

UMA NOVA FÓRMULA PARA DETERMINAR O GRAU DE PERIGO DE INCENDIOS FLORESTAIS NA REGIÃO CENTRO-PARANAENSE* 1)

Ronaldo Viana Soares * *
Gilberto Paez * * *

SUMMARY

In this paper, the authors develop an index to determine the probability of forest fire occurrence in the central region of State of Paraná in Brazil.

Fifteen equations were derived to predict fire danger using four climatic variables: relative humidity, air temperature, saturation deficit of the air, and the difference between temperature and dew point.

Comparisons of the 15 equations were made under the influence of three restrictions based on precipitation. Results indicate that under prevailing climatic conditions, the

equation $F(2) = 100 \sum_{h=1}^1$ was the most efficient of the equations, developed. This formula, which is the inverse function of the relative humidity, was subsequently named the Monte Alegre formula.

The Monte Alegre index was compared with three known formulas: with the Angstrom and Nesterov equations which are presently used in the region studied, and with the Teitcyn equation. Comparisons proved the Monte Alegre formula to be superior to all the others in the prediction of fire danger in the central region of State of Paraná.

1. INTRODUÇÃO

O fogo é reconhecidamente uma das maiores fontes potenciais de danos das florestas de todo o mundo. Por este motivo muito se tem pesquisado ultimamente sobre o comportamento e medidas de controle do fogo nas regiões florestais onde as condições climáticas são favoráveis à ocorrência de incêndios. E a região centro-paranaense, assim como toda a região centro-sul brasileira, está periodicamente sujeita à ação devastadora dos incêndios florestais.

Os sistemas de controle dos incêndios florestais envolvem uma série de atividades. Segundo Vines (17), antigamente a atenção era quase totalmente dirigida para as atividades de supressão do fogo, procurando estabelecer, ano após ano, a extensão dos aperfeiçoamentos aplicados no ataque aos incêndios. A tendência moderna no entanto é dedicar maior atenção às etapas de prevenção e pré-supressão, pois é muito mais vantajoso, sob todos os

aspectos, evitar um incêndio ou mesmo atacá-lo imediatamente após se iniciar do que combatê-lo após estabelecido e propagado.

Crosby (2) indica que o sucesso de supressão dos incêndios florestais depende em grande parte da velocidade e do poder de ataque. No entanto a manutenção de equipes de combate sempre de prontidão para a supressão de eventuais incêndios, tornaria as atividades de controle de incêndios florestais inviáveis economicamente. Por este motivo as organizações de controle de incêndios devem ser planejadas a fim de cumprir com os objetivos de controle de incêndios dentro de limites razoáveis de custo e de segurança. A concentração de muitos recursos torna-se muito cara e a limitação dos recursos a níveis muito baixos torna-se perigosa.

O conhecimento do grau de probabilidade de ocorrência de incêndios, através da aplicação de índices de perigo, é uma das maneiras pela qual se pode pla-

* Este trabalho foi baseado em dados parciais da tese defendida pelo primeiro autor para obtenção do Grau de *Magister Scientiae* na Escola de Graduados do IICA em Turrialba, Costa Rica.

* * Professor da Faculdade de Florestas da Universidade Federal do Paraná.

* * * Professor da Escola para Graduados do Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas da OEA.

1) Trabalho apresentado ao II Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Curitiba - de 17 a 21 de setembro de 1973.

nejar mais racionalmente a distribuição dos recursos disponíveis para o controle dos incêndios. A orientação dos trabalhos de prevenção através do grau de perigo permite uma rápida mobilização quando existem problemas de incêndio nos dias perigosos e uma economia nas atividades em dias que não apresentam perigo, pois os recursos podem ser concentrados em outras atividades.

