

# RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE QUEIMADAS E OS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E DO BALANÇO HÍDRICO NA REGIÃO DE PIRACICABA, SP.

Fábio Ricardo MARIN<sup>1</sup>, Evandro Zanini RIGHI<sup>2</sup>, Evaristo Eduardo MIRANDA<sup>1</sup>,  
Eduardo CAPUTI<sup>1</sup>, Paulo César SENTELHAS<sup>2</sup>

id. 1141  
OK

## INTRODUÇÃO

A prática das queimadas é amplamente utilizada no Brasil, tendo diversas finalidades na atividade agrícola. O monitoramento de focos de queimada no Brasil revela a existência de cerca de 300.000 queimadas por ano ([www.queimadas.cnpm.embrapa.br](http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br)), as quais, em grande parte, são utilizadas para o controle de pragas e doenças, para a limpeza de áreas para plantio, renovação de pastagens e colheita da cana-de-açúcar.

No Estado de São Paulo, as queimadas são utilizadas principalmente no manejo dos canaviais para o corte manual, sendo utilizadas para a eliminação da palhada e para a limpeza das áreas, facilitando a operação dos cortadores. Apesar desses aspectos considerados "favoráveis", as queimadas podem provocar a ocorrência de incêndios florestais, o que é uma grande preocupação tanto nas áreas de preservação como em plantios comerciais de pinus e eucalipto (FERRAZ & VETORAZZI, 1997).

Sabe-se que as condições meteorológicas são importantes para a incidência e a propagação do fogo, havendo diversas propostas de índices de inflamabilidade, indicando o risco de fogo, os quais levam em consideração variáveis meteorológicas, como é o caso da fórmula de Monte Alegre (CIANCIULLI, 1966) e suas derivações (FERRAZ & VETORAZZI, 1996; FERRAZ & VETORAZZI, 1997; SENTELHAS et al., 2001).

Sendo a ausência de chuvas, as altas temperaturas e a baixa umidade do ar os elementos que induzem a redução da quantidade de água nos tecidos vegetais, aumentando sua inflamabilidade, os elementos do balanço hídrico climatológico seqüencial, a nível regional, especialmente a deficiência hídrica, podem ser empregados como indicadores de risco de incêndios, como verificado por BATCHELDER & HIRT (1966) e SENTELHAS et al. (2001).

O objetivo do presente trabalho é verificar a existência de correlação entre o número de queimadas detectadas por imagens de satélite e os elementos meteorológicos e do balanço hídrico climatológico na região de Piracicaba.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de queimadas da região de Piracicaba (latitude 22°53' sul; longitude 47°30' oeste) foram extraídos do banco de dados do Centro Nacional de Pesquisas de Monitoramento por Satélite, da EMBRAPA ([www.queimadas.cnpm.embrapa.br](http://www.queimadas.cnpm.embrapa.br)), entre junho de 1993 e novembro de 2002. A detecção operacional das queimadas baseia-se nas imagens do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution) à bordo dos satélites meteorológicos da família NOAA. Este sensor apresenta características adequadas ao monitoramento de queimadas, sendo uma delas a faixa espectral do canal 3, entre 3,6 a 3,9  $\mu\text{m}$ ,

adequada para detecção de focos de calor. A detecção dos focos de calor é realizada selecionando-se todos os elementos de resolução da imagem (píxeis) com as temperaturas detectadas acima de 47°C, representada espacialmente por píxeis saturados na imagem (SETZER, 1993; JUSTINO et al. 2002).

Os dados meteorológicos foram coletados na Estação Agrometeorológica Convencional do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, para os mesmo período dos dados das queimadas. Os elementos meteorológicos utilizados foram: a temperatura (Tar) e a umidade relativa (UR) média diária do ar, a precipitação total diária (P) e o número efetivo de horas de brilho solar (insolação, n).

A partir desses dados foi elaborado o balanço hídrico climatológico seqüencial, empregando-se o método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), com a evapotranspiração potencial estimada pela equação de THORNTHWAITE (1948). Determinou-se também o fotoperíodo (N) a partir das informações de latitude, época do ano e declinação solar.

