

AJUSTE E DESEMPENHO DOS ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS NESTEROV, FMA E FMA⁺ NA EMPRESA FLORESTAL MACURIJE, CUBA

Marcos Pedro Ramos Rodríguez¹, Ronaldo Viana Soares², Antonio Carlos Batista², Alexandre França Tetto², Carlos Alberto Miranda Sierra³, Yulian Carrasco Rodríguez⁴

¹Eng. Florestal, Dr., Depto. Florestal, UPR, Pinar del Río, Cuba- cmramos@af.upr.edu.cu

²Eng. Florestal, Dr., Depto. Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil- rvsoares@ufpr.br; batistaufpr@ufpr.br; tetto@ufpr.br

³Eng. Meteorológico, M.Sc., Centro Meteorológico, Pinar del Río, Cuba- calberto@pri.insmet.cu

⁴Eng. Florestal, M.Sc., Depto. Florestal, UPR, Pinar del Río, Cuba-yulianc@af.upr.edu.cu

Recebido para publicação: 24/08/2012 – Aceito para publicação: 21/12/2012

Resumo

Esta pesquisa foi desenvolvida com os objetivos de ajustar e comparar o desempenho dos índices de Nesterov, Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) na Empresa Florestal Macurije, província Pinar del Río, Cuba. Os dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios, referentes ao período 01/01/2006 a 31/12/2011, foram fornecidos pelo Centro Meteorológico, pelo Instituto de Hydroeconomia e pelo Corpo de Guarda-Bosques da Província. Dois cenários foram considerados: um utilizando a precipitação registrada na Estação Meteorológica de Isabel Rubio e outro considerando, além dela, 11 pluviômetros distribuídos na área do estudo. Foram considerados como não indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndios as classes de perigo Nulo e Pequeno e como indicativo da probabilidade de ocorrências as classes de perigo Médio, Alto e Muito Alto. A partir dessa definição, foram calculados os valores de *skill score* e porcentagem de sucesso dos índices nos dois cenários, utilizando-se as escalas atuais e ajustadas das classes do perigo. Os resultados indicaram um melhor desempenho para os três índices com as escalas ajustadas, sendo mais eficiente o índice FMA⁺. Para este, os valores de *skill score* e porcentagem de sucesso foram 0,0737 e 57,10%, respectivamente. *Palavras-chave*: Incêndios florestais; prevenção de incêndios; proteção florestal.

Abstract

Adaptation and performance of Nesterov, FMA and FMA⁺ fire indices in Macurije Forest Company, Cuba. This research aimed to adapt Nesterov, Monte Alegre Formula (FMA) fire danger indices, and Modified Monte Alegre Formula (FMA⁺) to the Macurije Forest Company conditions as well as to compare their performances. The meteorological and forest fire occurrences databases were provided by the Meteorological Center, Hydro-economy Institute, and Forest Guard Corps of the Pinar del Rio province. All data referred to the period from 01/01/2006 to 31/12/2011. Two different scenarios were considered: one considering the rainfall measured at the Isabel Rubio Meteorological Station and other with the inclusion of 11 pluviometers distributed throughout the focused area. The performance of indices was evaluated by *skill score* methodology. Null and Low fire danger classes were considered as indicative of no fire occurrence and Medium, High and Very High classes as indicative of fire occurrence. Based on this definition the skill score and the success percentages of the indices had been calculated in the two proposed scenarios. The current and the adjusted scales of the danger indices were used. The results pointed to better performance for the three indices with the adjusted scale. The FMA⁺ index was the most efficient to forecast the fire danger in the focused region. The skill score and the success percentage of this index were 0.0737 and 57.10%, respectively. *Keywords*: Fire danger index; forest fire; fire prevention.

INTRODUÇÃO

Como ocorre em outros países, em Cuba o fogo tem sido utilizado pelos agricultores por centenas de anos por ser uma ferramenta eficiente, rápida e muito econômica na limpeza do terreno para o plantio agrícola ou florestal e na renovação de pastagens. No entanto, ao fazer uso do fogo em áreas

próximas às florestas sem observar as medidas preventivas adequadas, muitas vezes o fogo escapa das áreas de cultivo e atinge a floresta e os ecossistemas associados. De acordo com o *Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)* (2005), os problemas ambientais relacionados à ocorrência de incêndios no país são: degradação do solo; efeitos sobre a cobertura florestal; poluição da água, solo e ar; perda de diversidade biológica; e falta d'água.

