

# AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA<sup>+</sup>) PARA O ESTADO DO PARANÁ

José Renato Soares Nunes\*, Ronaldo Viana Soares\*\*, Antônio Carlos Batista\*\*\*

\*Eng. Florestal, Dr., Pós-doutorando em Eng. Florestal, UFPR - zerenato@floresta.ufpr.br

\*\*Eng. Florestal, Ph.D., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - rvsoares@ufpr.br

\*\*\*Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - batistaufpr@ufpr.br

Recebido para publicação: 12/07/2006 – Aceito para publicação: 30/10/2006

---

## Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios florestais das regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais e Telêmaco Borba no estado do Paraná. O objetivo consistiu em ajustar a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>) para o estado do Paraná estudando o seu desempenho em várias regiões do estado. Os dados meteorológicos referem-se a um período de 5 anos, entre 01/06/1998 e 31/05/2003. Os dados de ocorrências de incêndios foram analisados ao longo de diferentes períodos dentro desses 5 anos. Foram feitas análises de desempenho para a FMA<sup>+</sup> em cada região, utilizando-se o método *skill score*. Os resultados mostraram que a FMA<sup>+</sup> deve ter três escalas de perigo distintas para as dez regiões estudadas. A escala de perigo original deve ser utilizada na área central do estado, onde se encontram as regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava e Telêmaco Borba. A segunda deve ser utilizada no extremo norte do estado, compreendendo as regiões de Cambará e Paranavaí e a terceira deve ser utilizada para o restante do estado, validada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais.

*Palavras-chave:* Índice de perigo de incêndio; controle de incêndios; proteção florestal.

## Abstract

*Adjust of the Monte Alegre Formula (FMA<sup>+</sup>) for the Parana state.* This study was developed utilizing meteorological and forest fire occurrence data from 10 regions of Paraná state: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais and Telêmaco Borba. Collected data referred to a five year period, from June 1998 to May 2003. The main objective of this research was to adjust the Modified Monte Alegre Formula (FMA<sup>+</sup>) for the state of Parana, based on the performance analysis of this index using the skill score method. The results showed that three different danger scales should be used in the State. The original danger class scale is to be used in the central state area, represented by the Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava and Telêmaco Borba regions. A second danger class scale is to be used in the northern area, represented by the Cambará and Paranavaí regions and a third scale validated by the Campo Mourão, Londrina, Palmas and Pinhais regions, should be used in the remaining State areas.

*Keywords:* Fire danger index; fire control; forest protection.

---

## INTRODUÇÃO

Anualmente são observadas várias ocorrências de incêndios no estado do Paraná, em áreas de reflorestamento, campo nativo e em unidades de conservação sob administração estadual e federal, o que vem preocupando os órgãos responsáveis pela política ambiental do estado pelos prejuízos causados, tanto no aspecto econômico quanto na biodiversidade, como os danos causados à flora, à fauna e ao solo.

Apesar de existir um monitoramento permanente dos fatores que influem na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais, a falta de uma política de prevenção e educação da população contribui para o agravamento do problema. Dentre as medidas preventivas existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente tanto das medidas de prevenção como para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate, visando a redução das perdas e dos prejuízos financeiros e ambientais advindos da ocorrência de eventos catastróficos (SOARES, 1984; BATISTA, 1990).

Outras utilidades dos índices de perigo de incêndio são o estabelecimento de zonas de risco, possibilitando um melhor planejamento das atividades de prevenção contra incêndios florestais, a permissão para queimas controladas em períodos menos perigosos, a previsão do comportamento do fogo visando a adoção de técnicas mais efetivas de combate e a advertência pública do grau de perigo, informando a população sobre os cuidados a serem tomados em situações críticas (SOARES, 1985; LOWE, 2001).

A Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>) (NUNES, 2005; NUNES *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006) inclui em sua estrutura a velocidade do vento que permite avaliar também o potencial de propagação do incêndio (SCHROEDER; BUCK, 1970; HEIKKILÄ *et al.*, 1993), fator de grande importância para a prevenção e principalmente para o combate aos incêndios que possam ocorrer. A FMA<sup>+</sup> foi desenvolvida e testada para a região de Telêmaco Borba onde apresentou bons resultados (NUNES, 2005).

O objetivo deste trabalho foi ajustar a FMA<sup>+</sup> para o estado do Paraná estudando o seu desempenho em várias regiões, o que viabilizaria o seu uso em todo o estado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Para o desenvolvimento deste estudo, foram selecionadas 10 regiões do estado do Paraná, representadas pelos municípios de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais e Telêmaco Borba (Figura 1).



Figura 1. Distribuição das regiões de estudo no estado do Paraná.

Figure 1. Distribution of the studied regions through the Paraná State.

### Informações sobre o clima

As regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Londrina e Paranavaí enquadram-se no tipo climático Cfa, segundo a classificação de Köppen (TREWARTHA; HORN, 1980), caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, apresentando verões quentes (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C), invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C), sem estação seca definida.

As regiões de Guarapuava, Palmas e Pinhais enquadram-se no tipo climático Cfb, caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, segundo a classificação de Köppen, apresentando verões frescos (temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C), invernos com ocorrências de geadas severas e frequentes (temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C), não apresentando estação seca.

O clima da região de Telêmaco Borba é Cfa/Cfb, subtropical úmido transicional para temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio inferior a 16 °C, com ocorrência de geadas, e a temperatura média do mês mais quente em torno de 22 °C.

### Obtenção dos dados meteorológicos

A base de dados climatológicos usada neste trabalho foi fornecida pelo Instituto Tecnológico

SIMEPAR. Para cada região descrita anteriormente, foram obtidos dados diários de umidade relativa e vento às 13:00 h e precipitação diária, para um período de cinco anos, compreendido entre 01/06/1998 e 31/05/2003, totalizando 60 meses de observações.

### **Obtenção de dados de incêndios florestais para o estado do Paraná**

Para realizar os ajustes na Fórmula de Monte Alegre Alterada, foram obtidas informações sobre ocorrências de incêndios, tais como data de ocorrência, hora de início e de término e área queimada, em 7 das 10 regiões estudadas, em função da disponibilidade de dados de incêndios florestais. Os dados foram fornecidos pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, por meio das unidades 1º GB Curitiba, 2º GB Ponta Grossa, 3º GB Londrina, 4º GB Cascavel, 5º GB Maringá, 6º GB São José dos Pinhais, 1º SGBI Foz do Iguaçu, 2º SGBI Paranaguá e pela Companhia Klabin do Paraná.