Por este motivo, a determinação do grau de perigo de incêndio apresenta um importante subsídio no planejamento e execução de um programa de proteção contra os incêndios florestais. Apesar da importância do problema, até o momento nenhum estudo havia sido realizado, em qualquer região brasileira, visando desenvolver equações ou tabelas baseadas nos dados climáticos locais, para serem usadas com maior segurança na previsão do grau de perigo de incêndio.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um índice de perigo de incêndio fundamentado nas condições climáticas reinantes numa região situada na parte central do Estado do Paraná e compará-lo com outras fórmulas, desenvolvidas em países de condições meteorológicas e épocas de ocorrência de incêndios totalmente diversas, que mesmo assim se vinha utilizando no Brasil para o cálculo do grau de probabilidades de ocorrência de incêndios.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização do estudo

O presente trabalho foi realizado com dados obtidos na Estação Meteorológica e Arquivos da Seção de Defesa Contra Fogo das Indústrias Klabin do Paraná de Celulose S/A. Correspondem ao Município de Telêmaco Borba, situado na região centro-paranaense, segundo planalto, aproximadamente entre os meridianos 50°10' e 50° 50' de longitude oeste e entre os paralelos 24° 03' e 24° 31' de latitude Sul, com uma superfície aproximada de 2.000 Km².

A precipitação anual da região é de 1399,5 mm, a temperatura média anual 19°C e umidade relativa do ar apresenta 76,5% como média anual. Durante o inverno, a região está periodicamente sujeita à formação de geadas.

De acordo com a classificação de Koppen o clima da região pertence ao tipo "Cfb" (6) e segundo a classificação de zonas de vida de Holdridge (4) a região se enquadra na formação ecológica "Bosque úmido temperado".

2.2 Recoleção de dados

Os dados recoletados para a determinação do índice de perigo de incêndio são constituídos por temperatura do ar, umidade relativa e precipitação. Através dos três dados básicos se determina os outros necessários aos cálculos, tais como déficit de saturação e ponto de orvalho. As informações foram tomadas sempre às 13 horas do dia, segundo recomendam vários autores que trabalham com índices de perigo de incêndio (1, 3, 7, 9, 10, 13, 14 e 16).

O período de observação meteorológica disponível, isto é, em que existiam todos os dados necessários aos cálculos, era de sete anos (janeiro de 1965 a dezembro de 1971).

2.3. Estabelecimento das equações a serem testadas

Se decidiu, baseado em resultados conhecidos de correlações entre fatores meteorológicos e ocorrência de incêndio (11) que os elementos que deveriam fazer parte das equações eram: 1) temperatura do ar em graus centígrados (t); 2) umidade relativa do ar em porcentagem (h); 3) déficit de saturação do ar em milímetros (d); 4) diferença entre temperatura do ar e ponto de orvalho (b).

A fim de proporcionar igual oportunidade a todos os fatores meteorológicos que devem tomar parte nas equações a testar, se decidiu estabelecer tantas equações preliminares quantas fossem possíveis, através da combinação entre todos os quatro fatores, desde um apenas até os quatro simultaneamente. (Quadro 1).

O símbolo de somatória que acompanha cada uma das equações indica que o grau de perigo de incêndios é determinado não só pelo perigo que apresenta um dia em particular mas pelo acúmulo do efeito de dias desfavoráveis.

A umidade relativa sempre aparece nas fórmulas de maneira inversa. Isto se deve ao fato de ser a umidade relativa inversamente proporcional a ocorrência de incêndios (correlação negativa), ao contrário dos outros fatores considerados.

As constantes utilizadas em algumas fórmulas (100, 10 e 0,01) são valores arbitrários que foram introduzidos apenas para se trabalhar com números, mais fáceis de manejar e não alteram em nada os resultados obtidos.

Quadro 1. Fórmula funcional das 15 equações a testar.

Forma Básica (f_I)	Equações (F_I)	Número de fatores
t_I	$F_I (1) = \sum t_I$	1
$100 \frac{1}{h_I}$	$F_I (2) = 100 \sum \frac{1}{h_I}$	1
d_I	$F_I (3) = \sum d_I$	1
b_I	$F_I (4) = \sum b_I$	1
$10 \frac{t_I}{h_I}$	$F_I (5) = 10 \sum \frac{t_I}{h_I}$	2
$t_I \cdot d_I$	$F_I (6) = \sum t_I \cdot d_I$	2
$t_I \cdot b_I$	$F_I (7) = \sum t_I \cdot b_I$	2
$10 \frac{d_I}{h_I}$	$F_I (8) = 10 \sum \frac{d_I}{h_I}$	2
$10 \frac{b_I}{h_I}$	$F_I (9) = 10 \sum \frac{b_I}{h_I}$	2
$d_I \cdot b_I$	$F_I (10) = \sum d_I \cdot b_I$	2
$\frac{t_I \cdot d_I}{h_I}$	$F_I (11) = \sum \frac{t_I \cdot d_I}{h_I}$	3
$\frac{t_I \cdot b_I}{h_I}$	$F_I (12) = \sum \frac{t_I \cdot b_I}{h_I}$	3
$0,01 (t_I \cdot d_I \cdot b_I)$	$F_I (13) = 0,01 \sum t_I \cdot d_I \cdot b_I$	3
$10 \frac{d_I \cdot b_I}{h_I}$	$F_I (14) = 10 \sum \frac{d_I \cdot b_I}{h_I}$	3
$\frac{t_I \cdot d_I \cdot b_I}{h_I}$	$F_I (15) = \sum \frac{t_I \cdot d_I \cdot b_I}{h_I}$	4

