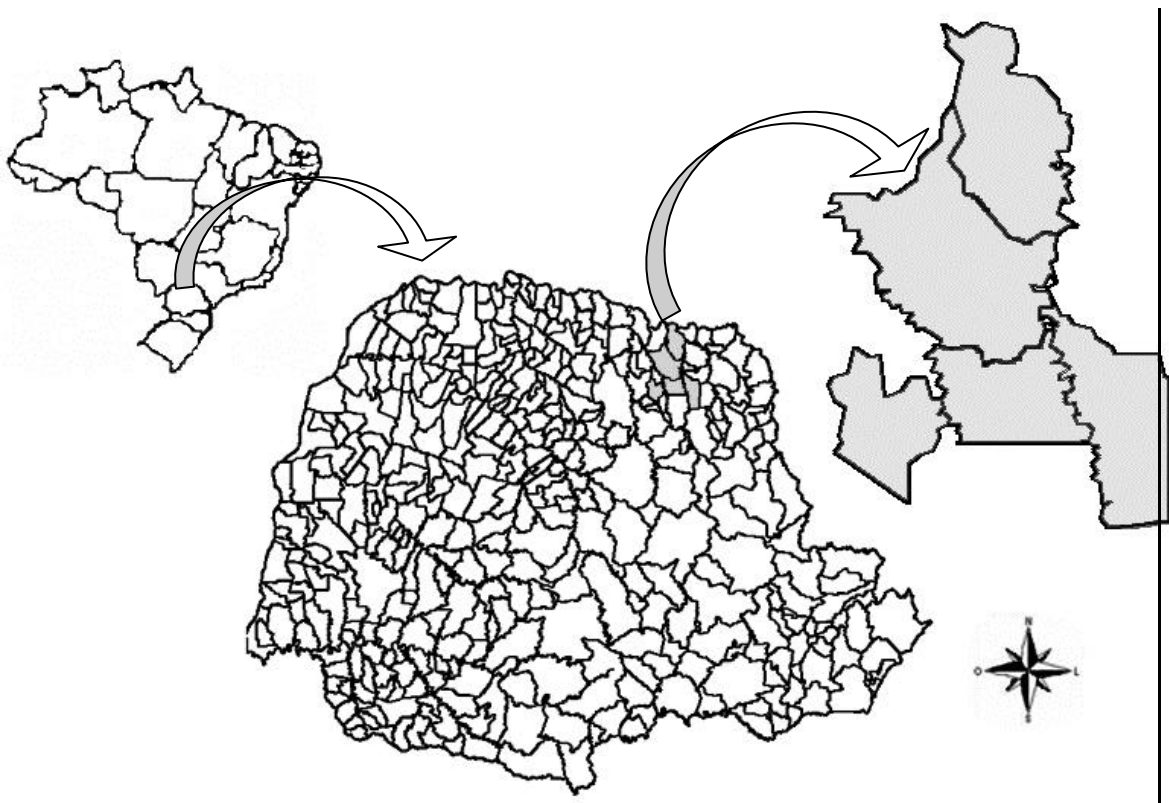


Figura 1. Estado do Paraná e limites dos municípios selecionados para o estudo regional.

## 2.2 Material

Esta pesquisa foi desenvolvida com dados MODIS do ano de 2000, quando ocorreram duas geadas de alta intensidade nos dias 13 e 17 de junho daquele ano.

Foram utilizadas imagens do sensor MODIS, bandas 1 e 2, com resolução especial de 250 m, correspondente ao *tiles* h13v11, obtidas nas datas 06/07/00, 14/07/00, 17/07/00, 21/07/00 e 24/07/00. Além das imagens MODIS utilizou-se, como dados auxiliares para identificar e mapear as lavouras de café, uma imagem, em composição colorida, do sensor ETM+ do Landsat-7, nas bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 222/76, da data de 30/01/2000.

Dados meteorológicos, correspondentes às temperaturas mínimas ocorridas nos dias 13 e 17 de julho de 2000, foram obtidos das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR).

O Banco de dados geográfico foi gerado no aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

### **2.3 Metodologia**

Na primeira fase da pesquisa realizou-se um trabalho de campo, para coletar dados auxiliares à interpretação das imagens de satélites. Foram coletados dados geográficos das lavouras afetadas pela geada e informações sobre o estágio de desenvolvimento dessas lavouras. O georreferenciamento das lavouras no campo foi realizado por meio do GPS de navegação.

Com os dados de campo e as imagens de satélite criou-se um banco de dados geográfico (BDG) no aplicativo SPRING, onde foram armazenadas as imagens do sensor MODIS, do ETM+, informações geográficas das lavouras de café e a malha municipal no formato digital.