Utilizou-se a análise de regressão linear para se verificar a correlação entre os dados meteorológicos e do balanço hídrico (deficiência hídrica - Def) com as queimadas, subdividindo-se o conjunto de dados de acordo com os valores da relação entre insolação e fotoperíodo (n/N), com o objetivo de verificar a influência da nebulosidade atmosférica sobre as correlações entre os dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de regressão múltipla considerando-se todo o conjunto de dados indicou a inexistência de correlação significativa com UR, ao passo que para a Tar e Def essa correlação foi significativa ao nível de 1% de probabilidade. Refazendo-se a mesma análise, tomando-se apenas a deficiência hídrica, verificou-se uma elevada dispersão dos dados, representada pelo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,04$ ), porém sendo a regressão significativa ao nível de 1%, podendo-se inferir que há relação causal esse elemento do balanço hídrico e o número de queimadas, a despeito da elevada dispersão dos dados (Figura 1).

Na Figura 1 verifica-se ainda um grande número de pontos sobre o eixo das abscissas, indicando que há valores de Def relativamente elevados sem focos de calor detectados no período. Essa constatação remete a possibilidade de falhas na detecção por parte do satélite devido à presença de nuvens durante a sua passagem sobre a região, impedindo o imageamento da superfície terrestre. Apesar da passagem do satélite ocorrer por volta das 18h e do efeito das nuvens ser variável de acordo com sua espessura, pode-se admitir que seja grande a possibilidade de haver a presença de nebulosidade durante o horário de passagem do satélite, especialmente nas estações de primavera e verão na região sudeste do Brasil.

<sup>1</sup> CNPM/EMBRAPA - Rua Júlio Soares de Arruda, 803 - CEP 13088-300 - Campinas-SP. [fabio@cnpm.embrapa.br](mailto:fabio@cnpm.embrapa.br)

<sup>2</sup> Setor de Agrometeorologia - Depto. de Ciências Exatas - ESALQ/USP - Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900 - Piracicaba, SP.

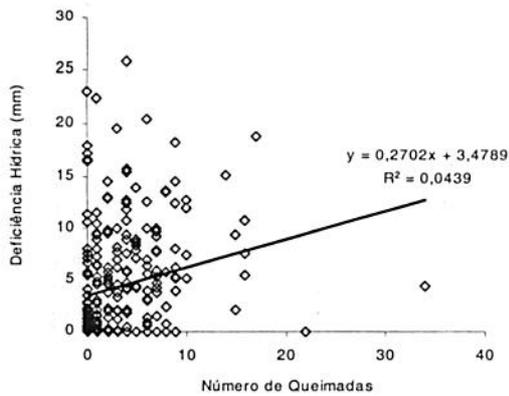


Figura 1. Correlação entre o número de queimadas e a deficiência hídrica, para o mesmo período de tempo, em Piracicaba, SP.

Admitindo-se essa premissa, para a verificação do efeito da presença de nebulosidade, tomou-se os dados, tanto de queimadas quanto os meteorológicos e do balanço hídrico, obtidos nos períodos em que relação n/N foi superior a 0,5, refazendo-se a mesma análise feita com o conjunto completo de dados. Os resultados da análise de regressão múltipla foram muito próximos dos obtidos para o conjunto completo de dados. Já a análise de regressão apenas entre Def e o número de queimadas, não foi estatisticamente significativa ao nível de 5%. A Figura 2 apresenta a correlação entre esses dados.

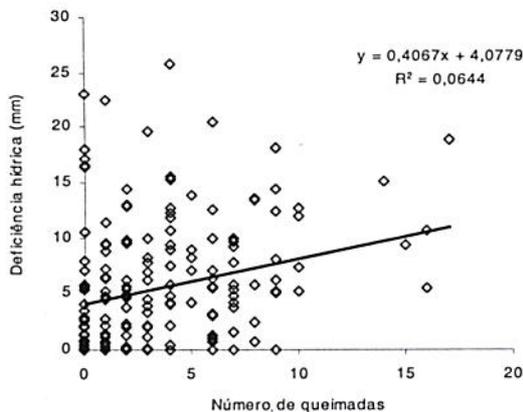


Figura 2. Correlação entre o número de queimadas e a deficiência hídrica (mm) para período com insolação maior que 50% do fotoperíodo, em Piracicaba, SP.

