IPEF - ESALQ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SCIENTIA FORESTALIS

ISSN 1413-9324
Nº 54, Dezembro, 1998

SCIENTIA FORESTALIS
n. 54, p. 107-118, dez. 1998

Avaliação de imagens-índice e imagens-proporção na identificação de plantios florestais desfolhados por geadas e pelo ataque de insetos

Evaluation of index-images and end-members images in the identification of forest stands stressed by frost and insect attacks

Flávio Jorge Ponzoni

RESUMO: Foram utilizadas imagens TM/Landsat referentes a duas passagens para o estudo de áreas afetadas por geadas e a outras duas passagens para a avaliação de áreas atacadas por *Thyrinteina arnobia*, em áreas de plantios de *Eucalyptus* spp. localizados em fazendas da Duraflora S/A do município de Lençóis Paulista (SP). A seleção destes pares de passagens levou em consideração as datas anteriores e posteriores à ocorrência das geadas e dos ataques, respectivamente. As imagens anteriores a ambas ocorrências foram consideradas como referências em um processo de retificação radiométrica que teve como objetivo minimizar as diferenças radiométricas entre as passagens, decorrentes de efeitos atmosféricos e de calibração de detetores. Neste processo, foram elaboradas as imagens- reflectância de cada banda espectral, as imagens subseqüentes foram registradas (registro imagem-imagem) e, uma vez retificadas, procedeu-se à determinação das imagens-índice (NDVI) e de imagens-proporção (Veg). Foram identificadas sete áreas afetadas e sete outras não-afetadas pela geada e uma área sabidamente atacada e outra área não-atacada por *Thyrinteina arnobia*. Sob estas áreas nas imagens NDVI e nas imagens Veg, foram compostas máscaras a partir das quais foram determinados os valores médios de NDVI e Veg de cada uma das áreas. Os resultados indicaram tendência de diminuição, tanto de NDVI quanto de Veg, na passagem posterior à ocorrência da geada, porém as diferenças entre os valores médios destes parâmetros não foram significativas ao nível de 5 % de significância. Para o caso das áreas atacadas por *Thyrinteina arnobia*, os resultados indicaram que não foi possível individualizar as áreas atacadas das não-atacadas.

PALAVRAS-CHAVE: Imagens-índice, Geada, Imagens-proporção, Sensoriamento remoto, Vegetação, *Eucalyptus*, *Thyrinteina arnobia*

ABSTRACT: TM/Landsat images were used in order to study *Eucalyptus* spp stands stressed by frost and *Thyrinteina arnobia* attacks. These forest stands were located in Duraflora S/A farms, in Lençóis Paulista (SP) town. The images paths selecting procedure took into account the dates of frost and insect attacks, trying to chose images before and after these events. The images before the events were considered as references in a radiometric correction procedure applied to reduce atmospheric and detectors calibration influence between different image dates. In that correction procedure, reflectance images were composed from each spectral band available (TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 and TM7). The following images (not references) were matched with the reference ones in both geometric and radiometric terms. Index-images (NDVI) and End-members images (Veg) were also made. Seven frost stressed and seven non-stressed areas were selected in the field. One attacked and another one non-attacked areas by *Thyrinteina arnobia* were also selected. NDVI and Veg average values were extracted from these areas. NDVI and Veg values in the images acquired after frost were lower than the values presented in the images before frost, but statistical comparison has shown that differences were not significant at 5 % of probability. For the *Thyrinteina arnobia* attacks, the results indicated that it was not possible to detect any difference between attacked and non-attacked areas.

KEYWORDS: Index-images, End-members images, Remote sensing, Vegetation, *Eucalyptus*, *Thyrinteina arnobia*, Frost

INTRODUÇÃO

São freqüentes os questionamentos quanto ao potencial do uso de produtos orbitais de sensoriamento remoto na identificação de diferentes níveis de desfolha em plantios florestais, quer seja por questões fitossanitárias ou pela ação agressiva do meio ambiente.

Disperati (1994), apresentou uma breve revisão sobre o uso do sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais. Neste artigo, o autor relata resultados alcançados por diversos autores, sobretudo através do uso de fotografias aéreas convencionais ou de pequeno formato. O uso de imagens orbitais para a avaliação de áreas atacadas por insetos tem se mostrado pouco eficiente, sobretudo quando o interesse é a detecção dos ataques em suas fases iniciais. Hall e Still (1983) e Nelson (1983) conseguiram identificar somente áreas com intenso desfolhamento e atribuíram esta limitação à resolução espacial das imagens orbitais MSS que utilizaram. Franklin (1989), citado por Disperati (1994), utilizou imagens SPOT na avaliação de danos florestais, conseguindo identificar dois níveis de danos, o que indicou um certo avanço nas possibilidades desse tipo de avaliação. Contudo, Disperati (1994) mencionou que apesar dessa maior consistência, os estudos não atingiram ainda níveis satisfatórios de operacionalidade.

De fato, Ponzoni (1996) avaliou o uso de imagens TM/Landsat na identificação de áreas atacadas pela Vespa-da-madeira em plantios de *Pinus* spp. localizados em Santa Catarina. Os níveis de ataque classificados em campo não excederam 30 %. Os resultados indicaram a impossibilidade de detecção dos desfolhamentos a esses níveis de ataque.