2.4. Restrições aos cálculos das equações

A precipitação em si não apresenta correlação com a ocorrência de incêndio, mas sim o número de dias sem chuva (11). Porém é evidente que a presença de chuvas modifica o grau de perigo de incêndio (5). Por este motivo o número de dias sem chuva e a precipitação, apesar de não participarem diretamente das equações, entram como restrições ou mo-

dificações no cálculo que devem ser feitos sempre que ocorra precipitação.

Decidiu-se utilizar três restrições diferentes nos cálculos das fórmulas visando observar a diferença de comportamento das equações em relação a cada restrição e também com o objetivo de selecionar o tipo de restrição que proporcione melhores resultados. Estas restrições são mostradas nos quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2. Restrição 1 (R_1). Modificações introduzidas no cálculo de acordo com a precipitação.

Precipitação (mm)	Modificação no cálculo
até 2,4	Nenhuma, isto é, continuar o cálculo e a somatoria como se não houvesse precipitação.
2,5 a 4,9	Abater 30% do índice acumulado e somar o do dia, isto é, $F = 0,7 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
5,0 a 9,9	Abater 60% do índice acumulado e somar o do dia, isto é, $F = 0,4 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
10,0 a 12,9	Abater 80% do índice acumulado e somar o do dia, isto é, $F = 0,2 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
mais de 12,9	Abandonar a soma anterior e começar novo cálculo no dia seguinte.

Quadro 3. Restrição 2 (R_2). Modificações introduzidas no cálculo de acordo com a precipitação.

Precipitação (mm)	Modificação no cálculo
até 4,9	Nenhuma
5,0 a 9,9	Abater 50% do índice calculado e somar o do dia, isto é, $F = 0,5 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
10,0 a 14,9	Abater 75% do índice calculado e somar o do dia, isto é, $F = 0,25 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
mais de 14,9	Abandonar a soma anterior e começar novo cálculo no dia seguinte

Quadro 4. Restrição 3 (R_3). Modificações introduzidas no cálculo de acordo com a precipitação.

Precipitação (mm)	Modificação no cálculo
até 4,9	Nenhuma
5,0 a 9,9	Abater 50% do índice calculado e somar o do dia, isto é, $F = 0,5 F_{ONTEM} + f_i HOJE$.
mais de 9,9	Abandonar a soma anterior e começar novo cálculo no dia seguinte

2.5. Comparação entre as 15 equações propostas

Foram calculados os índices de perigo de incêndio, diariamente, para o período de sete anos, através das 15 equações a serem testadas, sob as três restrições propostas. Deste modo foi possível observar os valores de cada fórmula, sob cada restrição, em todos os dias que ocorreram incêndios.

Como as fórmulas envolvem diferentes fatores meteorológicos combinados de diversas maneiras, os valores observados se apresentam em escalas diferentes, o que impossibilita uma comparação direta entre as fórmulas. Por isto foi necessário um artifício para converter os valores das 15 fórmulas a uma escala a fim de ser possível a comparação. O artifício utilizado consistiu em converter todos os valores das fórmulas, nos dias em que ocorreram incêndios, em percentagens do valor máximo alcançado pela somatória durante o período de observação. Assim foi possível compará-los diretamente sob cada uma das restrições. Em cada dia de ocorrência de incêndio, a fórmula mais eficiente é a que apresenta maior valor percentual pois quanto maior é o valor do índice maior é o grau de perigo.