As ocorrências de incêndios e as áreas queimadas nas regiões estudadas foram analisadas ao longo de diferentes períodos. A região de Cambará foi analisada para o período de 01/01/1999 a 31/12/2001, totalizando 1096 dias de observação. A região de Guarapuava foi analisada para o período de 01/06/1998 a 31/12/1999, totalizando 579 dias de observação. As regiões de Campo Mourão, Cascavel, Londrina e Pinhais foram analisadas para o período de 01/06/1998 a 31/12/2001, totalizando 1310 dias de observação. A região de Telêmaco Borba foi analisada para o período de 01/06/1998 a 31/05/2003, totalizando 1826 dias de observação. Foram analisadas as ocorrências de incêndios, as áreas queimadas e seus percentuais e a área queimada média por incêndio em cada classe de grau de perigo, para cada uma das regiões estudadas.

### **Ajustes da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA<sup>+</sup>**

A Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA<sup>+</sup> (NUNES, 2005) tem a seguinte representação:

$$FMA^+ = \sum_{i=1}^n (100/H_i) e^{0,04v}$$

onde: FMA<sup>+</sup> = Fórmula de Monte Alegre Alterada.

H = umidade relativa do ar em porcentagem, medida às 13:00 h.

n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm.

v = velocidade do vento em m/s, medida às 13:00h.

e = base dos logaritmos naturais (2,718282).

Para realizar os ajustes na FMA<sup>+</sup>, foram utilizados dados meteorológicos de umidade relativa, precipitação e vento, e dados de ocorrência de incêndios, como a hora de início e de término e a área queimada, para o período estudado, para as 10 regiões.

Estabeleceu-se que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter 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.

Em relação às variáveis *número de incêndios ocorridos*, *área queimada* e *área queimada média* em cada classe de perigo, procurou-se estabelecer uma relação direta, de tal maneira que quanto maior a classe de perigo, maiores os valores observados para essas variáveis.

Para a definição das novas classes de perigo, utilizou-se como critério a distribuição do número de dias previstos por classe, o número de incêndios ocorridos, a área queimada e a área queimada média em cada classe de perigo.

Foram realizadas análises numéricas e gráficas em cada uma dessas variáveis, com o objetivo de se definir as classes de perigo.

### **Distribuição diária dos graus de perigo, das ocorrências de incêndios e das áreas queimadas**

Foram quantificados e analisados o número de dias para cada classe de grau de perigo e o percentual que ele representa em cada classe de grau de perigo, para o período compreendido entre 01/06/1998 e 31/05/2003, para todas as 10 regiões estudadas, totalizando 1826 dias de observação.

### **Desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA<sup>+</sup> por região**

Para analisar o desempenho da FMA<sup>+</sup> foi utilizado o método conhecido como *skill score*

(SAMPAIO, 1999; NUNES, 2005; NUNES *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006), que se baseia em uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em uma população. Foram considerados como não-indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndios os graus de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndio os graus de perigo Médio, Alto e Muito Alto. A partir dessa definição, foram calculados o *skill score* e as porcentagens de sucesso para cada região.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das premissas de que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo e que as variáveis número de incêndios ocorridos, área queimada e área queimada média em cada classe de perigo tivesse uma relação direta com a classe de perigo foram feitas análises com essas variáveis para verificar a adequação da FMA<sup>+</sup> a cada região.

### Número de dias previstos em cada classe de perigo

O número de dias previstos em cada classe de perigo foi a primeira análise a ser realizada, utilizando-se a FMA<sup>+</sup> em sua configuração original, como definida por Nunes (2005), cuja escala de perigo é apresentada na tabela 1. Na tabela 2 e na figura 2, observam-se os valores obtidos.

Tabela 1. Escala de perigo da FMA<sup>+</sup> original.

Table 1. Original FMA<sup>+</sup> danger classes.

Valor de FMA <sup>+</sup>	Grau de perigo
≤ 3,0	Nulo
3,1 a 8,0	Pequeno
8,1 a 14,0	Médio
14,1 a 24,0	Alto
> 24,0	Muito alto

Tabela 2. Número de dias previstos em cada escala de perigo pela FMA<sup>+</sup> original, para as regiões estudadas.

Table 2. Number of days by danger class of the original FMA<sup>+</sup> in the studied regions.

Regiões	Dias previstos no período										Total	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto		n°	%
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%		
Cambará	387	21,19	371	20,32	284	15,55	306	16,76	478	26,18	1826	100,00
Campo Mourão	427	23,38	419	22,95	333	18,24	285	15,61	362	19,82	1826	100,00
Cândido de Abreu	492	26,94	445	24,37	363	19,88	275	15,06	251	13,75	1826	100,00
Cascavel	496	27,16	418	22,89	329	18,02	291	15,95	292	15,99	1826	100,00
Guarapuava	491	26,89	444	24,32	356	19,50	298	16,32	237	12,97	1826	100,00
Londrina	451	24,70	418	22,89	310	16,98	284	15,55	363	19,88	1826	100,00
Palmas	530	29,03	464	25,41	332	18,18	206	11,28	294	16,10	1826	100,00
Paranavaí	405	22,18	394	21,58	310	16,98	326	17,85	391	21,41	1826	100,00
Pinhais	420	23,00	412	22,56	337	18,46	286	15,66	371	20,32	1826	100,00
Telêmaco Borba	504	27,60	463	25,36	351	19,22	278	15,22	230	12,60	1826	100,00

As regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava e Telêmaco Borba apresentaram resultados que são indicadores de bom desempenho da FMA<sup>+</sup> para a região, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostra a figura 2c, 2d, 2e e 2j. As regiões de Cambará, Campo Mourão, Londrina, Palmas, Paranavaí e Pinhais não apresentaram resultados satisfatórios (figura 2a, 2b, 2f, 2g, 2h e 2i), o que indica a necessidade de se ajustar a FMA<sup>+</sup> para essas regiões.

A escala de perigo foi ajustada como mostra a tabela 3. Na tabela 4 e na figura 3, observam-se os valores obtidos com a escala ajustada, denominada “Ajuste 1”.