Apesar destes resultados nada animadores, são freqüentes os avanços nos procedimentos voltados para o processamento de imagens, incluindo as correções radiométricas (minimização do efeito da atmosfera e das diferenças de calibração de detetores) e a geração de novos índices de vegetação, procedimentos estes que merecem avaliações quanto às possíveis contribuições que podem proporcionar à identificação de plantios florestais que tenham seu desenvolvimento comprometido pela perda de folhas, seja por qualquer um dos fatores mencionados.

Os índices de vegetação constituem-se na razão entre valores de reflectância de duas ou mais bandas. No caso de estudos de vegetação, razões entre as reflectâncias do infravermelho próximo e do vermelho são freqüentemente usadas (Shimabukuro e Smith, 1995). Eles foram primeiramente criados com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento de culturas agrícolas, porém tiveram seu uso estendido para o mapeamento da vegetação e para sua avaliação quanto a desfolhamentos, colheitas e cortes rasos (Szekielda, 1988). Este mapeamento foi viabilizado pelo desenvolvimento das imagens-índice, cujos níveis de cinza são proporcionais à quantidade de fitomassa.

Apesar de existirem vários índices para o estudo da vegetação, o mais conhecido é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), o qual é determinado pela relação entre as reflectâncias referentes à região do visível e do infravermelho próximo, segundo a equação: NDVI=(IVP-V)/(IVP+V), onde IVP é e reflectância referente à região do infravermelho próximo e V é a reflectância referente à região do vermelho.

Um aspecto que merece ser salientado refere-se às respostas do desenvolvimento da vegetação frente à influência de fatores climáticos, que têm sido demonstrados e relatados na literatura, destacando-se os trabalhos de Holdridge (1947), Mather e Yashioca (1968) e Odum (1971), citados por Goward et al. (1985). Uma vez que essa influência é verdadeira e notória, os índices de vegetação passam a ser também representativos dessa influência (Goward et al., 1985).

Paralelamente ao constante aprimoramento destes índices, surgiram os modelos de mistura espectral que são transformações aplicadas às imagens orbitais que geram como produto as imagens-proporção (Sousa, 1997). O princípio destes modelos consiste no fato de que um pixel de uma imagem é suficientemente grande para incluir dois ou mais tipos de alvo, decorrente da não uniformidade da maioria das cenas naturais. As imagens-proporção geradas a partir da aplicação destes modelos são representativas de cada um dos componentes que existem dentro do pixel. Desta forma, nestas imagens, cada pixel assume valor compreendido entre 0 e 255, proporcionalmente à ocupação de um determinado alvo (Shimabukuro e Smith, 1991).

Para o caso de estudos em vegetação, podem ser geradas imagens-proporção, cujos níveis de cinza para cada pixel são proporcionais à quantidade de fitomassa presente, semelhantemente ao que pode ser verificado com as imagens-índice.

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial do uso de imagens-índice e de imagens-proporção na identificação de plantios florestais afetados pela ação de geada e de pragas florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Foram considerados os plantios de *Pinus* spp. e de *Eucalyptus* spp, das fazendas florestais de propriedade da Duraflora S/A, localizadas no município de Lençóis Paulista, SP, cuja localização no âmbito estadual encontra-se apresentada na Figura 1.

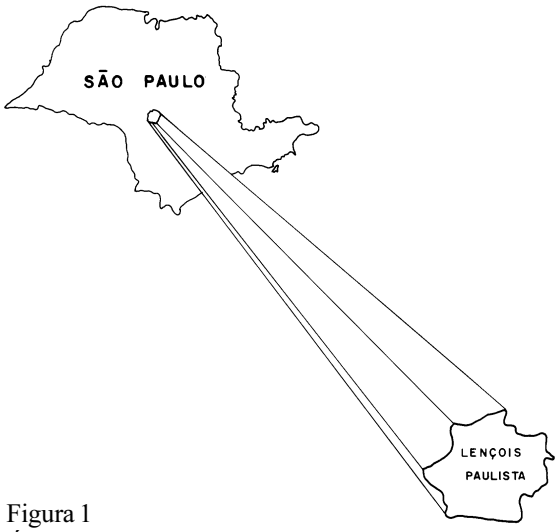

Figura 1
Área de estudo
Study area

O clima da região foi classificado, segundo Köeppen, como CWa. O grupo C abrange os climas mesotérmicos, a subdivisão CW e' definida como tropical de altitude, com inverno seco e verão com chuvas, e a categoria Cwa caraterizase por verões quentes (IBGE, 1963). A temperatura média anual é de aproximadamente 21°C, sendo a média de inverno igual a 18,6°C, com frio mais intenso nos meses de junho e julho, e a média de verão igual a 23,3°C, sendo o mês de janeiro o mais quente.

O relevo é suavemente ondulado, sendo drenado pelos Ribeirões Grande, dos Patos e Pederneiras. A drenagem, orientada para o Rio Tietê, é pouco encaixada, gerando vales amplos e abertos, com encostas de declividade inferior a 10 % (Sousa, 1997).