O processamento da imagem ETM+ do Landsat-7 foi realizado no aplicativo SPRING. O georreferenciamento da imagem ETM+ foi realizado com o auxílio do mosaico de imagens ortorretificadas do ETM+ do Landsat, do ano de 2000, fornecido pela NASA, obtido pela combinação das bandas 7R, 4G e 2B, cuja projeção é dada em UTM/WGS84, o que facilitou o registro imagem-imagem.

Após o registro da imagem ETM+ realizou-se a importação, no formato *grib* para o banco de dados no SPRING e fez-se o recorte utilizando o limite dos 5 municípios. Com a imagem recortada fez-se um realce e, por meio da edição vetorial traçaram-se polígonos sobre as áreas de café, das 36 lavouras selecionadas. Esse mapa vetorial foi sobreposto às imagens MODIS. Uma vez identificadas as lavouras nos produtos MODIS realizou-se uma edição vetorial para inserir polígonos dentro das áreas eliminando os pixels de borda, para evitar a contaminação de valores radiométricos dos dados.

No caso específico do café, as imagens do ETM+ foram fundamentais para mapear as lavouras selecionadas no campo, na fase inicial. A partir da localização foi possível identificá-las e mapeá-las nas imagens MODIS.

Os produtos MODIS já vêm corrigidos para efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis, etc.) e georreferenciados. Assim, utilizou-se o *Modis Reprojection Tool* (MRT) para transformar os arquivos do formato *hdf* para *geotiff* e, também, para a conversão de projeção, de sinusoidal para geográfica. Em seguida foi realizada a importação para o BDG do SPRING e realizou-se o recorte das imagens com o limite do estado do Paraná.

### **2.3.1 Avaliação das mudanças no vigor vegetativo**

Para avaliar as mudanças no vigor da vegetação optou-se em transformar os dados MODIS em imagens Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). O emprego de imagens NDVI obtidas a partir de dados AVHRR, para estudo e monitoramento da vegetação em escala continental tem exemplo destacado no trabalho



de Tucker et al. (1985). Em nível regional, Tappan et al. (1992) analisaram uma série multitemporal de dados NDVI obtidos de imagens AVHRR, para monitoramento dos campos de pastagem no Senegal. A partir dessas imagens é possível identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial, bem como a evolução de seu estado fenológico ao longo do tempo. Os valores do índice variam entre -1 e +1, sua interpretação deve levar em consideração os ciclos fenológicos anuais, a fim de se distinguir as oscilações naturais do estado da vegetação, das mudanças na distribuição espacial resultantes de desmatamento ou demais formas de intervenção sobre a vegetação (CEBALLOS E SCHROEDER, 1999).

Para transformar as imagens MODIS em imagens NDVI desenvolveu-se um programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), cuja expressão matemática é dada pela Equação 1:

$$\underline{NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}} \quad (1)$$

em que, IVP corresponde ao valor da radiação média de um dado pixel, para a região do infravermelho próximo e V é o valor da reflectância média num dado pixel, para a região do vermelho do espectro eletromagnético.

O resultado da aplicação da Equação 1 são as imagens índices, que são geradas em número digital em uma categoria modelo numérico do terreno (MNT), ou seja, elas possuem uma grade numérica com variação de 0 a 255. Em função disto foi necessário normalizar essas imagens.

O processo de normalização também foi realizado na linguagem LEGAL, em que o resultado foi um MNT variando de -1 a 1. Para finalizar, as imagens NDVI diárias

foram fatiadas, gerando-se uma categoria temática para possibilitar a visualização do impacto das geadas. Segundo o INPE (2004), o fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, denominados no SPRING por fatias. Desta forma, um Plano de Informação da categoria *numérica* originou um Plano de Informação de categoria *temática* representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno, conseqüentemente cada fatia foi associada a uma classe *temática* previamente definida no esquema conceitual do Banco de Dados ativo.

Para cada lavoura selecionada foi obtido o valor do NDVI médio da área de café inserida dentro do polígono, por meio da ferramenta *estatística de imagem*, do SPRING. Posteriormente, foram gerados no Excel os valores médios de NDVI, a partir dos valores dos NDVIs obtidos das 36 lavouras selecionadas.

Em seguida, utilizou-se o teste *t* para pares de observações, ou seja, para comparar *n* diferentes pares de observações para um valor *m*, conforme Equação 2. Nesse procedimento, procurou-se avaliar se houve diferença significativa entre a imagem antes da geada e as posteriores.

$$t = \frac{\bar{d} - m}{S_d / \sqrt{n}} \quad (2)$$

em que, *d* é a média da amostra dos diferentes pares de observação; *S<sub>d</sub>* é a variância da amostra dos diferentes pares observados e *n* é o número de pares.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Durante o trabalho de campo além do georreferenciamento das lavouras, através do GPS, foi possível também, selecionar as lavouras cafeeiras cujos tamanhos eram compatíveis com os dados MODIS. Desse modo, foi possível identificar 36 lavouras, localizadas em 12 propriedades nos cinco municípios da região de estudo.