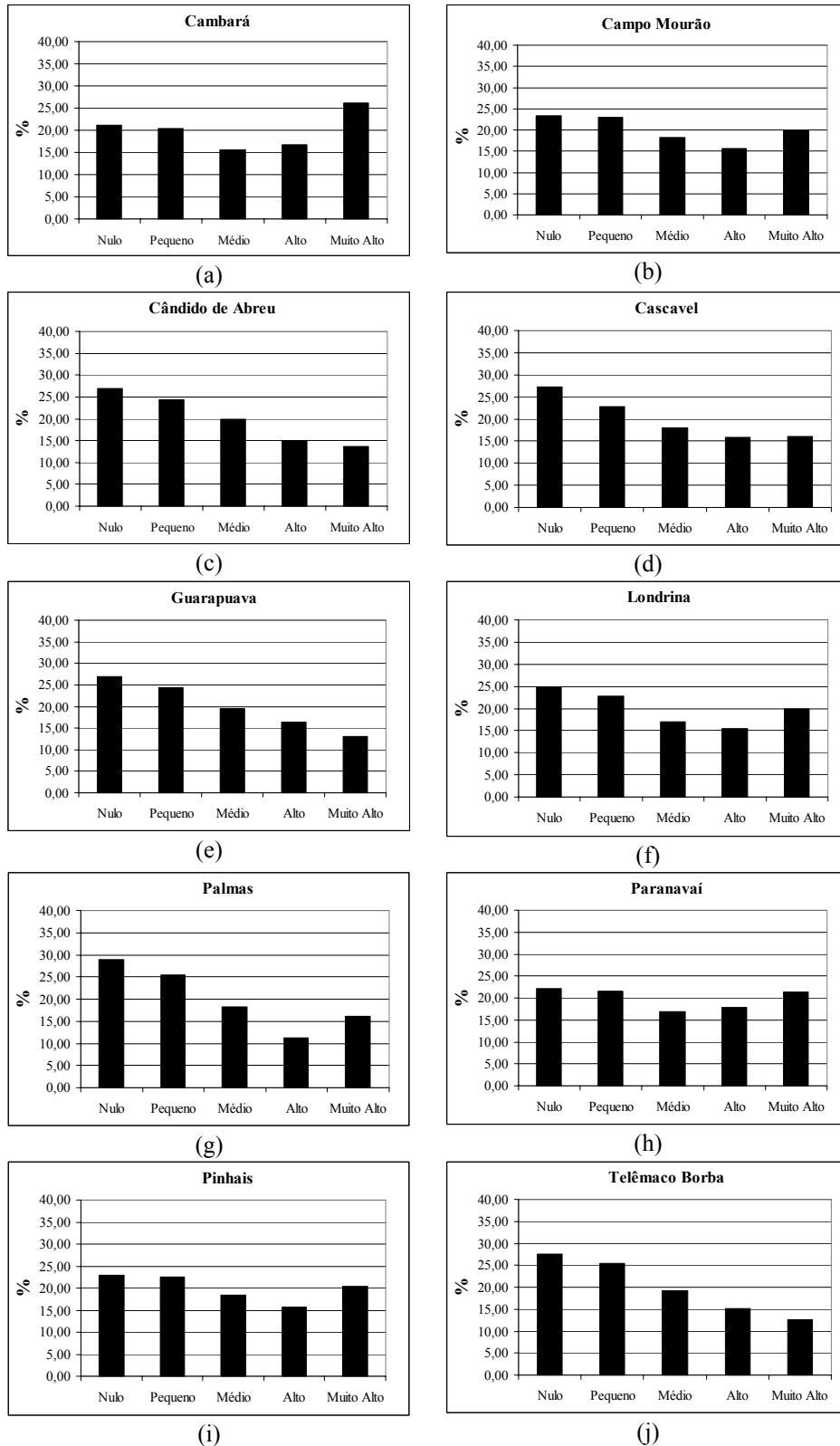


Figura 2. Porcentagem do número de dias previstos por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> original.  
 Figure 2. Number of days percentage for each danger class by the original FMA<sup>+</sup>.

Tabela 3. Escala de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste 1.

Table 3. FMA<sup>+</sup> danger class 1st adaptation.

Valor de FMA <sup>+</sup>	Grau de perigo
≤ 4,0	Nulo
4,1 a 9,0	Pequeno
9,1 a 16,0	Médio
16,1 a 30,0	Alto
> 30,0	Muito alto

Tabela 4. Número de dias previstos por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste1.

Table 4. Number of days in each danger class by the 1st adaptation.

Regiões	Dias previstos no período										Total	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto		n°	%
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%		
Cambará	483	26,45	328	17,96	307	16,81	355	19,44	353	19,34	1826	100,00
Campo Mourão	527	28,86	386	21,14	361	19,77	296	16,21	256	14,02	1826	100,00
Londrina	556	30,45	366	20,04	333	18,24	313	17,14	258	14,13	1826	100,00
Palmas	632	34,61	452	24,75	308	16,87	228	12,49	206	11,28	1826	100,00
Paranavaí	510	27,93	341	18,67	335	18,35	363	19,88	277	15,17	1826	100,00
Pinhais	529	28,97	371	20,32	349	19,11	309	16,92	268	14,68	1826	100,00