Características dos problemas identificados nos plantios

Geada

O mês de junho de 1994 foi marcado por temperaturas baixas, com alguma precipitação. No dia 25.06.94, houve precipitação de 19,3 mm na parte da manhã e ventos moderados à tarde. À noite, houve queda brusca da temperatura e no dia 26.06.94, houve forte geada. Como conseqüência, foi detectada perda total em 45 ha de plantios de *Pinus caribea* var. *hondurensis* com 30 dias de idade na Fazenda Piracema, perda total de aproximadamente 130 ha de plantios de *Eucalyptus grandis* com 3 meses de idade, em uma área denominada Projeto E, e perda total de brotação existente em 300 ha em outra área denominada de Projeto R na Fazenda Rio Pardo. Técnicos da empresa estimaram em 11.500 ha a área afetada pela geada, incluindo sintomas desde queima superficial das folhas, até desfolha total.

Ataque de Thyrinteina arnobia

No período compreendido entre os meses de março e maio de 1995 foi identificado ataque de *Thyrinteina arnobia*, um inseto cuja fase larval promove a desfolha das árvores. Houve pelo menos um talhão de 10 ha que foi inteiramente desfolhado e outros ao redor deste que foram parcialmente desfolhados. Imediatamente foram tomadas medidas de controle, com a aplicação de defensivos.

Imagens utilizadas e procedimentos adotados visando suas uniformizações radiométricas

Foram utilizadas imagens TM/Landsat referentes à órbita/ponto 221/76B, bandas TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 e TM7, das passagens: 06.05.94, 09.07.94, 13.10.94 e 13.08.95. Estas datas foram selecionadas levando em consideração os períodos de ocorrência da geada (junho de 1994) e do ataque de *Thyrinteina arnobia* (março-maio de 1995), procurando obter dados de duas situações distintas: uma antes da ocorrência do fenômeno e a outra durante ou ligeiramente posterior a esta ocorrência. Assim, as imagens referentes às passagens 06.05.94 e 13.10.94 foram consideradas como fonte de dados anteriores à geada e ao ataque de *Thyrinteina arnobia*, respectivamente; as passagens de 09.07.94 e 13.08.95 foram então consideradas como fonte de dados posteriores a estes dois fenômenos.

Todos os procedimentos descritos a seguir foram conduzidos no aplicativo PCI Easi Pace, disponível no Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE (LTID/INPE).

Todas as imagens foram primeiramente recortadas para compor módulos de 910 linhas por 994 colunas. Em seguida, as imagens referentes às passagens anteriores à geada e ao ataque de *Thyrinteina arnobia*, foram consideradas como base para o registro imagem-imagem, o que resultou em dois conjuntos de 6 imagens (uma de cada banda espectral), sendo um deles referente às imagens que serviram para avaliação dos plantios afetados pela geada e outro conjunto para avaliação dos plantios atacados por *Thyrinteina arnobia*. O procedimento de registro das imagens foi considerado concluído quando foi alcançada a precisão ao nível de sub-pixel, tanto para a direção horizontal, quanto para a vertical.

Transformação em imagens-reflectância e retificação radiométrica

Ambos os conjuntos de imagens foram submetidos ao processamento de um programa computacional, especialmente elaborado com o objetivo de determinar os valores de reflectância aparente para cada pixel, resultando nas chamadas *imagens-reflectância*. Essa tranformação le-

vou em consideração o ângulo de elevação solar de cada uma das passagens e valores pré-estabelecidos de calibração dos detetores de cada uma das bandas consideradas, bem como de irradiância solar no topo da atmosfera. Em seguida, foi adotado um método de retificação radiométrica desenvolvido por Hall et al. (1991), com o objetivo de minimizar as diferenças radiométricas entre as imagens das passagens, salientando que este procedimento foi adotado para cada um dos conjuntos de imagens individualmente. As imagens referentes ao período anterior às geadas e ao ataque do inseto (06.05.94 e 13.10.94, respectivamente), foram consideradas como imagens-referência durante a aplicação deste método. Os resultados da retificação radiométrica foram considerados satisfatórios quando as diferenças entre os pixels claros e escuros das imagens-referência, em relação aos mesmos pixels claros e escuros das imagens a serem retificadas (passagens posteriores às geadas e ao ataque do inseto), mantiveram-se próximas de uma unidade (+ ou - 0,5).

Elaboração de imagens-índice e imagens-proporção

Uma vez tendo as imagens uniformizadas quanto aos aspectos radiométricos, procedeu-se à determinação dos valores de NDVI e da proporção vegetação (Veg) em cada um dos conjuntos de dados (geada e ataque de *Thyrinteina arnobia*). As imagens NDVI foram determinadas a partir da aplicação de um programa computacional, compatível com o ambiente PCI EASI Pace, no qual foi aplicada a seguinte equação:

NDVI=((B4-B3)/(B4+B3))*127+128;

onde:

B4= reflectância da imagem da banda 4;

B3= reflectância da imagem da banda 3;

Os valores 127 e 128 foram aplicados para facilitar a visualização das imagens no monitor do computador.