A análise dos dados permitiu verificar que o maior polígono traçado sobre as lavouras cafeeiras, observadas nos dados MODIS, correspondeu a uma área de 154,25 ha, enquanto que o menor foi de 9,62 ha.

De acordo com as informações levantadas no campo, pôde-se constatar que boa parte das lavouras naquela época eram constituídas por cafezais mais antigos, com idade entre 22 a 25 anos, com espaçamento convencional de 4 x 2 m, sendo as variedades mais utilizadas, Catuaí e Mundo Novo.

De acordo com informações dadas pelos agricultores que tiveram suas lavouras afetadas pela geada, foi possível concluir que a geada que ocorreu na área foi do tipo radiação, sendo o aspecto visual de geada branca e a intensidade severa. Diversas lavouras de café foram erradicadas em função da severidade das geadas.

Com os dados cartográficos verificou-se que as lavouras estudadas situavam-se entre 340 a 760 m de altitude. Segundo Camargo (1972), quanto maior a altitude, menor a temperatura e maior a ocorrência de geadas.

Segundo Grodzki et al. (1996), as geadas no Paraná ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia, propiciando condições para que se verifique a queda da temperatura até o ponto de congelamento interno das plantas (abaixo de 0 °C medido próximo ao solo). Este processo torna-se bastante freqüente no inverno, o que leva à ocorrência de geadas, inclusive no noroeste do Estado, com conseqüências desastrosas para a agricultura paranaense.

As estações meteorológicas mais próximas da área do estudo registraram, nos dias 13 e 17 de julho, temperaturas mínimas de 2,5 °C e 0,20 °C em Bandeirantes; - 0,20 °C e - 1,3 °C em Londrina; e 2,4 °C e 0 °C em Irati. Pinto et al. (1983) citados por Pinto et al. (2000), verificaram que, estatisticamente, ocorre uma diferença de 5,7 °C em média, entre as medidas no abrigo e na relva a 5 cm do terreno gramado e que essa diferença representa de forma significativa a variação térmica das folhas em noites de geadas.

Estudos de Camargo et al. (1993), Grodzki et al. (1996) e Oliveira et al. (1997) citados por Sangiolo e Nery (2000), que relacionaram as temperaturas mínimas do ar, medidas a 1,5 m de altura, com as da relva, a 0,05 m, nos estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul respectivamente, mostraram que valores abaixo de 3 °C no abrigo, já podem levar à ocorrência de geadas.

### **3.1 Imagens NDVI do MODIS**

Ao analisar a seqüência de imagens NDVI (Figuras 2 a 6) obtidas dos dados MODIS para os dias 06, 14, 17, 21 e 24 de julho de 2000 foi visível a ocorrência de um decréscimo destes valores entre a imagem referência (06/07/00) e as demais imagens.

Nota-se que houve mudança nos valores do NDVI logo na primeira data após a geada do dia 13/07/00. No entanto, a real dimensão da abrangência da geada (somando os efeitos acumulativos das duas geadas 13 e 17 de julho) foi claramente perceptível na imagem do dia 21 de julho de 2000, 4 dias depois. Esse resultado, embora de caráter qualitativo, foi extremamente positivo, em função do espaço de tempo e a visualização espacializada das áreas atingidas pela geada.