Nos últimos 10 anos (2002-2011), ocorreram 3.698 incêndios em Cuba, que afetaram uma área de 110.107 ha, sendo que, desse total, 757 incêndios ocorreram na província Pinar del Río, atingindo uma área de 14.304,14 ha. Especificamente na Empresa Florestal (EF) Macurije ocorreram 266 incêndios, que afetaram 5.541,04 ha. Esses valores indicam a necessidade de continuar trabalhando na prevenção e combate aos incêndios florestais, com vistas à redução do número de incêndios e das áreas queimadas. Uma medida importante que pode contribuir significativamente para atingir esse objetivo é o uso de um índice de perigo de incêndio confiável, para auxiliar na tomada de decisões das atividades básicas de manejo do fogo, desde seu uso até a prevenção e o combate aos eventuais incêndios.

Nos últimos anos o uso do índice de Nesterov na EF Macurije tem causado preocupações, por não estar ajustado àquele ambiente, ocorrendo incêndios quando a classe de perigo é elevada e, outras vezes, quando é baixa. De acordo com Nunes *et al.* (2010), a utilização de uma escala de perigo não ajustada pode levar a decisões erradas em relação aos procedimentos de prevenção e combate aos incêndios florestais.

Os índices de perigo de incêndio são números que refletem, antecipadamente, a probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade do mesmo se propagar, com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma sequência de dias (SOARES, 1985; SOARES; BATISTA, 2007). Os índices são utilizados para conhecimento e divulgação do perigo, regulação do uso das florestas e execução das operações que impliquem uso do fogo, intensificação das medidas preventivas, alerta dos meios de supressão, avaliação dos efeitos das medidas preventivas e de supressão e programação dos planos de proteção (VÉLEZ, 2009).

A importância deste trabalho está relacionada à definição para a EF Macurije de qual índice apresenta melhor desempenho, entre Nesterov, Fórmula Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺). Dessa forma, pode-se contribuir significativamente para a tomada de decisões das atividades essenciais de manejo do fogo. Zamora *et al.* (2006), por exemplo, analisaram a eficácia dos índices de Nesterov e FMA na província de Villa Clara, Cuba, tendo encontrado os melhores resultados para o FMA.

Os índices de perigo de Nesterov (NESTEROV, 1949), FMA (SOARES, 1972) e FMA⁺ (NUNES, 2005) utilizam algumas variáveis meteorológicas e são acumulativos, uma vez que a soma pode ser alterada ou abatida, dependendo da quantidade de precipitação registrada. Os três índices indicam a probabilidade de ignição e o terceiro, além disso, indica o potencial de propagação do fogo.

O índice de Nesterov tem sido usado em muitos países com bons resultados. A sua introdução em Cuba ocorreu durante a década de 1980. O FMA tem sido usado desde a década de 70 no estado do Paraná, em outras regiões do Brasil e em alguns países da América do Sul. A FMA⁺ foi desenvolvida na década passada e também tem sido usada com sucesso em alguns locais do estado do Paraná, Brasil.

Foi testada a hipótese de que os índices de Nesterov, Fórmula de Monte Alegre e Fórmula de Monte Alegre Alterada, após ajustes, podem ser utilizados na Empresa Florestal Macurije, situada na província Pinar del Río, Cuba. Nesse aspecto, o presente trabalho apresentou como objetivos ajustar e comparar o desempenho dos referidos índices na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na EF Macurije, localizada nos municípios Guane e Mantua, província de Pinar del Río, Cuba. A área total da empresa é de 87.263,40 ha e a área florestal corresponde a 75.742,80 ha. Desse total, 38.415,10 ha correspondem às florestas e 37.327,70 ha aos cultivos florestais. As áreas de *Pinus* sp (natural e plantado) cobrem 38.264,00 ha, enquanto as de *Eucalyptus* sp 7.175,00 ha (59,99% do total). O clima, de acordo com a classificação de Köppen (WADSWORTH, 2000), é do tipo Aw (clima tropical com temperaturas do mês mais frio superiores a 18 °C e uma estação seca com pelo menos um mês com precipitação menor do que 60 mm). A precipitação média anual é de 1.484,53 mm, a temperatura média anual 24,5 °C e a umidade relativa média anual 81%.