Foram ainda elaboradas as imagens-proporção, para cada uma das quatro passagens aqui consideradas, a partir das imagens-reflectância de cada uma das seis bandas disponíveis e da definição de valores dos chamados "pixels puros". Estes pixels seriam aqueles cujos valores de reflectância são específicos de um componente do qual se está elaborando as imagens-proporção. Para o caso específico deste trabalho, foram elaboradas imagens-vegetação (Veg), imagens-solo (Solo) e imagens-sombra (Somb). Os valores dos pixels puros de vegetação e de solo, foram definidos procurando valores de reflectância nas imagens disponíveis, enquanto que os valores para o componente sombra, foram assumidos os mesmos daqueles utilizados por Bernardes (1996). A Tabela 1 contém os valores de reflectância dos pixels puros utilizados para cada componente das imagens-proporção.

Tabela 1
Valores de reflectância para os pixels puros de cada componente das imagens-proporção.
Reflectance values for reference pixels of each component of end-members images.

Componente	B1	B2	B3	B4	B5	B7
Veg	09	05	03	44	10	00
Solo	14	16	20	26	44	27
Somb	02	00	00	00	00	00

Obs.:Valores multiplicados por 255

As imagens Veg foram então transferidas aos seus respectivos bancos de dados (geada e ataque de *Thyrinteina arnobia*), que passaram a ser constituídos pelas imagens-reflectância de cada uma das seis bandas de ambas as passagens (antes e depois dos fenômenos), pelas imagens-índice (NDVI) e pelas imagens Veg.

Determinação de valores médios

Com o auxílio de um mapa sobre o qual haviam sido assinalados os talhões nos quais foram

detectados em campo sintomas de desfolha em diferentes níveis, quer seja pela ação das geadas ou pelo ataque de *Thyrinteina arnobia,* foram elaboradas "máscaras" sobre os talhões visualizados nas imagens através de uma composição colorida elaborada a partir das imagens-reflectância das bandas 3(B), 4(R) e 5(G). Procurou-se abranger com cada uma destas "máscaras", as áreas dos talhões afetados e de outros não afetados. O objetivo destas "máscaras" foi permitir o cálculo dos valores médios de NDVI e de Veg em cada uma das passagens, para os dois bancos de dados (geada e ataque de *Thyrinteina arnobia*).

Para o caso da geada, foram identificados 7 talhões afetados e outros 7 talhões não afetados. Para o caso das áreas atacadas por *Thyrinteina arnobia*, a área indicada na qual ocorrera a desfolha foi individualizada de outra, de dimensões semelhantes, localizada nas proximidades, que não havia sido atacada.

Devido à maior disponibilidade de repetições, foi possível a aplicação de Análise de Variância (ANOVA) sobre os dados referentes aos efeitos da geada. Nesta aplicação buscou-se identificar possíveis diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as médias dos valores de NDVI e de Veg referentes às áreas afetadas e àquelas não-afetadas pela geada, dentro de cada uma das passagens (maio e julho). Ainda, outra ANOVA foi aplicada para identificar possíveis diferenças significativas entre estes mesmos valores médios, agora entre os dois períodos de tempo (maio e julho); e finalmente outra ANOVA, semelhante a esta última, agora para as áreas não afetadas. Dados de precipitação e temperatura mensais, específicos para o ano de 1994 foram comparados com os valores médios de NDVI e Veg. Foram utilizados os mesmos dados climatológicos mencionados, agora dos anos de 1994 e 1995, para comparar com os valores médios de NDVI e Veg.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Valores de NDVI e de Veg para o estudo da geada

A Tabela 2 apresenta os valores de NDVI e de Veg para os meses de maio e julho para cada uma das áreas definidas nas imagens orbitais. Vale salientar que as primeiras 7 áreas referiram-se àquelas afetadas pela geada, enquanto que as demais referiram-se às áreas não afetadas.

Tabela 2
Valores de NDVI e de Veg para o estudo das áreas afetadas e não-afetadas pela geada.
NDVI and Veg values for frost and insect attacks study areas.

	Maio		Julho	
	NDVI	Veg	NDVI	Veg
Área 1	0,815	0,846	0,638	0,643
Área 2	0,254	0,425	0,233	0,427
Área 3	0,803	0,743	0,709	0,664
Área 4	0,792	0,743	0,639	0,623
Área 5	0,693	0,629	0,611	0,605
Área 6	0,669	0,607	0,567	0,576
Área 7	0,681	0,737	0,293	0,536
Média 1	0,672	0,676	0,527	0,581
Área 9	0,799	0,764	0,769	0,719
Área 10	0,783	0,750	0,752	0,728
Área 11	0,159	0,397	0,248	0,425
Área 12	0,747	0,669	0,724	0,642
Área 13	0,675	0,614	0,675	0,625
Área 14	0,778	0,715	0,766	0,695
Área 15	0,811	0,927	0,665	0,651
Média 2	0,679	0,691	0,657	0,641

Observando os dados contidos nesta Tabela 2, verifica-se que, comparando os valores de NDVI e de Veg das áreas afetadas pela geada com aqueles referentes às áreas não-afetadas, os índices das primeiras mostraram ligeira tendência de serem inferiores àqueles das áreas não-afetadas, tanto para o mês de maio, quanto para o mês de julho. Considerando que no mês de maio a geada