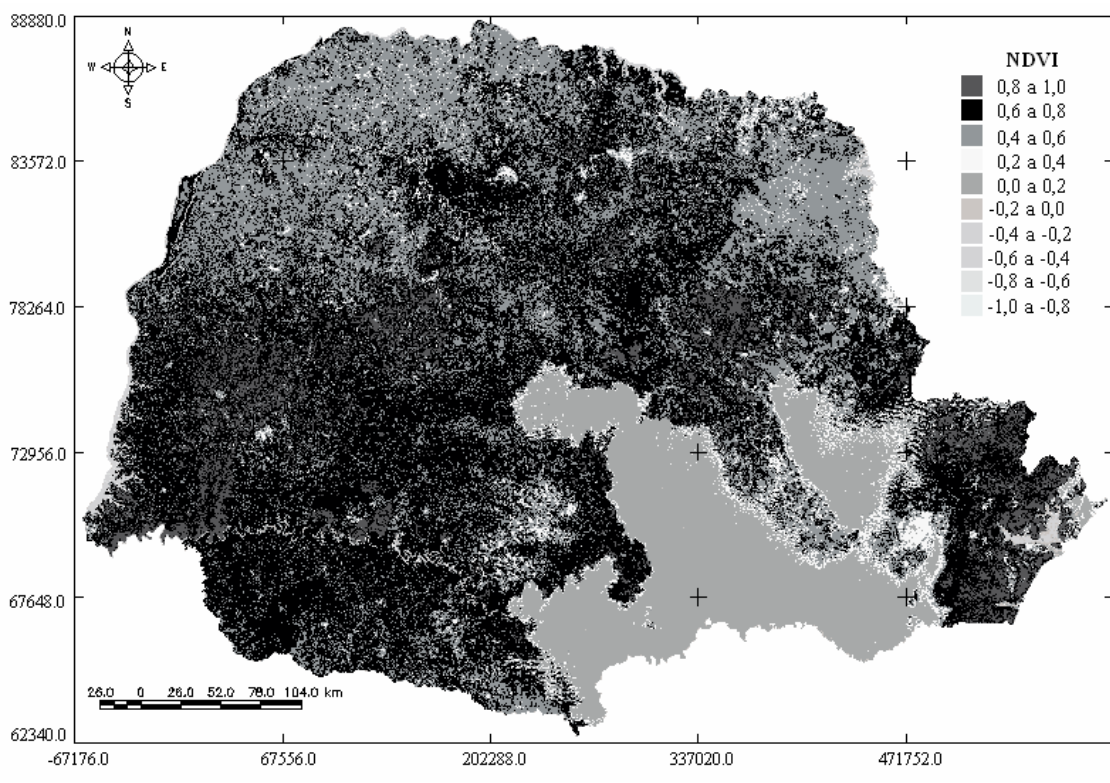


Figura 2. Imagem NDVI obtida dos dados MODIS para o dia 6/07/00, antes da ocorrência da geada.



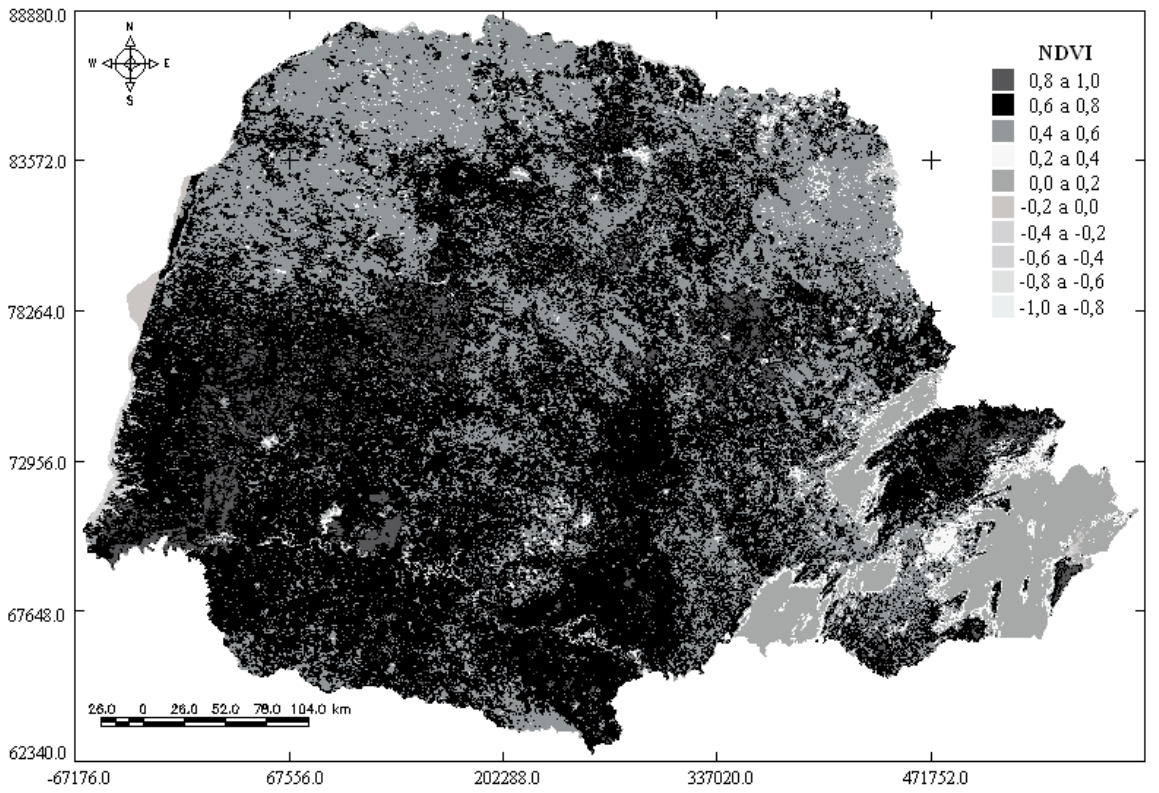


Figura 3. Imagem NDVI obtida dos dados MODIS para o dia 14/07/00, um dia após a ocorrência da geada do dia 13/07/00.