Processo metodológico

A base de dados meteorológicos (umidade relativa, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e velocidade do vento) foram medidos diariamente às 13:00 horas, e a precipitação acumulada das últimas 24 horas, fechada às 13:00 horas na Estação Meteorológica de Isabel Rubio, foi fornecida pelo Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río. A precipitação acumulada de cada 24 horas, registrada em 11 pluviômetros distribuídos na área de estudo, foi fornecida pelo Instituto de Hydroeconomia, e os dados sobre ocorrências de incêndios e áreas queimadas foram obtidos na repartição do Corpo de Guarda-Bosques em Pinar del Río. Todos os dados se referem ao período de 01/01/2006a 31/12/2011, totalizando 6 anos de observações.

Ajuste e desempenho dos índices de Nesterov, FMA e FMA⁺

O desempenho dos índices foi testado em dois cenários: considerando a precipitação acumulada medida na Estação Meteorológica de Isabel Rubio, método atualmente utilizado (cenário 1), e considerando a média da precipitação acumulada dessa estação e de 11 pluviômetros distribuídos na área do estudo (cenário 2).

Foram quantificados e analisados o número de dias previstos para cada classe de perigo e as porcentagens que eles representavam em cada classe de grau de perigo para os três índices.

A distribuição das ocorrências de incêndios, as áreas queimadas e a área queimada média por incêndio foram analisadas ao longo do período abrangido por este estudo, com o objetivo de verificar qual foi a concentração dessas variáveis nas classes de perigo dos três índices.

De acordo com Nunes *et al.* (2010), o ideal em um índice é que o número de dias previstos em cada classe de perigo tenha uma relação inversa com a classe de perigo, de tal maneira que, quanto maior a classe de perigo, menor o número de dias previstos para ela. Tetto (2012), considerando a possibilidade de ocorrência de incêndios de uma sequência de dias, afirma que uma distribuição também desejável para essa variável é aquela em que um maior número de dias previstos são agrupados na classe 3 (Médio), decrescendo gradualmente para as classes 1 (Nulo) e 5 (Muito Alto). Essas distribuições indicam o ajuste dos índices.

As variáveis, número de incêndios ocorridos, área queimada e área média queimada em cada classe de perigo devem apresentar uma relação direta com a classe de perigo, de tal maneira que, quanto maior a classe de perigo, maiores os valores observados para essas variáveis (NUNES, 2005).

Para analisar o desempenho dos índices, foi utilizado o método conhecido como *skill score* (SAMPAIO, 1999; NUNES, 2005; NUNES *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006; NUNES, 2008; NUNES *et al.*, 2010), que utiliza uma tabela de contingência com os valores observados e os valores previstos para um evento de uma população num certo período de tempo. Foram considerados como não indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndios as classes de perigo Nulo e Pequeno, e como indicativo da probabilidade de ocorrências as classes de perigo Médio, Alto e Muito Alto. A partir dessa definição, foram calculados os valores de *skill score* e porcentagem de sucesso dos índices para os dois cenários, duas vezes, uma utilizando as escalas originais (atuais) das classes de perigo e outra com as escalas ajustadas, conforme Tetto (2012). A tabela 1 ilustra como foram realizados os cálculos para se obter o *skill score*.

Tabela 1. Tabela de contingência.

Table 1. Contingency table.