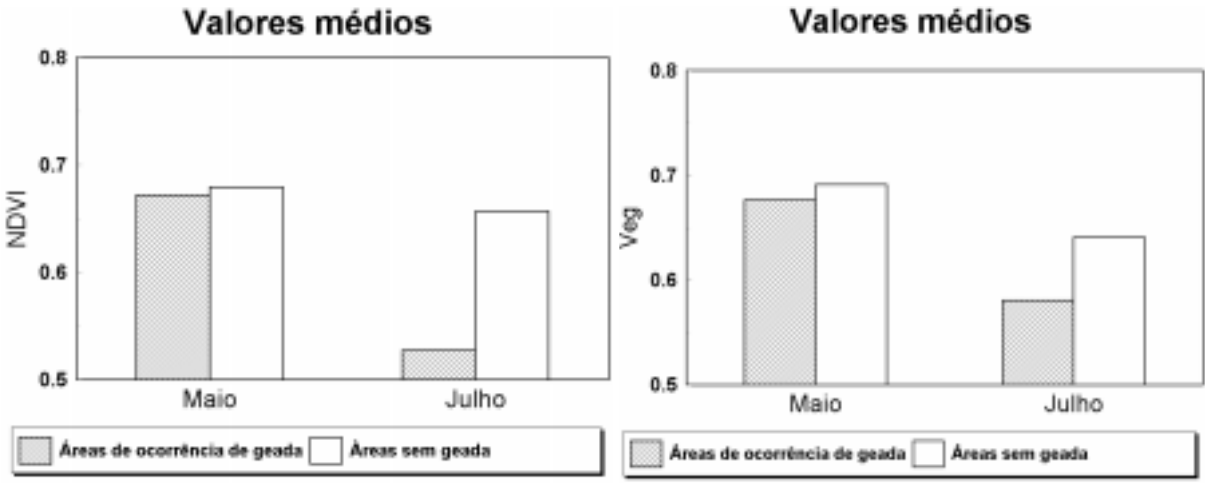

Figura 2
Valores médios de NDVI e de Veg para as áreas afetadas e áreas não-afetadas pela geada.
NDVI and Veg average values for stressed and non-stressed areas.

ainda não havia ocorrido, este resultado pode ser um indicativo de que nas áreas afetadas pela geada já havia menos fitomassa do que nas áreas não afetadas. Os dados de julho indicaram que essa diferenciação entre os índices manteve a mesma tendência, porém as diferenças ficaram mais acentuadas. Esse resultado pode ser melhor observado na Figura 2.

Foram então aplicadas ANOVAs para identificar possíveis diferenças significativas entre os valores médios de NDVI e de Veg. A Tabela 3 contém os resultados da ANOVA aplicada para os valores de NDVI das áreas afetadas e não-afetadas pela geada em cada um dos períodos analisados (maio e julho) individualmente.

Estes resultados indicaram que tanto em maio (período anterior às geadas), quanto em julho (período posterior à ocorrência das geadas), não houve diferença significativa entre os valores médios de NDVI das áreas afetadas em relação a estes mesmos valores das áreas não-afetadas, porém a diferença entre estes valores médios foi

Tabela 3
Resultados das ANOVAs aplicadas para os valores médios de NDVI das áreas afetadas e não-afetadas pela geada nos dois períodos analisados (maio e julho).
ANOVAs results applied to NDVI average values for stressed and non-stressed areas between the two periods considered (may and june).

Maio	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	G x NG	01	0,000157	0,000157	0,003
	Resíduo	12	0,554910	0,046242	ns
	Total	13	0,555067		
Julho	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	G x NG	01	0,058701	0,058701	1,702
	Resíduo	12	0,413922	0,034493	ns
	Total	13	0,472623		

G x NG= Áreas afetadas x áreas não afetadas pela geada

ns= não significativo ao nível de 5% de significância

ligeiramente superior no período de julho, indicando que pode ter havido alguma diminuição de fitomassa neste período, decorrente do efeito das geadas, que não havia ocorrido ainda em maio. Resultado semelhante foi verificado com os valores médios de Veg, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Outras ANOVAs foram aplicadas, agora para verificar a possível existência de diferença significativa entre valores médios de NDVI e de Veg de uma mesma área (afetada ou não afetada), mas nos dois períodos de tempo considerados. Os resultados referentes aos valores médios de NDVI encontram-se na Tabela 5.

Pelos resultados apresentados nesta Tabela 5, observa-se que não houve diferença significativa entre os valores médios de NDVI, tanto das áreas afetadas quanto das não-afetadas pela geada, entre os dois períodos considerados. Apesar disso, verificou-se uma tendência das diferenças entre os NDVIs referentes às áreas afetadas serem maiores do que aquelas verificadas entre os

Tabela 4
Resultados das ANOVAs aplicadas para os valores médios de Veg das áreas afetadas e não-afetadas pela geada nos dois períodos analisados (maio e julho).
ANOVAs results applied to Veg average values for stressed and non-stressed areas between the two periods considered (may and june).