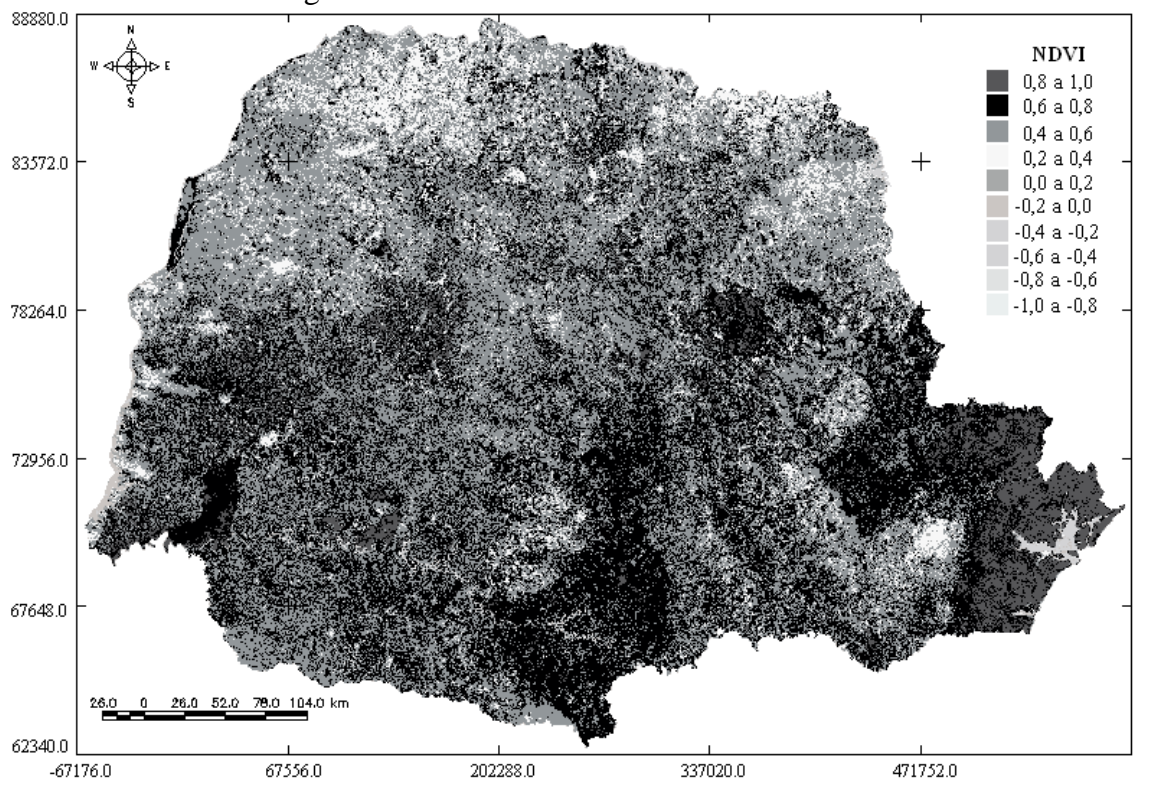


Figura 4. Imagem NDVI obtida dos dados MODIS para o dia 17/07/00, 4 dias após a geada do dia 13/07/00 e do dia em que ocorreu a segunda geada.