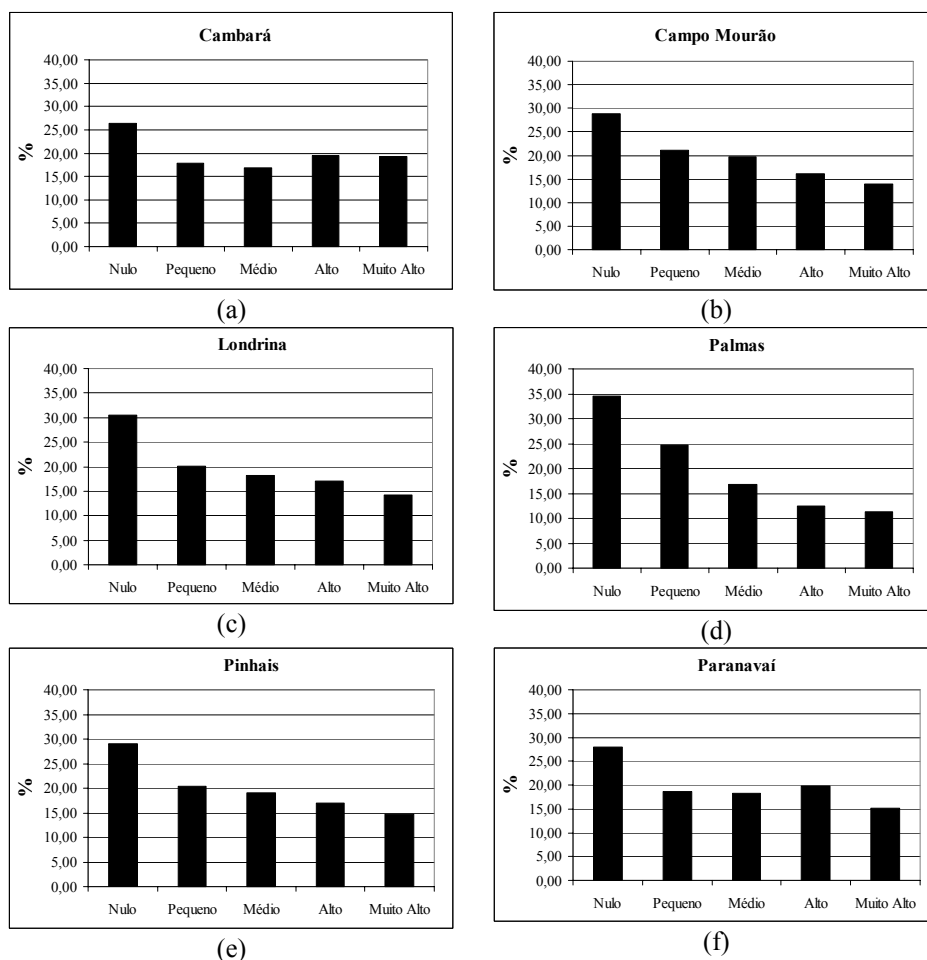


Figura 3. Porcentagem do número de dias previstos por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste1.

Figure 3. Number of days percentage for each danger class by the 1st adaptation.

As regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais apresentaram resultados indicando bom desempenho da FMA<sup>+</sup>, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostra a figura 3b, 3c, 3d, e 3e. As regiões de Cambará e Paranavaí não apresentaram resultados satisfatórios, como mostra a figuras 3a e 3f, o que indica a necessidade de se fazer um novo ajuste para essas regiões. A escala de perigo foi novamente ajustada, como mostra a tabela 5. Na tabela 6 e na figura 4, observam-se os valores obtidos a partir da escala de perigo ajustada, denominada “Ajuste 2”.

Tabela 5. Escala de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste 2.

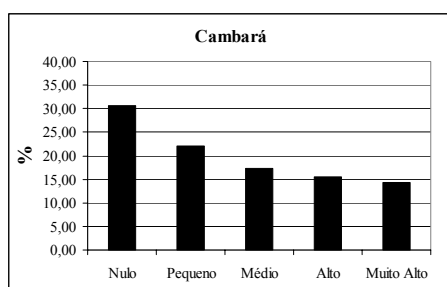
Table 5. FMA<sup>+</sup> danger class 2nd adaptation.

Valor de FMA <sup>+</sup>	Grau de perigo
≤ 5,0	Nulo
5,1 a 12,0	Pequeno
12,1 a 21,0	Médio
21,1 a 35,0	Alto
> 35,0	Muito alto

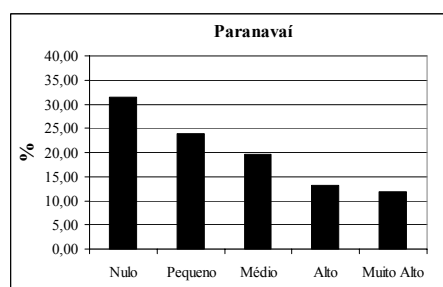
Tabela 6. Número de dias previstos por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste 2.

Table 6. Number of days in each danger class FMA<sup>+</sup> by the 2nd adaptation.

Regiões	Dias previstos no período										Total	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto			
	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%
Cambará	560	30,67	402	22,02	317	17,36	285	15,61	262	14,34	1826	100,00
Paranavaí	575	31,49	437	23,93	358	19,61	241	13,20	215	11,77	1826	100,00



(a)



(b)

Figura 4. Porcentagem do número de dias previstos por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> Ajuste 2.

Figure 4. Number of days percentage for each danger class by the 2nd adaptation.

As regiões de Cambará e Paranavaí apresentaram resultados indicando bom desempenho da FMA<sup>+</sup>, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostra a figura 4a e 4b.

Para as regiões em que os resultados são indicadores de bom desempenho da FMA<sup>+</sup>, preservando a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, foram obtidos valores em torno de 30% do número de dias para a classe de perigo Nulo e de 25% do número de dias para a classe de perigo Pequeno.

Soares (1998b), fazendo comparação entre a Fórmula de Monte Alegre e o IPIR (Índice de Perigo de Incêndios da Rigesa) no município de Três Barras, no estado de Santa Catarina, encontrou a mesma tendência para a Fórmula de Monte Alegre, tendo encontrado os percentuais de 31,9 e 17,7% para as classes de perigo Alto e Muito Alto, respectivamente. O mesmo autor observou que 67,8% do número de dias ficaram nas classes de perigo Nulo/Baixo.

### Número de incêndios registrados

Para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Pinhais e Telêmaco Borba, em que havia informações de ocorrência de incêndios florestais, foi analisado o comportamento dos incêndios observados em cada classe de perigo para todas as regiões estudadas, considerando-se os ajustes necessários a cada região. Na figura 5e na tabela 7, observam-se os valores obtidos para o número de incêndios registrados e os respectivos percentuais para cada classe de perigo.