Evento	Observado		Total previsto	Observado		Total previsto	
	Incêndio	Não incêndio		Incêndio	Não incêndio		
Previsto	Incêndio	a	b	$N2 = a+b$	$a/(a+c)$	$b/(b+d)$	-
	Não incêndio	c	d	$N4 = c+d$	$c/(a+c)$	$d/(b+d)$	-
Total observado		$N1 = a+c$	$N3 = b+d$	$N = a+b+c+d$	1	1	2

As variáveis necessárias para a realização dos cálculos são:

N – número total de observações, em que $N = a + b + c + d$;

a – dias nos quais foi prevista a ocorrência de incêndios e eles ocorreram (acerto);

d – dias nos quais foi prevista a não ocorrência de incêndios e eles não ocorreram (acerto);

b – Dias nos quais foi prevista a ocorrência de incêndios e eles não ocorreram (não acerto);

c – Dias nos quais foi prevista a não ocorrência de incêndios e eles ocorreram (não acerto);

G – Número de acertos na previsão, em que $G = a + d$;
H – Número esperado de acertos, em que $H = N.(1 - p).(1 - q) + N.p.q$
 $p = N1/N$
 $q = N2/N$;
SS – *Skill score*, em que $SS = (G - H)/(N - H)$;
PS – Porcentagem de sucessos, em que $PS = G/N$.

O *Skill Score* (SS) é a razão da diferença entre os acertos na previsão (G) e o número esperado de acertos (H) e a diferença entre o número de dias observados (N) e o número de dias com previsão de acertos (H)(SAMPAIO, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Número de dias previstos em cada classe de perigo

O número de dias previstos em cada classe de perigo, utilizando as escalas originais dos índices (Tabela 2), foi a primeira variável analisada. Os valores obtidos para o cenário 1 podem ser observados na figura 1a, enquanto os do cenário 2 são apresentados na figura 1b. A distribuição observada para os três índices é uma condição não desejável para o comportamento do número de dias previstos, por não seguir uma tendência decrescente, da classe Nulo para Muito Alto, esperada para o comportamento dessa variável, indicando que os índices encontram-se desajustados, o que sugere a necessidade de ajustá-los para utilização na região.

Tabela 2. Escalas originais de perigo dos índices.
Table 2. Original danger classes of indexes.

Grau de perigo	Escalas		
	Nesterov	FMA	FMA ⁺
Nulo	0 – 500	0 – 1,0	0 – 3,0
Pequeno	501 – 1300	1,1 – 3,0	3,1 – 8,0
Médio	1301 – 2500	3,1 – 8,0	8,1 – 14,0
Alto	2501 – 4500	8,1 – 20,0	14,1 – 24,0
Muito alto	> 4500	> 20,0	> 24,0

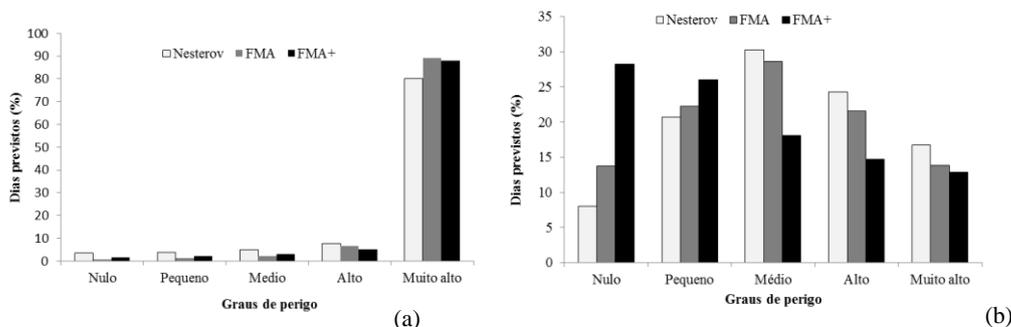


Figura 1. Porcentagem do número de dias previstos por classe de perigo dos índices originais: (a) cenário 1 e (b) cenário 2.

Figure 1. Number of predicted days (in percentage) for the original danger class: (a) scenario 1 and (b) scenario 2.

As escalas de perigo para os três índices foram ajustadas para os cenários 1 e 2 (Tabela3). Na figura 2 observam-se os valores de dias previstos no período com a escala ajustada nos cenários 1e 2.A distribuição observada para os índices é uma condição desejável para o comportamento do número de

dias previstos, pois segue uma tendência decrescente, da classe Nulo para Muito Alto ou desde a classe Médio para a classe Nulo e a classe Muito Alto, esperada para o comportamento dessa variável, indicando que os índices encontram-se ajustados para a EF Macurije nos dois cenários.