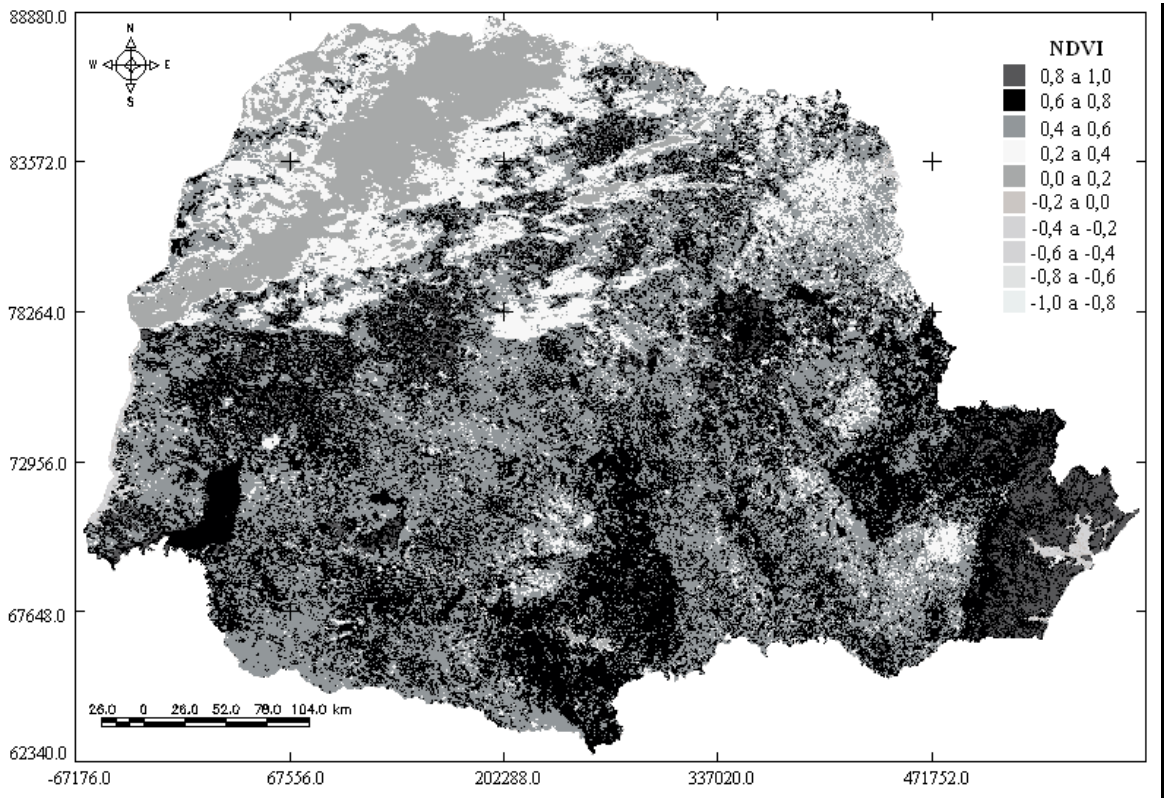


Figura 5. Imagem NDVI obtida dos dados MODIS para o dia 21/07/00, 4 dias após a geada do dia 17/07/00.