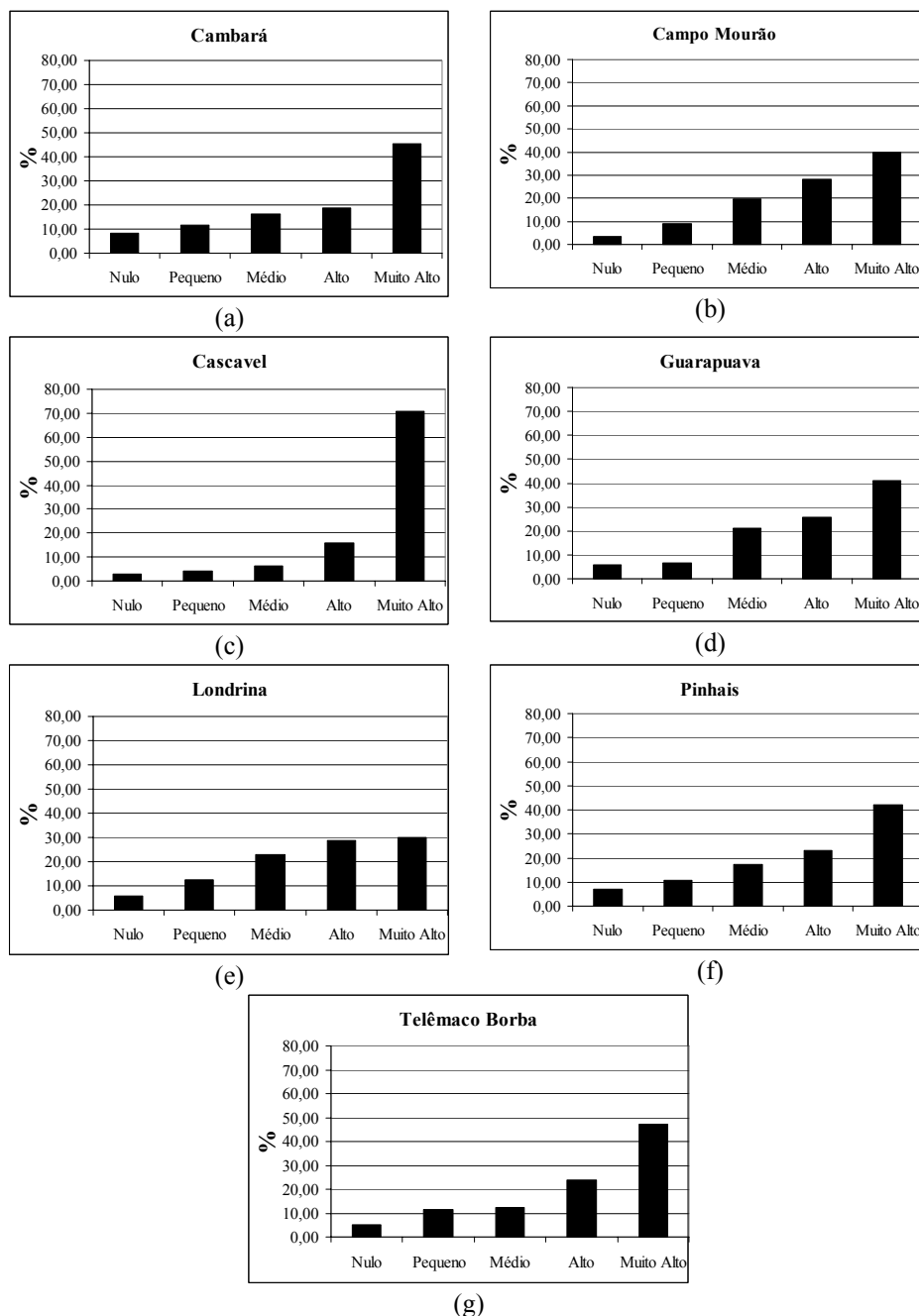


Figura 5. Porcentagem do número de incêndios registrados por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> ajustada.  
Figure 5. Percentage of forest fire recorded in each danger class – Adjusted FMA<sup>+</sup>.



Tabela 7. Incêndios registrados no período por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> ajustada.  
Table 7. Recorded forest fires distribution through the danger classes – Adapted FMA<sup>+</sup>.

Regiões	Incêndios registrados no período										Total	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto			
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Cambará	7	8,14	10	11,63	14	16,28	16	18,60	39	45,35	86	100,00
Campo Mourão	18	3,25	50	9,04	109	19,72	156	28,21	220	39,78	553	100,00
Cascavel	18	2,77	27	4,15	41	6,31	104	16,00	460	70,77	650	100,00
Guarapuava	6	5,71	7	6,67	22	20,95	27	25,71	43	40,96	105	100,00
Londrina	72	5,81	155	12,50	282	22,74	359	28,95	372	30,00	1240	100,00
Pinhais	67	6,89	106	10,89	169	17,37	223	22,92	408	41,93	973	100,00
Telêmaco Borba	9	5,11	20	11,36	22	12,50	42	23,87	83	47,16	176	100,00

Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados que indicam bom desempenho da FMA<sup>+</sup>, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação direta entre o número de incêndios registrados e o grau de perigo, como mostram a figura 5.

Soares (1998a) analisou a distribuição da ocorrência de incêndios no distrito florestal de Monte Alegre e observou que, no período de 1965 a 1971, os percentuais foram de 27,5 e 50,7% para as classes de perigo IV e V e, no período de 1971 a 1990, de 31,7 e 52,55, respectivamente.

Soares (1998b), analisando dados do norte do estado de Santa Catarina, observou que enquanto 87% dos incêndios ocorreram em dias em que a Fórmula de Monte Alegre indicava grau de perigo muito alto, nenhuma ocorrência foi observada pelo IPIR. De acordo com o IPIR, a maioria (45,8%) dos incêndios ocorreram quando as condições de perigo indicadas pelo índice eram moderadas, subestimando o grau de perigo.

#### Áreas queimadas pelos incêndios florestais

Para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Pinhais e Telêmaco Borba, que possuíam informações de ocorrência de incêndios, foi também analisado o comportamento das áreas queimadas pelos incêndios florestais observados em cada classe de perigo, considerando os ajustes necessários a cada região.

Na tabela 8 e na figura 6, observam-se as áreas queimadas pelos incêndios florestais e os respectivos percentuais para cada classe de perigo.

Tabela 8. Área queimada por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> ajustada.  
Table 8. Burned area by fire danger class – Adapted FMA<sup>+</sup>.