Maio	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	G x NG	01	0,000791	0,000791	0,035
	Resíduo	12	0,269545	0,022462	ns
	Total	13	0,270335		
Julho	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	G x NG	01	0,012089	0,012089	1,417
	Resíduo	12	0,102349	0,008529	ns
	Total	13	0,114439		

G x NG= Áreas afetadas x áreas não afetadas pela geada

ns= não significativo ao nível de 5% de significância

Tabela 5
Resultados das ANOVAs aplicadas para os valores médios de NDVI para uma mesma área (afetadas e não-afetadas pela geada) entre os dois períodos analisados (maio e julho).
ANOVAs results applied to NDVI average values for the same area (stressed and non-stressed by frost) between the two period considered (may and june).

Afetada	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	M x J	01	0,073447	0,073447	2,024
	Resíduo	12	0,435385	0,036282	ns
	Total	13	0,508832		
Não-afet.	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	M x J	01	0,001702	0,001702	0,038
	Resíduo	12	0,533447	0,044454	ns
	Total	13	0,535149		

M x J= Maio x Julho

ns= não significativo ao nível de 5% de significância

NDVIs das áreas não-afetadas, indicando mais uma vez que pode ter havido diminuição de fitomassa nas áreas afetadas de forma mais acentuada do que nas áreas não-afetadas. Resultados semelhantes foram encontrados para os valores de Veg, conforme pode ser observado nos dados apresentados na Tabela 6.

A tendência de diminuição dos índices (NDVI e Veg) para ambas as áreas (afetadas e não-afetadas) pode ser explicada pela diminuição da temperatura e da precipitação que se verificou entre os meses de maio a julho de 1994, conforme pode ser observado na Figura 3.

Tabela 6
Resultados das ANOVAs aplicadas para os valores médios de Veg para uma mesma área (afetadas e não-afetadas pela geada) entre os dois períodos analisados (maio e julho).
ANOVAs results applied to Veg average values for the same area (stressed and non-stressed by frost) between the two period considered (may and june).

Afetada	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	M x J	01	0,030918	0,030918	2,464
	Resíduo	12	0,150552	0,012546	ns
	Total	13	0,181469		
Não-afet.	F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
	M x J	01	0,008836	0,008836	0,479
	Resíduo	12	0,221342	0,018445	ns
	Total	13	0,230178		

M x J= Maio x Julho

ns= não significativo ao nível de 5% de significância

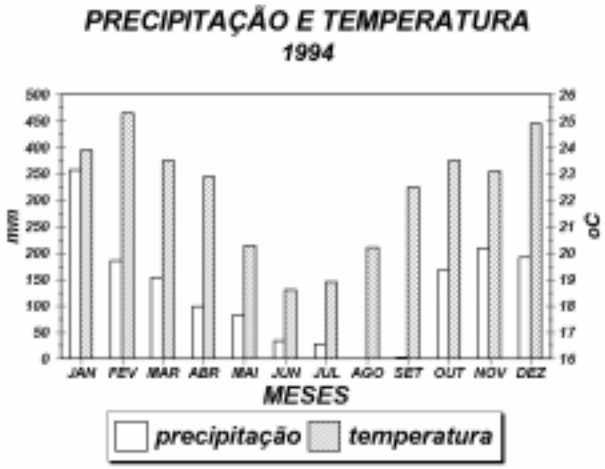

Figura 3
Valores mensais médios de precipitação e temperatura para o ano de 1994
Precipitation and temperature monthly data for 1994.

Goward et al. (1985) demostraram a íntima relação entre os valores de NDVI e níveis de temperatura e precipitação para a cobertura vegetal de Point Barrow, Alaska e Phoenix, nos Estados Unidos. Justice et al. (1985) analisaram a fenologia da cobertura vegetal em nível global utilizando imagens provenientes de satélites meteorológicos, a partir das quais foram gerados valores de NDVI. Os autores concluíram a viabilidade do uso deste índice para avaliar o estado fenológico da vegetação mediante a ação de fatores climáticos.

Valores de NDVI e Veg para as áreas atacadas por Thyrinteina arnobia

A Tabela 7 contém os valores de NDVI e de Veg para as áreas atacadas e não-atacadas por *Thyrinteina arnobia*, nos dois períodos considerados (outubro/94 e agosto/95).

Tabela 7
Valores médios de NDVI e de Veg para as áreas atacadas e não-atacadas em ambos os períodos considerados (Outubro de 1994 e agosto de 1995).
NDVI and Veg average values for the attacked and non-attacked areas considering the two period (October of 1994 and August of 1995).

Período	Atacada		Não-atacada	
	NDVI	Veg	NDVI	Veg
Out./94	0,591	0,737	0,593	0,740
Ago./95	0,614	0,800	0,609	0,759

Observa-se que tanto nas áreas atacadas, quanto nas não atacadas, os valores médios de NDVI e de Veg apresentaram tendência de aumento em agosto de 1995, em relação aos valores estimados em outubro de 1994. Esta tendência pode ser melhor observada na Figura 4, que apresenta uma representação gráfica destes valores contidos na Tabela 7.