Tomando-se os dados obtidos em períodos em que  $n/N > 0,8$ , ou seja, em que houve mais de 80% do dia com céu limpo, verificou-se que entre as três variáveis utilizadas, apenas a Def apresentou significância estatística ao nível 5%, mesmo nível de probabilidade verificado no teste F para a regressão. O intercepto não foi estatisticamente significativo nessa análise.

A análise de regressão simples entre o número de queimadas e Def apresentou os melhores índices de correlação, com  $R^2=0,34$ , forçando a passagem da reta da regressão pela origem (a estatística t para o intercepto não significativa ao nível de 5%). Apesar da elevação do níveis de ajuste entre essas variáveis nessa última análise, deve-se destacar que os índices estatísticos obtidos permitem considerar que somente as variáveis meteorológicas e do balanço hídrico não explicam satisfatoriamente a ocorrência de queimadas, o que, por sua vez, pode ser

atribuído à forma predominante com que o fogo é usado na região de Piracicaba. O manejo dos canaviais para colheita manual com o fogo é feita normalmente no período noturno e na grande maioria dos casos, provocado por ação humana de acordo com a programação das indústrias, portanto, de forma relativamente independente das condições meteorológicas.

Assim, pode-se inferir que métodos avaliação do risco de incêndios devem levar em conta características específicas da cobertura vegetal e do manejo empregado para a formulação de métodos eficientes.

A partir dessas análises, pode-se inferir também que em áreas de vegetação natural ou mesmo em plantios florestais comerciais deve-se encontrar melhores índices de ajuste entre o número de queimadas e os dados meteorológicos e do balanço hídrico.

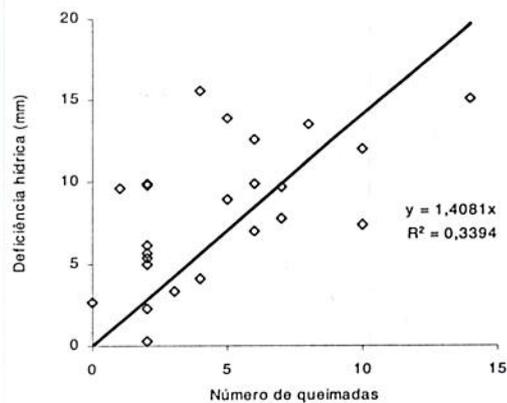


Figura 3. Correlação entre o número de queimadas e a deficiência hídrica, para os períodos com insolação maior que 80% do fotoperíodo, em Piracicaba, SP.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATCHELDER, R.B.; HIRT, H.F. Fire in tropical forests grasslands. US Army-Earth Sciences Division, 380p. 1966.
- CIANIULLI, P.L. Incêndios florestais: prevenção e combate. Nobel: São Paulo. 1981. 169p.
- FERRAZ, S.F.B.; VETORAZZI, C.A. Emprego de um SIG no mapeamento de risco de incêndios florestais. In: Simpósio Internacional sobre ecossistemas florestais, 4, Belo Horizonte. Resumos. 1996. p.45-46.
- FERRAZ, S.F.B.; VETORAZZI, C.A. Emprego do índice de Monte Alegre em um sistema de informações geográficas na produção de mapas diários de risco de incêndios em áreas florestais. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, Piracicaba, Anais. 1997. p.401-403.
- JUSTINO, F.B.; SOUZA, S.S.; SETZER, A. Relação entre "focos de calor" e condições meteorológicas no Brasil. Anais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu. 2002. Anais... CDROM.
- SENTELHAS, P.C.; MARIN, F.R.; MIRANDA, E.E.; CAPUTI, E. Deficiência hídrica acumulada como risco de incêndios florestais. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 12, Fortaleza. Anais... 2001. p.853-854.
- SETZER, A W. Operational satellite monitoring of fires in Brazil. International Forest Fire News/FAO, n.9, p.8-11, 1993.
- THORNTON, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v. 38, n.1, p. 55-94, 1948.
- THORNTON, C.W.; MATHER, J.R. Publications in Climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey, v.8, 1955. 104p.