Em cada dia de ocorrência de incêndios, os valores das fórmulas foram ordenados, sob as três restrições, do 1º ao 15º lugar, isto é, da mais eficiente a menos eficiente. Deste modo se construiu um quadro com as frequências apresentadas por cada uma das fórmulas, do 1º ao 15º lugar, para cada uma das restrições. Através deste quadro de frequência se determinou a média ponderada para cada uma das fórmulas, com a finalidade de estabelecer a classe de eficiência ocupada por fórmula. Assim se estabeleceu a posição ocupada por cada uma das fórmulas, no cômputo geral, sob cada restrição.

A existência de diferença entre as diversas fórmulas foi provada através de uma técnica de estatística não paramétrica ou de livre-distribuição. As restrições funcionam como repetições. A prova utilizada foi o teste de Friedman (12).

2.6. Escala de perigo de incêndio para a equação considerada mais eficiente

Com base nas análises efetuadas, finalmente se procurou estruturar uma escala de perigo de incêndio fundamentada na amplitude de valores da equação considerada mais eficiente entre as provadas.

Assim, ficou definida a equação mais eficiente, a restrição mais compatível com as condições meteorológicas e a escala de perigo que possibilita a imediata interpretação do grau de probabilidade de incêndio através dos valores calculados diariamente pela fórmula.

2.7. Cálculo dos índices de perigo de incêndio através de três fórmulas conhecidas

A fim de testar a eficiência da nova fórmula desenvolvida, decidiu-se compará-la com três equações já conhecidas. Assim se calculou, diariamente, o índice de perigo de incêndio pelas seguintes fórmulas:

- 1) Fórmula de Angstron (5) — desenvolvida na Suécia, este índice determina o grau de perigo através da equação:

$$B = 5H - 0,1(T-27)$$

Sendo,

H = umidade relativa do ar às 13 horas

T = temperatura do ar às 13 horas

- 2) Índice de Nesterov (7) — desenvolvido na URSS, este índice determina o grau de perigo de incêndio através da equação:

$$G = \sum d_i \cdot t_i$$

Sendo,

d_i = déficit da saturação em milibares às 13 horas

t_i = temperatura do ar às 13 horas

- 3) Índice logarítmico de Telicyn (14) — este índice, desenvolvido também na URSS determina o grau de perigo de incêndio através da seguinte equação:

$$I = \Sigma \log (t_i - r_i)$$

Sendo,

t_i = temperatura do ar às 13 horas
 r_i = ponto de orvalho também 13 horas

2.8. Comparação entre a nova equação e as três conhecidas

A equação considerada mais eficiente entre as 15 originalmente testadas foi em seguida comparada com as três fórmulas já conhecidas, duas das quais (Angstron e Nesterov) vêm sendo utilizadas na região estudada.

Como as equações apresentam diferentes escalas de valores surgiu novamente a dificuldade de comparação direta em igualdade de condições. Decidiu-se então fazer a comparação entre as quatro equações em duas fases:

1º — Comparou-se em igualdade de condições, utilizando o mesmo artifício das porcentagens dos valores máximos observados durante o período, a nova equação com as de Nesterov e Telicyn. A de Angstron não pode ser incluída neste tipo de comparação por não ser acumulativa e por serem seus valores inversamente proporcionadas ao perigo de incêndio.

2º — Comparou-se a nova equação com as duas utilizadas na região, Nesterov e Angstron, utilizando-se os valores e as respectivas escalas de perigo de cada uma das fórmulas, como são utilizadas na prática.

3. RESULTADOS

Com os valores percentuais, perfeitamente comparáveis entre si, foi possível montar um quadro mostrando a eficiência das fórmulas propostas nos dias em que ocorreram incêndios (Quadro 5).

Quadro 5. Média das posições ocupadas por cada uma das fórmulas testadas, sob as três restrições propostas.

Fórmulas	Médias ponderadas das posições			Posições ocupadas (eficiência)		
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃
F (1)	7,43	6,55	6,87	7	5	5
F (2)	5,66	5,27	5,48	1	1	1
F (3)	7,00	7,27	7,73	5	7	8
F (4)	6,25	6,37	6,78	2	2	3
F (5)	6,57	6,40	6,82	3	3	4
F (6)	8,32	8,47	8,62	10	11	11
F (7)	7,42	7,71	7,98	8	9	9
F (8)	7,20	7,20	7,53	6	6	6
F (9)	6,59	6,54	6,62	4	4	2
F (10)	8,86	9,01	9,33	12	12	13
F (11)	8,40	8,30	8,60	11	10	10
F (12)	7,55	7,66	7,62	9	8	7
F (13)	9,77	9,57	9,91	13	13	14
F (14)	10,18	10,55	8,75	14	14	13
F (15)	12,72	12,81	11,23	15	15	15

O teste de Friedman acusou diferenças significativas entre as posições ocupadas pelas fórmulas, ao nível de 99% de probabilidade. Assim se pode assumir

que a fórmula mais eficiente é a F (2), que ocupa a 1ª posição nas três restrições propostas.