Para o mês de outubro de 1994, tanto os valores de NDVI quanto de Veg das áreas atacadas foram ligeiramente inferiores àqueles das áreas

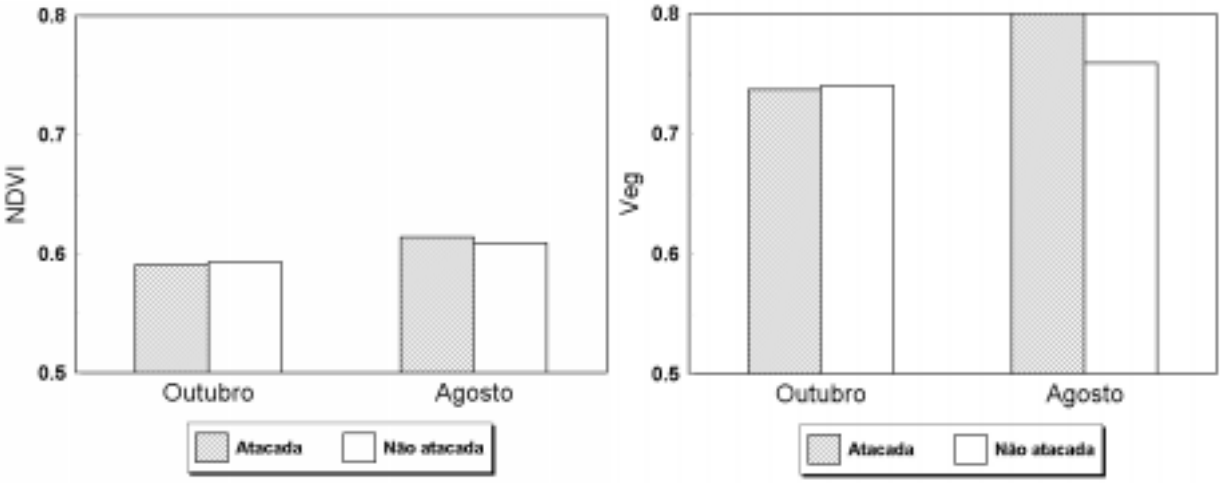

Figura 4
Valores de NDVI e de Veg para as áreas atacadas e não atacadas por *Thyrinteina arnobia*, nos dois períodos considerados.
NDVI and Veg values for the attacked and non-attacked areas by Thyrinteina arnobia, in the two period considered.

não-atacadas, o que pode ser um indicativo de que as primeiras poderiam ter na ocasião menor fitomassa do que as áreas não-atacadas. Vale salientar que em outubro de 1994 o ataque do inseto ainda não havia ocorrido. Em agosto de 1995, quando o ataque já havia ocorrido, os valores de NDVI tenderam a um mesmo valor, enquanto que os valores de Veg para as áreas não-atacadas foram ligeiramente inferiores àqueles das áreas atacadas, tendência esta contrária ao esperado, uma vez que as áreas atacadas deveriam apresentar menor fitomassa e, conseqüentemente, menores valores tanto de NDVI quanto de Veg.

Observando os gráficos da Figura 5, verifica-se que o mês de outubro de 1994 foi precedido de dois meses de quase que completa estiagem, enquanto que o mês de agosto de 95, foi precedido de períodos que apresentaram precipitações regulares para a época. Este fato pode explicar a ligeira tendência de valores inferiores de ambos os índices (NDVI e Veg) no mês de outubro de 1994 em relação àqueles encontrados para o mês de agosto de 1995.

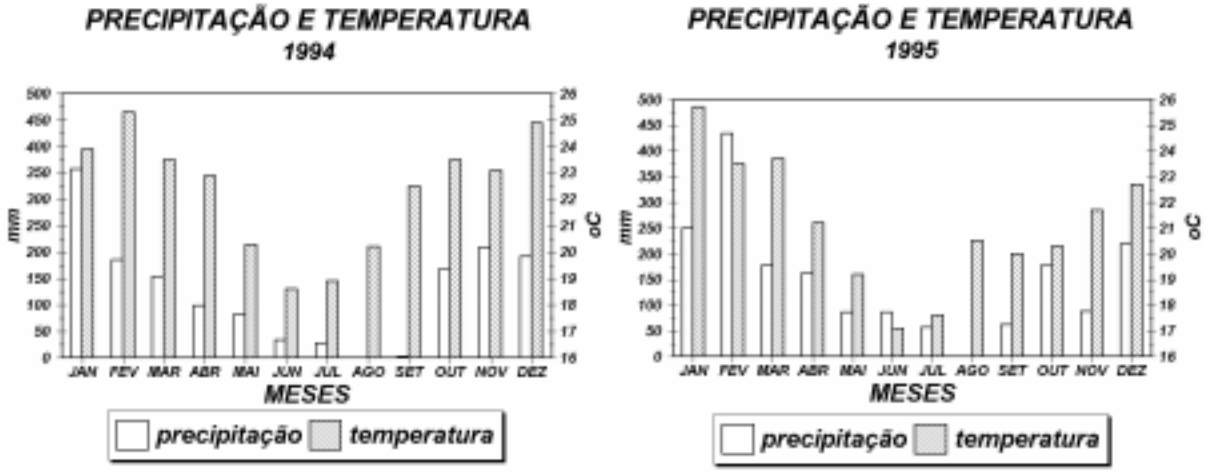

Figura 5
Valores médios mensais de precipitação e temperatura para os anos de 1994 e 1995.
Precipitation and temperature monthly data for 1994 and 1995.