Tabela 3. Valores das escalas de perigo ajustadas nos cenários 1 e 2.

Table 3. Adjusted danger classes in scenarios 1 and 2.

Grau de perigo	Cenário 1			Cenário 2		
	Nesterov	FMA	FMA ⁺	Nesterov	FMA	FMA ⁺
Nulo	0,0– 1500,0	0,0– 25,0	0,0– 82,0	0,0 – 400,0	0,0– 1,60	0,0– 3,0
Pequeno	1500,1 – 7000,0	25,1 – 59,0	82,1 – 164,0	400,1 – 1400,0	1,61 – 4,40	3,1 – 8,0
Médio	7000,1 – 20000,0	59,1 – 109,0	164,1 – 220,0	1400,1 – 4000,0	4,41 – 14,770	8,1 – 28,0
Alto	20000,1 – 43000,0	109,1 – 211,0	220,1 – 443,0	4000,1 – 11000,0	14,771 – 35,50	28,1 – 70,0
Muito alto	> 43000,0	> 211,0	> 443,0	> 11000,0	> 35,50	> 70,0

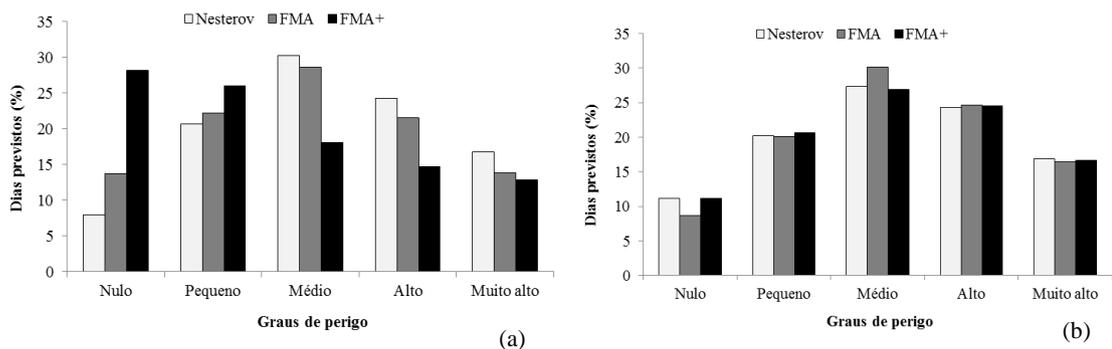


Figura 2. Porcentagem do número de dias previstos por classe de perigo dos índices ajustados: (a)cenário 1 e (b) cenário 2.

Figure 2. Number of predicted days (in percentage) for the danger classes of the adjusted indices: (a) scenario 1 and (b) scenario 2.

Ocorrência de incêndios florestais

Foram analisadas as ocorrências de incêndios florestais observadas em cada classe de perigo para os índices Nesterov, FMA e FMA⁺. Observa-se que os valores obtidos pelos três índices para o número de incêndios registrados e os respectivos percentuais para cada classe de perigo nos cenários 1e 2 apresentaram distribuições crescentes desejáveis desde a classe 1 (Nulo) para a classe 5 (Muito Alto) (Tabela 4). Esse comportamento é uma condição desejável para a ocorrência de incêndios florestais (SOARES *et al.*, 2009; TETTO *et al.*, 2010; TETTO, 2012), confirmando que os índices encontram-se ajustados para a EF Macurije.

Tabela 4. Incêndios registrados em valores absolutos e percentuais em cada classe de perigo das escalas ajustadas de Nesterov, FMA e FMA⁺ nos cenários 1 e 2.

Table 4. Percentages and absolute values of recorded fires on each adjusted danger class of Nesterov, FMA, and FMA⁺ indices in scenarios 1 and 2.