A equação considerada mais eficiente, F (2), passará a ser apresentada pela sìglia FMA, iniciais de Fórmula de Monte Alegre, denominação dada em atenção ao local onde foram coletados os dados para o presente trabalho.

3.2. Comparação entre as três restrições propostas

O critério para se decidir sobre a melhor restrição se baseou nos valores médios das porcentagens das fórmulas em relação ao valor máximo, obtidos em cada uma das restrições.

Assim, considerando-se os 62 dias em que ocorreram incêndios, os valores médios porcentuais apresentados pela FMA foram: $R_1 = 23,39\%$, $R_2 = 20,43$ e $R_3 = 19,66\%$.

Portanto, sob a restrição 1 a FMA, assim como todas as demais fórmulas,

apresentou melhores previsões do que sob as outras. Por este motivo se elegeu a restrição 1 (R_1) como a mais indicada para acompanhar a FMA no cálculo do grau de perigo de incêndio.

3.3. Escala de perigo de incêndio para a Fórmula de Monte Alegre

A fim de completar a estrutura do novo índice de previsão do perigo de incêndios para a região centro-paranaense, se estruturou uma escala de perigo, isto é, se estabeleceu certos limites entre os valores possíveis da equação, definindo assim os graus de perigo da nova fórmula. A escala proposta, estabelecida segundo critérios de analogia com a maioria das escalas utilizadas na previsão de perigo de incêndio, é composta por 5 graus de perigo (Quadro 6).

Quadro 6. Escala de perigo de incêndio para a fórmula de Monte Alegre.

Valores do índice	Grau de Perigo
até 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
maior que 20,0	Muito alto

3.4. Comparação entre a FMA e as três fórmulas conhecidas.

Para se testar a eficiência da FMA, ou seja, a equação considerada mais ajustada as condições climáticas da região estudada, se decidiu compará-la a três fórmulas conhecidas: Angstron, Nesterov e Telicyn.

Foram calculados os índices de perigo de incêndio pelas três equações conhecidas para todo o período de observações. Em seguida se tomaram os valores apresentados por cada uma das fórmulas nos dias em que ocorreram incêndios, a

fim de compará-los com os valores obtidos pela FMA.

3.4.1. Comparação entre a FMA e os índices de Nesterov e Telicyn

A comparação entre estes três índices, que são acumulativos, pode ser feita em igualdade de condições, pelo mesmo artifício das porcentagens do valor máximo. Através da ordenação dos valores porcentuais das três equações, se obteve um quadro de frequência, mostrando as probabilidades das fórmulas detetarem os incêndios em 1º, 2º e 3º lugar respectivamente (Quadro 7).

Quadro 7. Probabilidade de detetar os incendios registrados, através das três fórmulas comparadas.

Índices	Probabilidade de detetar os incendios — P (I)		
	Em 1º lugar	Em 2º lugar	Em 3º lugar
Monte Alegre	0,80	0,17	0,03
Telicyn	0,07	0,56	0,37
Nesterov	0,13	0,27	0,60

3.4.2. Comparação entre a FMA e os índices de Angstron e Nesterov.

Finalmente se julgou necessário estabelecer uma comparação entre estas três fórmulas, isto é, as duas atualmente em uso na região e a nova equação proposta, não mais em igualdade de condições através de porcentagens mas sim utilizando-se os valores absolutos e as escalas reais usadas na prática.

Para esta comparação se tomaram os valores apresentados pelos índices nos dias em que ocorreram os incendios, distribuindo-se os mesmos dentro das escalas de perigo dos três índices. Os resultados, ou seja, a probabilidade de acerto que cada uma das fórmulas apresenta dentro das condições e do período de observações estudadas, são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8. Probabilidade condicional da deteção dos incendios registrados, sob condições favoráveis (F) e desfavoráveis (F').