Regiões	Área queimada no período										Total	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Cambará	1,55	1,05	2,86	1,93	5,99	4,04	12,07	8,14	125,83	84,84	148,30	100,00
Campo Mourão	6,65	2,11	20,22	6,41	51,10	16,21	85,17	27,01	152,16	48,26	315,30	100,00
Cascavel	15,21	0,79	23,15	1,20	38,49	2,00	106,53	5,55	1.739,01	90,46	1.922,39	100,00
Guarapuava	1,20	0,89	2,00	1,48	7,40	5,48	11,06	8,19	113,38	83,96	135,04	100,00
Londrina	8,29	0,90	81,59	8,87	148,28	16,12	260,76	28,35	420,71	45,76	919,63	100,00
Pinhais	8,87	4,24	16,96	8,12	29,77	14,25	41,76	19,98	111,59	53,41	208,95	100,00
Telêmaco Borba	0,25	5,12	5,34	11,36	18,89	12,50	42,16	23,86	99,21	47,16	165,85	100,00

Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados que indicam bom desempenho da Fórmula FMA<sup>+</sup>, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação direta entre a área queimada pelos incêndios e o grau de perigo, como mostra a figura 6. Nunes (2005) observou a mesma tendência para a região de Telêmaco Borba.

Soares (1998a) analisou a distribuição de áreas queimadas por classe de perigo, comparando o índice de perigo de incêndios da Rigesa (IPIR) e a Fórmula de Monte Alegre, e observou que 99,2% da

área queimada ocorreu na classe de perigo V para a FMA e que o IPIR apresentou os percentuais de 46,5, 15,1 e 38,4% nas classes II, III e IV, respectivamente.

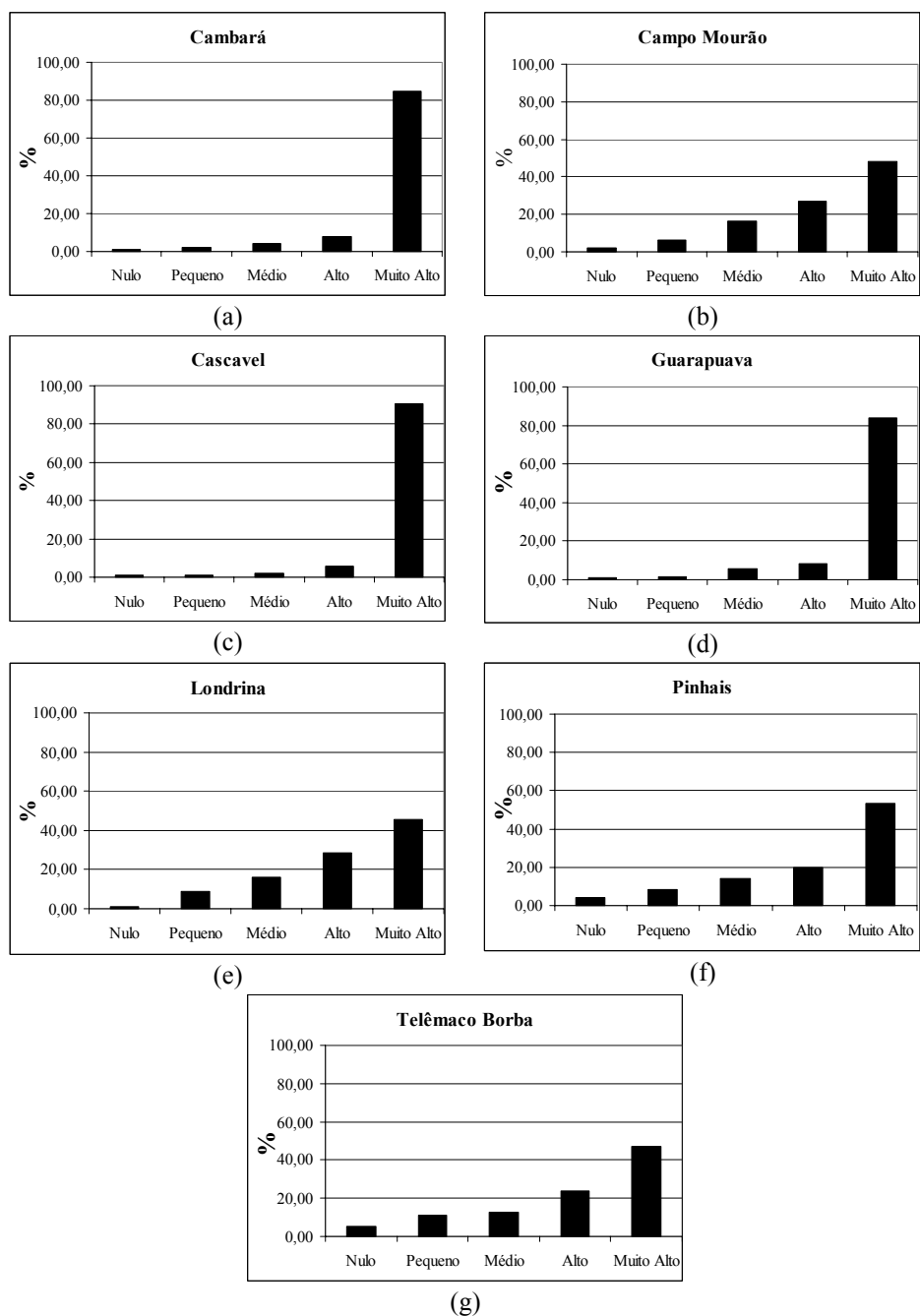


Figura 6. Porcentagem da área queimada por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> ajustada.  
Figure 6. Percentage of burned area by each danger class – Adapted FMA<sup>+</sup>.

### Áreas queimadas médias por incêndios

Foi também analisado o comportamento das áreas queimadas médias por incêndios florestais observados em cada classe de perigo para todas as regiões estudadas, considerando os ajustes necessários a cada região.

Na figura 7 e na tabela 9 observam-se as áreas queimadas médias por incêndio para cada classe de perigo. Os baixos valores de áreas queimadas médias por incêndio são desejáveis, segundo Soares (1998a) que encontrou 24,1 ha/incêndio para a região norte do estado de Santa Catarina para a Fórmula de Monte Alegre.