Classes de perigo	Cenário 1						Cenário 2					
	Nesterov		FMA		FMA ⁺		Nesterov		FMA		FMA ⁺	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Nulo	4	2,67	11	7,33	22	14,67	11	7,33	9	6,00	10	6,67
Pequeno	20	13,33	15	10,00	22	14,67	20	13,33	24	16,00	24	16,00
Médio	40	26,67	44	29,33	26	17,33	33	22,00	38	25,33	37	24,67
Alto	51	34,00	33	22,00	31	20,67	40	26,67	48	32,00	33	22,00
Muito alto	35	23,33	47	31,33	49	32,67	46	30,67	31	20,67	46	30,67
Total	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100	150	100

Áreas queimadas pelos incêndios florestais

Verificou-se que os três índices apresentaram distribuições similares em relação às áreas queimadas pelos incêndios florestais e aos valores percentuais dessa variável em cada grau de perigo de Nesterov, FMA e FMA⁺ nos cenários 1 e 2 (Tabela 5). A distribuição crescente observada para os índices é uma condição desejável para o comportamento da variável “áreas queimadas” pelos incêndios florestais, confirmando que eles encontram-se ajustados para a região. No entanto, a concentração observada na classe 5 (Muito Alto) indica a necessidade de que os índices ainda precisam ser aprimorados.

Tabela 5. Área queimada (média, total e porcentagem) no período por classe de perigo das escalas de Nesterov, FMA e FMA⁺ nos cenários 1 e 2.

Table 5. Burned areas (average, total and percentage) in the analyzed period by danger class of Nesterov, FMA, and FMA⁺ indices in scenarios 1 and 2.

Índices	Área total queimada							Área média queimada por incêndio					
		1	2	3	4	5	Total	1	2	3	4	5	
Cenário 1	Nesterov	ha	8,0	126,3	375,74	478,4	4263,9	5252,34	2,00	6,32	9,39	9,38	121,83
		%	0,15	2,4	7,15	9,11	81,18	100	-	-	-	-	-
	FMA	ha	58,8	164,5	549,34	104,3	4375,4	5252,34	5,35	10,97	12,49	3,16	93,09
		%	1,12	3,13	10,46	1,99	83,3	100	-	-	-	-	-
	FMA ⁺	ha	41,8	220,5	322,84	289,8	4377,4	5252,34	1,90	10,02	12,42	9,35	89,33
		%	0,8	4,2	6,15	5,52	83,34	100	-	-	-	-	-
Cenário 2	Nesterov	ha	149,4	216,2	242,5	516,74	4127,5	5252,34	13,58	10,81	7,35	12,92	89,73
		%	2,84	4,12	4,62	9,84	78,58	100	-	-	-	-	-
	FMA	ha	88,0	199,9	501,14	504,14	3959,2	5252,34	9,78	8,33	13,19	10,50	127,72
		%	1,68	3,81	9,54	9,6	75,38	100	-	-	-	-	-
	FMA ⁺	ha	89,0	148,0	499,9	375,9	4139,54	5252,34	8,90	6,17	13,51	11,39	89,99
		%	1,69	2,82	9,52	7,16	78,81	100	-	-	-	-	-

Nota: Graus de perigo (1) nulo, (2) pequeno, (3) médio, (4) alto e (5) muito alto.

As áreas médias queimadas por incêndio em cada classe de perigo para a EF Macurije apresentaram distribuições similares em cada grau de perigo de Nesterov, FMA e FMA⁺ nos cenários 1 e 2. Os resultados indicam bom desempenho dos índices na região, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação direta entre a área média queimada por incêndio e o grau de perigo. No entanto, os índices precisam ser aprimorados para obter uma distribuição mais proporcional.

Desempenho dos índices

Com base nas escalas de perigo ajustadas de Nesterov, FMA e FMA⁺, foi construída a tabela 6 para os cenários 1 e 2, com os valores previstos e observados de incêndios. A partir dos valores apresentados (tabela 6), foram calculados os *skill scores* e as porcentagens de sucesso para cada índice a partir das tabelas de contingência elaboradas para Nesterov, FMA e FMA⁺, apresentadas na tabela 7 para os cenários 1 e 2.

Tabela 6. Número de dias em que os índices previram ocorrência e não ocorrência de incêndios e os respectivos dias com e sem incêndios para Nesterov, FMA e FMA⁺ para os cenários 1 e 2.