CONCLUSÕES

Os valores de NDVI e de Veg apresentaram tendência de diminuição entre os meses de maio a julho de 94, contudo as diferenças entre esses valores para as áreas afetadas e não-afetadas não foram estatisticamente significativas, indicando que não foi possível identificar diferenças significativas de fitomassa entre estas áreas, ocasionadas pela ação da geada. Os fatores climáticos apresentaram correspondência com a dinâmica dos valores de NDVI e de Veg.

Os efeitos dos ataques de *Thyrinteina arnobia* não foram identificados através das imagens transformadas (NDVI e Veg).

AUTOR E AGRADECIMENTOS

FLÁVIO JORGE PONZONI é pesquisador da Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Avenida dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal, 515 - São José dos Campos, SP - E-mai = flavio@ltid.inpe.br

O autor agradece à Duraflora S/A pela disponibilização dos dados utilizados neste trabalho e pela autorização da divulgação dos resultados junto à comunidade florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, S. *Índices de vegetação e valores de proporção na caracterização de floresta tropical primária e estádios sucessionais na área de influência da Floresta de Tapajós-Estado do Pará*. São José dos Campos: INPE, 1996. 94p. Tese (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

DISPERATI, A.A. O uso de sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais. *Floresta*, v.21, n.1/2, p.13-25, 1994.

GOWARD, S.N.; TUCKER, C.J.; DYE, D.G. North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetatio*, v.64, p.3-14, 1985.

HALL, R.C.; STILL, G.N. Mapping the distribution of aspen defoliation using Landsat color composite. *Canadian journal of remote sensing*, v.9, n.2, p.86-91, 1983.

HALL, F.G.; STREBEL, D.E.; NICKESON, J.E.; GOETZ, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multidate, multisensor images. *Remote sensing environment*, v.35, n.1, p.11-27, 1991.

HOLDRIDGE, L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, p.105,367, 1947.

IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Geografia do Brasil: grande região sul*. Rio de Janeiro, 1963. 215p. (Biblioteca Geográfica Brasileira, v.4, publicação n.18).

JUSTICE, C.O.; TOWNSHED, J.R.G.; HOLBEN, B.N.; TUCKER, C.J. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International journal of remote sensing*, v.6, n.8, p.1271-1318, 1985.

NELSON, R.F. Detecting forestry canopy change due to insect activity using Landsat MSS. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, v.49, n.9, p.1303-1314, 1983.

PONZONI, F.J. Dados TM/Landsat na identificação do ataque da Vespa-da-madeira em plantios de *Pinus* sp. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, Salvador, 1996.

SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, v.29, n.1, p.16-20, 1991.

SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. Fraction images derived from Landsat TM and MSS data for monitoring reforested areas. *Canadian journal of remote sensing*, v.21, n.1, p.67-74, 1995.

SOUSA, C.L. *Uso de imagens-índice e de imagens-proporção para avaliar a quantidade de madeira em povoamentos de Pinus spp*. São José dos Campos: INPE, 1997. 101p. Tese (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SZEKIELDA, K. *Satellite monitoring of the earth*. New York: John Wiley, 1988. 326p.

• **TRABALHOS DE PESQUISA** • Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira.• *Fernando Seixas; Ezér Dias de Oliveira Júnior; Cíntia Rodrigues de Souza* • Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. • *Sérgio Luís de Miranda Mello; José Leonardo de Moraes Gonçalves; Luis Eugênio Gonçalves de Oliveira* • Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos.• *João José Ismael; Sérgio Valiengo Valeri; Lenine Corradini; Sílvio Fernandes Alvarenga; Celina Ferraz do Valle; Manoel Evaristo Ferreira; David Ariovaldo Banzatto* • Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo "cultivo em aléias" e em cerrado na região de Botucatu, SP. • *Álvaro Luiz Mafra; Andreas Attila de Wolinsk Miklós; Hugo Luiz Vocurca; Alexandre Humberto Harkaly; Eduardo Mendoza* • Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla.* • *Lothar Schacht; José Nivaldo Garcia; Roland Vencovsky* • Estabilidade dimensional do compensado utilizando resina de alta reatividade. • *Dimas Agostinho da Silva; Ivan Tomaselli; Setsuo Iwakiri* • Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal • *Maria Aparecida de Jesus; José Wellington de Morais; R. Liége Souza de Abreu; Maria de Fátima C. Cardias* • Estimativas e testes da distribuição de freqüência diamétrica para *Eucalyptus camaldulensis,* através da distribuição S_B, por diferentes métodos de ajuste. • *José Roberto S. Scolforo; Aguinaldo Thierschi* • Avaliação de imagens-índice e imagens-proporção na identificação de plantios florestais desfolhados por geadas e pelo ataque de insetos. • *Flávio Jorge Ponzoni* • Comparando três métodos de amostragem: métodos de distâncias, contagem de quadrats e conglomerado adaptativo. • *Ilka Afonso Reis; Renato Martins Assunção* • Programas educativos com flora e fauna (expressões da biodiversidade) e a educação ambiental. • *João Luiz Pegoraro; Marcos Sorrentino* • **COMUNICAÇÕES** • Zoneamento ecológico das bacias do Paraná e Alto Paraguai (MS) para *Euterpe edulis* Mart. • *Omar Daniel; Silvio Nolasco Oliveira Neto*