Condições do dia segundo os índices	índices		
	Monte Alegre	Nesterov	Angstron
Há Perigo P (I F)	0,95	0,82	0,26
Não há perigo P (I F')	0,05	0,18	0,74

A ocorrência de incendios em condições desfavoráveis significa o surgimento do fogo em dias nos quais os índices não acusam riscos, ou seja, o grau de perigo é nulo.

A fórmula de Angstron apresenta uma escala binária, isto é, há perigo ou não há perigo e por isto os valores do Quadro 8 são absolutos para este índice.

Os índices de Monte Alegre e de Nesterov no entanto apresentam uma escala com cinco grau de perigo, sendo um deles nulo. Portanto as condições favoráveis (F) apresentadas no Quadro 8, para estes dois índices, podem ser decompostas em quatro graus de perigo, permitindo assim uma comparação mais detalhada entre êles. (Quadro 9).

Quadro 9. Decomposição da probabilidade de detetar a ocorrência de incêndios sob condições favoráveis (F).

Graus de Perigo	Índices	
	FMA	Nesterov
P (I F ₁) — Pequeno ou fraco	0,06	0,05
P (I F ₂) — Médio	0,13	0,10
P (I F ₃) — Alto ou grande	0,28	0,45
P (I F ₄) — Muito alto ou perigosíssimo.	0,48	0,22
P (I F) — Há perigo	0,95	0,82

Os resultados apresentados no Quadro 9 mostram mais claramente a maior eficiência da Fórmula de Monte Alegre, que apresenta a probabilidade de detetar o maior número de incêndios no mais alto grau de periculosidade (muito alto) enquanto a de Nesterov apresenta a mais alta probabilidade no grau imediatamente inferior.

4. DISCUSSÃO

A supremacia de uma equação baseada apenas em um valor meteorológico, umidade relativa do ar, sobre outras mais complexas, envolvendo vários fatores, apesar de a primeira vista parecer estranho, na realidade pode ser considerada bastante normal se levarmos em conta as condições climáticas locais. Segundo Schreader e Buck (8) a umidade atmosférica é um elemento chave nas condições meteorológicas dos incêndios, pois ela tem um efeito direto sobre a flamabilidade dos combustíveis florestais e através de suas inter-relações com outros fatores climáticos, apresenta efeitos indiretos sobre outros aspectos do comportamento do fogo.

Um aspecto importante a considerar na Fórmula de Monte Alegre é a sua extrema simplicidade, já que envolve apenas um fator climático, umidade relativa do ar, e depende indiretamente de outro, precipitação, através de restrições. Isto vem de encontro aos propósitos de Turner (15) que julgava ser ideal se um simples parômetro climático, requerendo

pouca manipulação, pudesse representar o grau de perigo de incêndio.

As duas equações atualmente utilizadas para medir o grau de perigo de incêndio na região estudada, mostraram que não estão adaptadas às condições climáticas locais, o que se pode justificar pelas análises efetuadas.

A fórmula de Angstron apresenta no seu segundo membro, uma subtração entre a temperatura do ar e uma constante ($t = 27$). Pela estrutura da fórmula, todas as vezes que ocorre temperatura inferior a 27°C às 13 horas, o grau de perigo de incêndio diminui, o que deve ser verdade para a região onde foi desenvolvida a fórmula. Na região centro-paranaense, porém, a maioria dos incêndios ocorrem no inverno e primavera, sendo que dos incêndios registrados no período estudado, 80% ocorreram em dias nos quais a temperatura era inferior a 27°C.

O índice de Nesterov se baseia mais na temperatura do que na umidade e parece que na região estudada a temperatura não é tão importante para predizer o grau de perigo de incêndio, pois podem ocorrer incêndios tanto em dias relativamente frios (13°C) como quentes (30°C). Ao utilizar a expressão $\sum d_i \cdot t_i$, que aliás por coincidência é a mesma da F (6), uma das 15 equações testadas inicialmente, o índice de Nesterov além da temperatura diretamente, apresenta outro parâmetro altamente correlegionado com ela. (11).

7. APENDICE

1. A comparação entre 15 equações destinadas a predizer o grau de perigo de incêndio, utilizando quatro fatores meteorológicos combinados entre si de todas as maneiras possíveis, demonstrou uma superioridade, ao nível de 99% de probabilidade, da

$$F(2) = 100 \sum \frac{1}{h}$$

(Fórmula de Monte Alegre) sobre todas as demais.