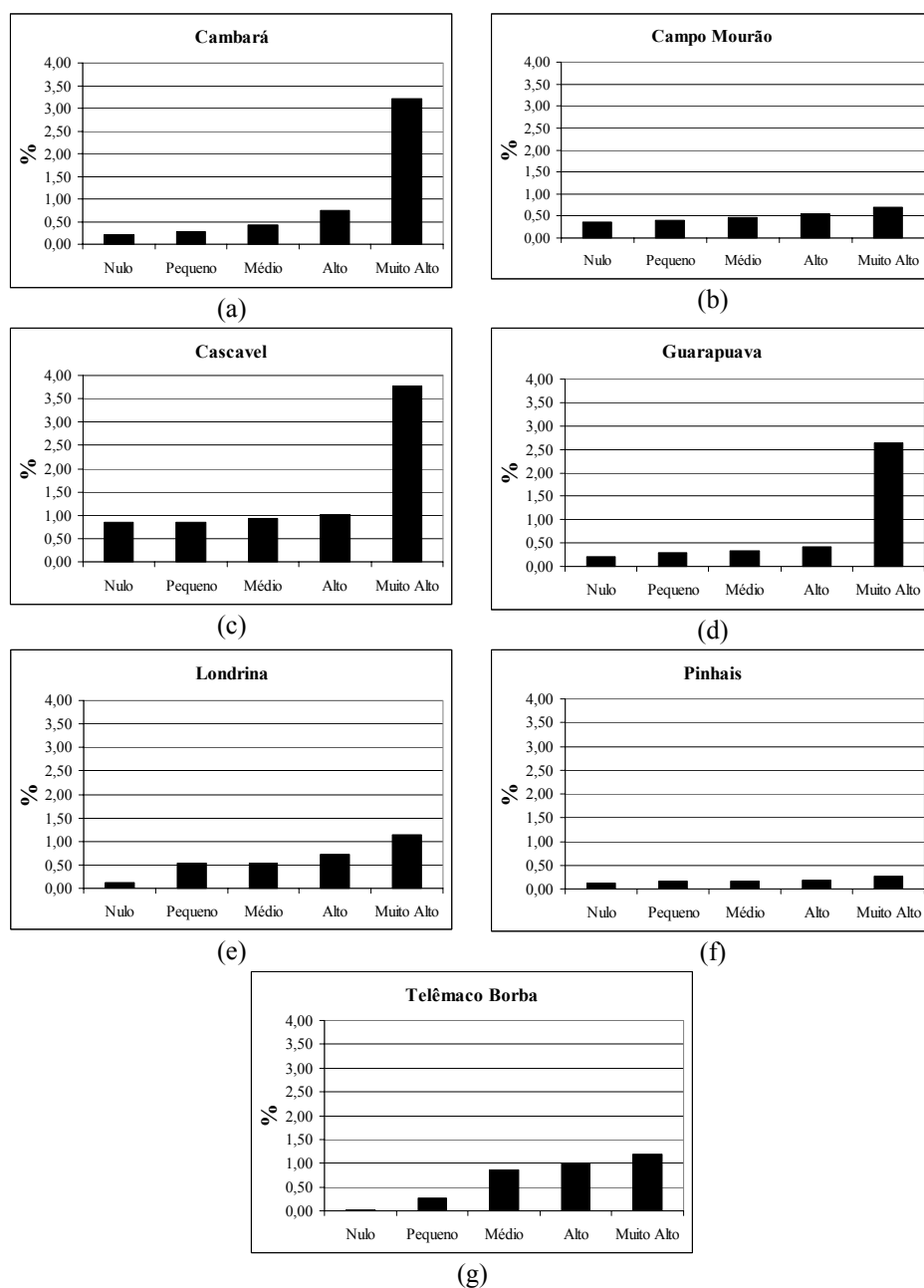


Figura 7. Área queimada média por classe de perigo– FMA<sup>+</sup> ajustada.  
 Figure 7. Average burned area by danger class– Adapted FMA<sup>+</sup>.

Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados que indicam bom desempenho da FMA<sup>+</sup> para a região, uma vez que preservam a premissa de apresentar relação direta entre a área queimada média por incêndio e o grau de perigo, como mostra a figura 7. Soares (1998a) encontrou, no norte do estado de Santa Catarina, para o período de janeiro de 1988 a setembro de 1995, valores de área

queimada média de 1,2 e 24,1 ha/incêndio para as classes Alto e Muito Alto, respectivamente.

Tabela 9. Área queimada média por classe de perigo – FMA<sup>+</sup> ajustada.

Table 9. Average burned area by danger class – Adapted FMA<sup>+</sup>.

Regiões	Área queimada média por incêndio (ha)				
	Nulo	Pequeno	Médio	Alto	Muito alto
Cambará	0,22	0,28	0,43	0,75	3,22
Campo Mourão	0,37	0,40	0,47	0,54	0,69
Cascavel	0,84	0,86	0,93	1,02	3,78
Guarapuava	0,20	0,29	0,34	0,41	2,63
Londrina	0,12	0,53	0,53	0,73	1,13
Pinhais	0,13	0,16	0,17	0,18	0,27
Telêmaco Borba	0,03	0,27	0,86	1,00	1,20

### Análise do desempenho

A tabela 10 e as figuras 8 e 9 apresentam os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para as 7 regiões que possuíam dados de ocorrência de incêndios florestais.

Tabela 10. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada para as regiões estudadas.

Table 10. Modified Monte Alegre Formula performance for the studied regions.

Região	Desempenho por região	
	<i>Skill Score</i>	Porcentagem de sucesso
Cambará	0,0884	54,48
Campo Mourão	0,3019	62,21
Cascavel	0,3340	63,27
Guarapuava	0,1330	49,27
Londrina	0,3384	66,67
Pinhais	0,2826	62,55
Telêmaco Borba	0,1165	55,64

Os valores de *skill score* obtidos variaram de 0,0884 para Cambará a 0,3384 para Londrina. Os valores de porcentagem de sucesso variaram de 49,27 em Guarapuava a 66,67 em Londrina.

Vale observar que os valores de *skill score* obtidos para Pinhais (0,2826), Campo Mourão (0,3019), Cascavel (0,3340) e Londrina (0,3384) são muito superiores àqueles obtidos por Nunes (2005), onde o *skill score* foi igual a 0,1165 para a região de Telêmaco Borba.