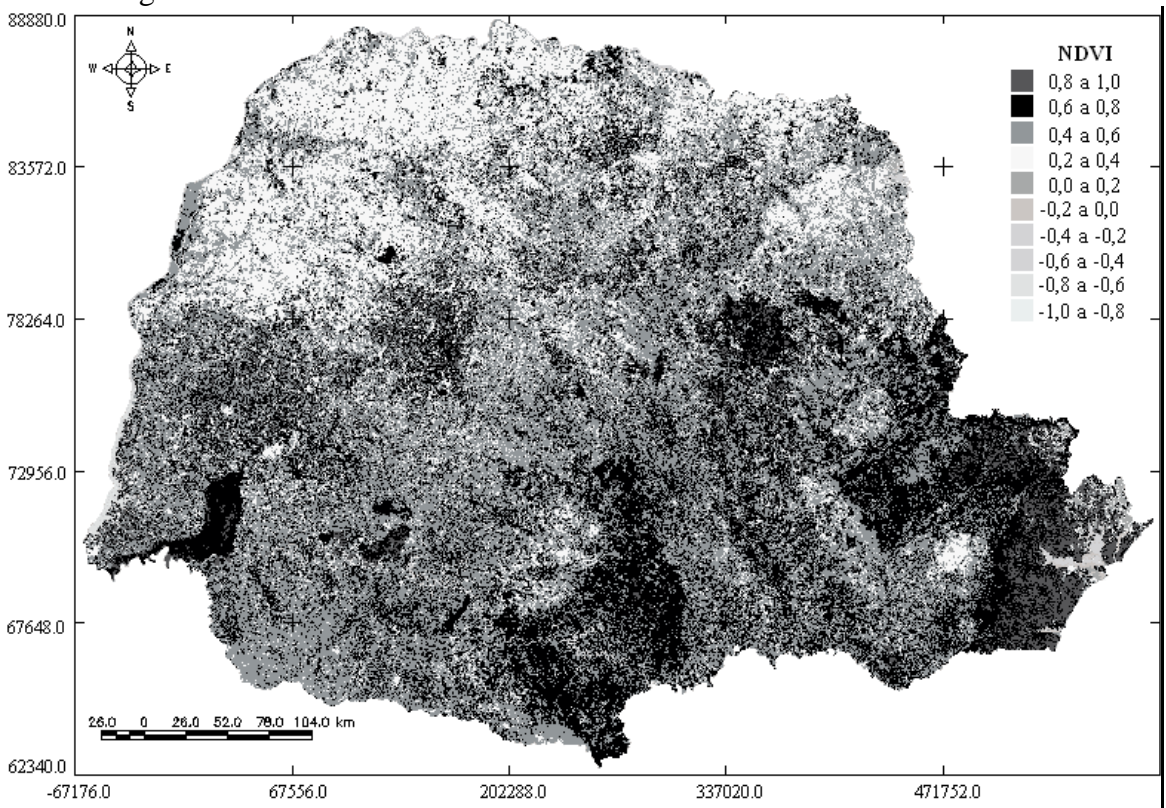


Figura 6. Imagem NDVI obtida dos dados MODIS para o dia 24/07/00, 7 dias após a geada do dia 17/07/00.

Posteriormente, fez-se um estudo mais detalhado do NDVI para as 36 lavouras selecionadas nos cinco municípios. Na Figura 7 verifica-se a variação dos valores médios do NDVI nas cinco datas em que os dados foram analisados.

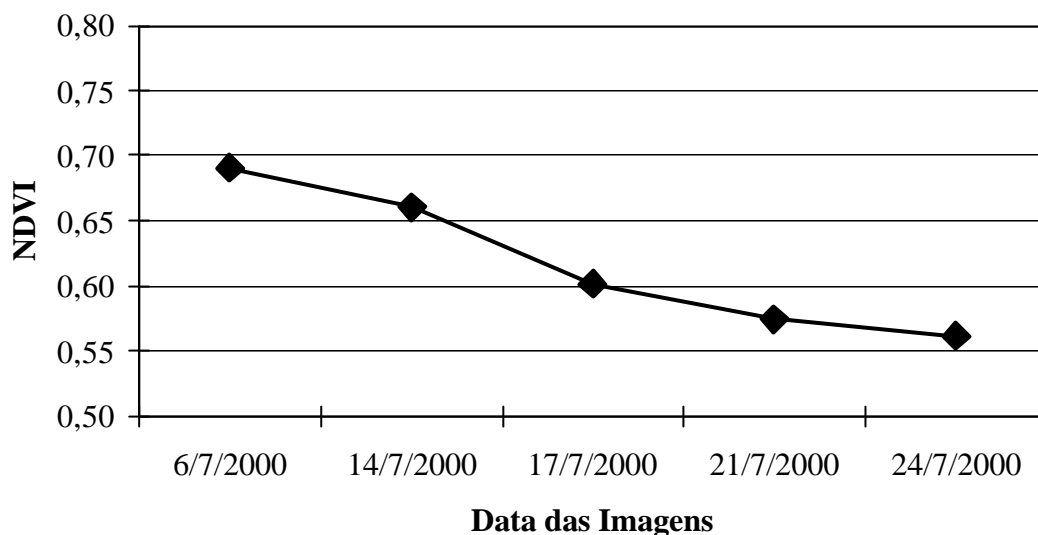


Figura 7. Valores médios de NDVI para 36 lavouras em 5 datas de coleta das imagens MODIS.

Observou-se que o NDVI médio passou de aproximadamente 0,69 na data de 06/07/00, dado obtido antes da ocorrência da geada, para 0,56 na data de 24/07/00. Nota-se também que a variação nos valores do NDVI da data de 21/07 para o dia 24/07 foi menos acentuada, o que indica a ocorrência de estabilização do efeito da geada no tecido da planta.

Na Tabela 1 estão contidos os resultados do *teste t* para pares de observação, realizado com os valores do NDVI médio das 36 lavouras, sendo considerada a imagem do dia 06/07/00 como dado de referência.



Tabela 1. Resultados do teste t aplicado para valores médios de NDVI do MODIS.

<b>Diferença entre as datas</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Valor de t</b>	<b>Pr &gt; ½t½</b>
06/07/00 – 14/07/00	0,03	0,0674	2,67**	0,0115
06/07/00 – 17/07/00	0,0886	0,0841	6,32**	< 0,0001
06/07/00 – 21/07/00	0,1158	0,1129	6,15**	< 0,0001
06/07/00 – 24/07/00	0,1286	0,0899	8,59**	< 0,0001

Os resultados da Tabela 1 mostram que, com exceção da imagem de 14/07/00, em que o nível de significância foi de 5% de probabilidade, nas demais datas os resultados foram altamente significativos ( $p < 0,01$ ), em comparação aos dados de 06/07/2000. De acordo com esse resultado pode-se dizer que o efeito da geada no comportamento espectral do café pode ser perceptível no primeiro dia após a sua ocorrência. Do ponto de vista prático, é bastante animador, pois permitiu visualizar não só a extensão da área atingida pela geada, como também observar as mudanças no comportamento espectral com um dia após a ocorrência da geada.