Table 6. Number of days in which the indices had predicted fire occurrence and no occurrence, and the respective days with and without forest fire occurrences for Nesterov, FMA, and FMA⁺ in scenarios 1 and 2.

Índice	Condição	Nº de dias – Cenário 1		Nº de dias – Cenário 2	
		Observados	Previstos	Observados	Previstos
Nesterov	Incêndio	146	1887	126	1437
	Não incêndio	4	154	24	604
FMA	Incêndio	149	2002	124	1279
	Não incêndio	1	39	26	762
FMA ⁺	Incêndio	146	1963	106	896
	Não incêndio	4	78	44	1145

Tabela 7. Tabela e cálculos de contingência dos índices nos cenários 1 e 2.
Table 7. Contingency table for scenarios 1 and 2.

	Evento	Observado		Total previsto	Observado		Total previsto		
		Incêndio	Não incêndio		Incêndio	Não incêndio			
Cenário 1	Nesterov	Previsto	Incêndio	146	1887	2033	0,9733	0,9245	1,8979
			Não incêndio	4	154	158	0,0267	0,0755	0,1021
		Total observado	150	2041	2191	1	1	2	
	FMA	Previsto	Incêndio	149	2002	2151	0,9933	0,9809	1,9742
			Não incêndio	1	39	40	0,0067	0,0191	0,0258
		Total observado	150	2041	2191	1	1	2	
FMA ⁺	Previsto	Incêndio	146	1963	2109	0,9733	0,9618	1,9351	
		Não incêndio	4	78	82	0,0267	0,0382	0,0649	
	Total observado	150	2041	2191	1	1	2		
Cenário 2	Nesterov	Previsto	Incêndio	126	1437	1563	0,7933	0,6776	1,4709
			Não incêndio	24	604	628	0,2067	0,3224	0,5291
		Total observado	150	2041	2191	1	1	2	
	FMA	Previsto	Incêndio	117	1443	1560	0,7800	0,7070	1,4870
			Não incêndio	33	598	631	0,2200	0,2930	0,5130
		Total observado	150	2041	2191	1	1	2	
FMA ⁺	Previsto	Incêndio	116	1377	1493	0,7733	0,6747	1,4480	
		Não incêndio	34	664	698	0,2267	0,3253	0,5520	
	Total observado	150	2041	2191	1	1	2		

A tabela 8 apresenta os valores obtidos para *skill score*(SS) e porcentagem de sucesso (PS) para Nesterov, FMA e FMA⁺ nos dois cenários para as escalas ajustadas. Pode-se observar que os valores obtidos para o FMA⁺ no cenário 1 apresentaram melhor desempenho, com valores de 0,0737 e 57,10% para o *skill score* e a porcentagem de sucesso, respectivamente.

Tabela 8. Valores de *skill score* e porcentagem de sucesso para Nesterov, FMA e FMA⁺ nos cenários 1 e 2.
Table 8. Skill score and success percentages for the Nesterov, FMA e FMA⁺ on scenarios 1 and 2.

Índices	Cenário 1		Cenário 2	
	SS	PS (%)	SS	PS (%)
Nesterov	0,0253	33,32	0,0224	35,46
FMA	0,0411	40,44	0,0136	32,63
FMA ⁺	0,0737	57,10	0,0192	35,60

Os valores de *skill score* obtidos para FMA nos dois cenários foram inferiores aos obtidos por Sampaio (1999) em São Paulo no período de 1984 a 1995 (0,0607 para FMA original e 0,0877 para FMA ajustada). Também foi inferior ao valor obtido por Nunes (2008) na Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, de 1998 a 2003 (0,0517). Borges *et al.* (2011), no Espírito Santo, no período de 2003 a 2006, obteve um valor de 0,0946, também superior aos obtidos neste trabalho. Igualmente foi superior o valor de 0,0663 obtido por Tetto (2012) para a FMA em Monte Alegre no período de 1976 a 2009.