2. Comparando-se a FMA com três equações conhecidas, duas delas em uso atualmente na região estudada, foi evidente a superioridade da FMA sobre as outras.
3. As fórmulas tradicionais usadas ao que parece não demonstraram eficiência sob as condições estudadas

devido a diferença de condições climáticas entre a região estudada e os locais onde foram desenvolvidas.

4. A FMA, por envolver apenas um parâmetro climático e depender indiretamente de outro, é estruturalmente simples e de fácil manipulação.
5. Segundo os resultados observados, a probabilidade da FMA detetar um incêndio, durante o período de observações estudado, foi de 95% considerando-se os quatro diferentes graus de perigo.
6. De acordo com os resultados obtidos, a Fórmula de Monte Alegre poderá ser utilizada na região centro-paranaense, com melhores resultados do que as atualmente adotadas na área, para previsão do grau de perigo de incêndio.

6. LITERATURA CITADA

1. CANADA FORESTRY SERVICE. Canadian forest fire weather index. Ottawa, 1970. 25p.
2. CROSBY, J.S. Probability of fire occurrence can be predicted. United States. Forest Services Technical Paper CS-243. 1954, 14p.
3. DEEMING, J.E. et al. National fire-danger rating system. United States. Forest Service Research Paper RM-84 1972. 165p.
4. HOLDRIDGE, L.R. Life zone ecology. San José, Tropical Science Center, 1967. 206p.
5. LINTON, B. Forest fire risks and weather forecasts. Skogen 50 (11): 220-221. 1963.
6. MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba, Banco do Desenvolvimento do Paraná, 1968, 350p.
7. NESTEROV, V. G. URSS forest fire research and methods of fire control. Fire Control Notes 26 (4): 12-14. 1965.
8. SCHROEDER, M.J. e BUCK, C.C. Fire weather: a Guide for application of meteorological information to forest fire control operations. US Departament of Agriculture.
9. SOARES, R. V. Proteção Florestal. Curitiba, Centro de Pesquisas Florestais, 1971. 180p.
10. _____. Índices de perigo de incêndio. Revista Floresta 3 (3): 19-40. 1972.
11. _____. e Paez, G. Correlações entre alguns fatores meteorológicos e ocorrência de incêndios florestais na região centro-paranaense. Trabalho apresentado à II Semana de Estudos de Meteorologia Agrícola do Paraná, realizado em Curitiba, de 26 a 31 de março de 1973. 16p.
12. STEEL, R.G.D. e TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics, New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
13. STOLJARCUK, L.V. Forest fire prediction by meteorological factors. Forestry Abstracts 31 (3): 544. 1970.
14. TELICYN, G.P. Logarithmic index of fire weather danger for forest. Forestry Abstracts 32 (3): 515. 1971.
15. TURNER, J.A. Hours of sunshine and fire season severity over Vancouver Forest District. Forestry Chronicle 46 (2): 106-111. 1970.
16. VELEZ MUÑOZ, R. Índices de peligro de incendio. Montes 24 (143): 419-447. 1968.
17. VINES, R.G. A Survey of forest fire danger in Victoria (1937-1969). Australian Forest Research 4 (2) 39-44. 1969.

7. APENDICE

FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

1. Equação:

$$FMA = 100 \sum \frac{1}{h_i}$$

sendo,

h = umidade relativa do ar em porcentagem

2. Restrições:

Precipitação (mm)	Modificação no cálculo
até 2,4	Nenhuma, isto é, continuar o cálculo e a somatoria como se não houvesse precipitação.
2,5 a 4,9	Abater 30% do índice acumulado e somar o do dia, isto, é $F = 0,7 F_{ONTEM} + f_i \text{ HOJE}$.
5,0 a 9,9	Abater 60% do índice acumulado e somar o do dia, isto é, $F = 0,4 F_{ONTEM} + f_i \text{ HOJE}$.
10,0 a 12,9	Abater 80% do índice acumulado e somar o do dia, isto é, $F = 0,2 F_{ONTEM} + f_i \text{ HOJE}$.
mais de 12,9	Abandonar a soma anterior e começar novo cálculo no dia seguinte.

3. Escala de Perigo:

Valor do índice (FMA)	Grau de Perigo
até 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
maior que 20,0	Muito alto