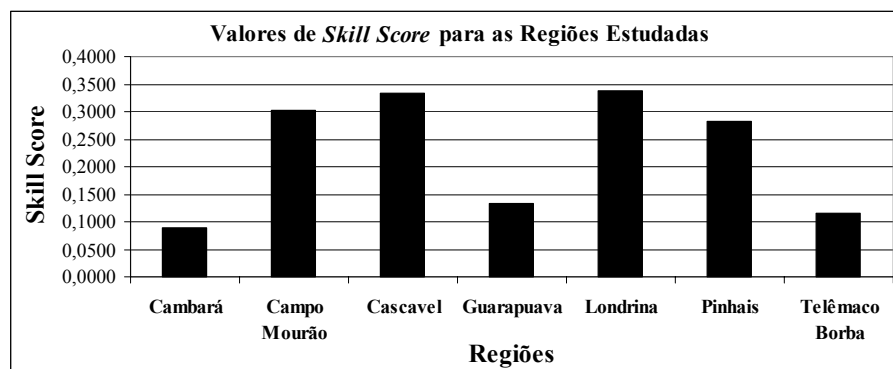


Figura 8. Valores de *skill score* para as regiões estudadas.

Figure 8. Skill score values for the studied regions.

Sampaio (1999) obteve para a Fórmula de Monte Alegre original os valores de 0,0607 para o *skill score* e 36,92 para a porcentagem de sucesso, e para a Fórmula de Monte Alegre aferida os valores

de 0,0877 para o *skill score* e 46,26 para a porcentagem de sucesso, para a região de Agudos, estado de São Paulo. Viegas *et al.* (não publicado)<sup>1</sup>, citados por Sampaio (1999), encontraram para regiões do sul da Europa, província dos Alps-de-Haut, valores de *skill score* de 0,28 para o FWI, 0,24 para o IREP, 0,25 para o índice espanhol, 0,26 para o HMIN, 0,24 para o índice português, 0,25 para o PERS (persistência de sucesso de dias com condições meteorológicas semelhantes) e 0,34 para o SYN (índice sintético). Os valores encontrados para as regiões de Campo Mourão, Cascavel, Londrina e Pinhais situam-se nos mesmos patamares dos resultados obtidos por Viegas *et al.* (não publicado).

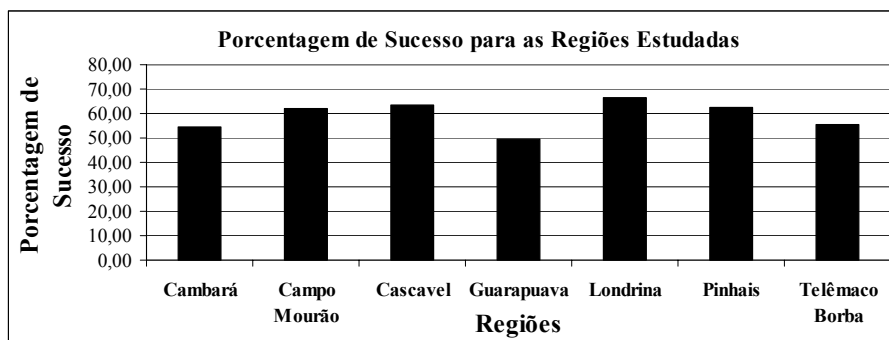


Figura 9. Valores de porcentagem de sucesso para as regiões estudadas.

Figure 9. Success percentage values for the studied regions.

#### Regionalização da Fórmula de Monte Alegre Alterada

A FMA<sup>+</sup> apresentou três escalas de perigo distintas para as 10 regiões estudadas no estado do Paraná. A figura 10 apresenta as regiões nas quais devem ser adotadas essas escalas.

A escala de perigo original, definida por Nunes (2005), deve ser utilizada na área central do estado (cinza mais claro), onde se encontram as regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava e Telêmaco Borba. A escala de perigo denominada “Ajuste 2” deve ser utilizada no extremo norte do estado (cinza mais escuro), compreendendo as regiões de Cambará e Paranavaí. Finalmente, a escala de perigo denominada “Ajuste 1” deve ser utilizada para o restante do estado, validada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais.



Figura 10. Regiões com escalas de perigo semelhantes.

Figure 10. Similar fire danger scales regions.

<sup>1</sup> Viegas, D. X.; Bovio, C.; Camia, A. Testing meteorological fire danger methods in Southern Europe. 38 p. (não publicado).

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a FMA<sup>+</sup> pode ser utilizada em todo o estado do Paraná, de acordo com as três regiões definidas a partir dos ajustes realizados nas escalas de perigo.

Os resultados das análises de desempenho apresentaram resultados significativos, o que permite a sua utilização de forma segura em todo o estado do Paraná.

Sugere-se um acompanhamento de seu desempenho ao longo do tempo, com o fim de avaliar a sua adequação a um local mais específico.

## REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE, 1990. 115 p.
- HEIKKILÄ, T. V.; GRONOVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Handbook on Forest Fire Control**. Helsinki: Forestry Training Programme, 1993. 239 p. (Publication 21).
- LOWE, J. D. **Wildland Firefighting Practices**. [Stamford]: Thomson Learning, 2001. 348 p.
- NUNES, J. R. S. **FMA<sup>+</sup> - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná - Brasil**. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA<sup>+</sup> - 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 do ...** Blumenau: UFPR/FURB/FUPEF. 2005. v. 1. p. 1-12.
- NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA<sup>+</sup> - 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.
- SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos - SP**. 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather: a guide for application of meteorological information to forest fire control operation**. Washington, D.C.: USDA Forest Service, 1970. 229 p. (Agriculture Handbook 360).
- SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 3, p.19-40, 1972a.
- SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro paranaense, Brasil**. 72f. Tese (Magister Scientiae) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA Turrialba, 1972b.
- SOARES, R. V. **Incêndios Florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1985. 213p.
- SOARES, R. V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Brasília, D.F., ABEAS, 1984. 120p.
- SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, Lavras, v. 04, n. 1, p. 87-99, 1998a.
- SOARES, R. V. **Comparação entre o Índice de Perigo de Incêndio da Rigesa e a “Fórmula de Monte Alegre”**. 1998b. 10p. (não publicado).
- TREWARTHA, G. T.; HORN, L. H. Köppen's classification of climates. In: \_\_\_\_\_. **An Introduction to climate**. New York: McGraw-Hill, 1980. p. 397-403.
- VIEGAS, D. X.; SOL., B.; BOVIO, G.; NOSENZO, A.; FERREIRA, A. D. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 2., 1994, Coimbra. Proceedings of the... Coimbra: D.X. Vegas, 1994. p. 571-590.