Os valores de porcentagens de sucesso obtidos para FMA com as escalas ajustadas nos cenários 1 e 2 foram de 40,44 e 32,63%, respectivamente. Esses valores foram similares aos obtidos por Sampaio (1999) em São Paulo no período de 1984 a 1995 (36,92% para FMA original e 46,26% para FMA ajustada). O mesmo ocorreu em relação a Nunes (2008), que obteve um valor de 34,32% na Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, de 1998 a 2003, para FMA⁺. Os resultados obtidos foram também similares aos encontrados por Borges *et al.* (2011) para FMA em Espírito Santo no período de 2003 a 2006 (38,54%) e por Tetto (2012), de 39,58% para FMA.

Os valores de *skill score* obtidos para FMA⁺ para as escalas ajustadas nos cenários 1 e 2 foram de 0,0737 e 0,0192, respectivamente. Ambos os valores foram inferiores aos obtidos por Nunes (2007) para a FMA⁺ ajustada, de 1998 a 2003, nas regiões de Cambará, Telêmaco Borba, Guarapuava, Pinhais,

Campo Mourão, Cascavel e Londrina (0,0884, 0,1165, 0,1330, 0,2826, 0,3019, 0,3340 e 0,3384, respectivamente). Os valores de porcentagens de sucessos obtidos para FMA nas escalas ajustadas dos cenários 1 e 2 foram 57,10 e 35,60%, respectivamente. Nunes (2007) obteve para a FMA⁺ ajustada, de 1998 a 2003, nas regiões de Cambará, Telêmaco Borba, Guarapuava, Pinhais, Campo Mourão, Cascavel e Londrina, valores de porcentagens de sucesso de 54,48, 55,64, 49,27, 62,55, 62,21, 63,27 e 66,67, respectivamente.

CONCLUSÕES

A hipótese testada foi aceita, tendo apresentado as seguintes implicações:

- Os índices de Nesterov, FMA e FMA⁺ obtiveram bom ajuste para a área de estudo.
- Os três índices apresentaram bom desempenho para a Empresa Florestal Macurije no período estudado para ambos os cenários, principalmente no cenário 1, podendo ainda ser aprimorados.
- A FMA⁺ apresentou desempenho superior a Nesterov e à FMA para o período estudado no cenário 1. Foram obtidos valores de 0,0737 e 57,10% para o *skill score* e porcentagem de sucesso, respectivamente.

REFERÊNCIAS

BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 18, n. 2, p. 153 - 159, 2011.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE (CITMA). **Estrategia ambiental nacional 2006 - 2010**. Havana, Cuba: CITMA, 2005. 72 p.

NESTEROV, V. G. Combustibility of the forest and methods for its determination. Rússia: USSR State Industry Press, 1949.

NUNES, J. R. S. FMA⁺ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná, Brasil. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

_____. **Sistema integrado de controle de incêndios florestais para o estado do Paraná**. 110 f. Tese (Pós-Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

_____. **Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) no Distrito Florestal de Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, Paraná**. 70 p. Tese (Pós-Doutorado Empresarial)–Klabin S.A., Telêmaco Borba, 2008.

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA⁺ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2., 2005, Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau: UFPR/FURB/FUPEF. v. 1, 2005.p. 1 - 12.

_____. FMA⁺ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná - Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v.36, n. 1, p. 75 - 91, 2006.

NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) no distrito florestal de Monte Alegre. **Revista Floresta**, v. 40, n. 2, p. 319 - 326, 2010.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos, SP**. 157 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972.

_____. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná: Curitiba, 1985.213 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.; NUNES, J.R.S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009.246 p.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; NUNES, J. R. S. Comportamento e ajuste da Fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409 -417, 2010.

TETTO, A.F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VÉLEZ, R. Los índices meteorológicos de peligro. In: **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias**. 2. ed. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.U., 2009. p. 151-161.

WADSWORTH, F. H. **Producción forestal para América Tropical: manual de agricultura**. Washington: Departamento de Agricultura dos EE.UU. USDA, 2000.397 p.

ZAMORA, P. R.; RODRÍGUEZ, M. P. R.; DOMÍNGUEZ, I. M.; HERNÁNDEZ, F.; SOTOLONGO, R. Propuesta de un índice meteorológico diario de peligro para elevar la eficacia de la prevención y extinción de los incendios forestales en Santa Clara, Cuba. **Revista Forestal Baracoa**, Cuba, v. 25, n. 2, p. 25 - 33, 2006.