A interpretação do NDVI deve também levar em consideração os ciclos fenológicos da cultura (Camargo et al., 2001). Na região noroeste do Paraná, como no estado de São Paulo, a partir de julho o café começa a entrar na fase fenológica de repouso e senescência dos ramos. É importante salientar que mudanças nos valores do NDVI podem ocorrer com o desenrolar da colheita, que é feita manualmente e que provoca a derriça de boa parte das folhas. No entanto, esse fato não pode estar associado às mudanças nos valores do NDVI, porque o período observado foi muito curto, menos de 10 dias. Além disso, a análise da imagem para todo o estado mostra que o NDVI da vegetação mudou drasticamente em um curto espaço de tempo. Assim, pode-se afirmar que as mudanças no NDVI das lavouras selecionadas foram conseqüências da geada.

## 4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa foi possível concluir que os dados MODIS são uma ferramenta valiosa para monitorar, em tempo hábil, áreas atingidas por geada, pois no estado do Paraná foi possível observar mudanças no comportamento espectral da vegetação, com um dia após a sua ocorrência . Além disso, a largura da faixa de imageamento do sensor MODIS foi muito adequada para esse tipo de análise, tendo em vista que uma única imagem foi suficiente para abranger todo o Estado, o que seria impossível ao usar dados de satélites de menor resolução espacial.

A análise do índice de vegetação NDVI obtido das imagens MODIS foi eficiente para o monitoramento do efeito da geada em nível estadual, logo após a sua ocorrência.

Com relação à cultura do café, a informação quantitativa da área atingida não pode ser obtida diretamente dos dados MODIS, por causa da resolução espacial do sistema sensor e as características das lavouras de café, que apresenta uma heterogeneidade no tamanho da área cultivada. Nessa situação, recomenda-se empregar imagens MODIS para avaliar qualitativamente o impacto da geada e, para quantificar a área de café, deve-se usar imagens de média resolução espacial, como as do TM/Landsat ou CCD/CBERS.

Finalmente, pode-se dizer que o aplicativo SPRING foi adequado para o processamento dos dados orbitais e coletados em campo, e a metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser aplicada em qualquer outro Estado onde há ocorrência de geadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.P. de; CAMARGO, M.. B. P. DE; PALLONE FILHO, W. J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região norte de São Paulo e no triângulo mineiro. **Boletim Técnico do IAC**, Campinas,, 2001. p.190.

CAMARGO, Â. P. Apontamentos de agrometeorologia. **Apostila da FAZMCG**, Esp. Sto. Do Pinhal, 1972.

CEBALLOS, J. C. e SCHROEDER, W. **Índices de vegetação baseados em imagens NOAA**. 1999. <http://www.pucrs.br/ffch/lab-geo/notas-vegetacao.doc>. Setembro/2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra de café 2005/2006**: segundo levantamento – abril/2005.  
<http://www.conab.gov.br/download/safra/safra.html>. Junho, 2005.

GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D. de; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.4, n.1, p.93-99, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **SPRING**: tutorial de geoprocessamento. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/index.html>. Acesso em: 15 set.2004.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J.R.G.; VERMOTE, E.F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D.P.; MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment** 83: 3 -15. 2002.

MACEDO, M.A. e RUDORFF, B.F.T. Geotecnologia no seguro agrícola do milho safrinha. **Agricultura em São Paulo**, v.50, n.1. 43-50, 2003.

PINTO, H.S.; ZULLU JR., J.; BRUNINI; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P.DE; CORAL G.; BARBANO, M.T. Um modelo para estimative de danos causados por geadas em cafezais. **Agroclimatologia**. Brasília/DF: Embrapa Café/Minasplan. v.1, p.120-121. 2000.

RUDORFF, B.F.T.; BERKA, L.M.S.; MOREIRA, M.A.; DUARTE, V.; XAVIER, A.C.; ROSA, V.G.C.; SHIMABUKURO, Y.E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**, v.52, n.1. 21-39, jan/jun. 2005.

SANGIOLO, A.C. & NERY, J. T. Distribuições de extremos de temperatura mínima no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p. 247-253, 2000.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. L. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 2000. 172p.

TAPPAN, G.G. et al. Monitoring rangeland dynamics in Senegal with Advanced Very High Resolution Radiometer data. **Geocarto International**, v.1, 1992.

TUCKER, C.J.; TOWNSHEND, J.R.G.; GOFF, T.E. African land-cover classification using satellite data. **Science**, Washington, v.227, 1985.