



# Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: [www.ufpe.br/rbge](http://www.ufpe.br/rbge)

## Risco de ocorrência de queimada e de incêndio e as medidas de prevenções, em Belém – PA, ano de 2015

Maria do Carmo Felipe de Oliveira<sup>1</sup>, José Augusto de Souza Júnior<sup>2</sup>,  
Patrícia Porta Nova da Cruz<sup>3</sup>, José Danilo Souza Filho<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Mestre – Universidade Federal do Pará – [oliveiramaca@gmail.com](mailto:oliveiramaca@gmail.com) – Autor Correspondente, <sup>2</sup>Doutorando – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – [jun086@gmail.com](mailto:jun086@gmail.com), <sup>3</sup>Doutora – Embrapa – Campinas – SP – [pportanova@gmail.com](mailto:pportanova@gmail.com), <sup>4</sup>Doutorando – Universidade Federal do Pará – [danilosfilho@yahoo.com.br](mailto:danilosfilho@yahoo.com.br)

Artigo recebido em 29/04/2016 e aceito em 03/08/2016

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo, estudar a frequência do grau de risco de ocorrência de queimada e de incêndio e as medidas de prevenção, em Belém - PA, no ano de 2015, a fim de contribuir com os sistemas de alertas, na divulgação do controle do fogo, pois causam custos e degradação ambiental e são fatores negativos para as sociedades. Foram utilizadas as temperaturas do ar, umidade relativa e a precipitação, dados das 15:00 horas locais, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia. Os índices de predição foram o Fator de Risco de Angstrom (FRA), Fórmula de Monte Alegre (FMA) e o Índice de Nesterov (IN). O clima de Belém-PA, no ano de 2015, mostrou que, o regime de temperatura do ar é estável, o déficit de pressão do vapor d'água apresenta conteúdo significativo de vapor d'água, a umidade do ar é elevada e a precipitação pluviométrica nos trópicos assume papel preponderante. O índice FRA apresentou valores mais elevados quando comparados aos valores de FMA e IN, com resultados confluentes. Os modelos FMA e IN apresentam forte correlação positiva e entre o índice FRA, boa correlação positiva nos resultados. Belém-PA, com a falta de chuvas, apresenta valores mais elevados, nos graus de grande risco (GR) e de altíssimo risco (ALR) e a prevenção é de fiscalização intensa e redobrada (FIR) e de estado de alerta (EA) e com a volta da estação mais chuvosa, o risco de ocorrência cai drasticamente, com as maiores frequências nos graus de nenhum risco (NR) na região.

Palavras-chave: Risco de queimada e de Incêndio, Medidas de prevenção, Índices de riscos, Elementos meteorológicos, Belém-PA.

## Fire and burning occurrence risk, and contingency measures, in Belém/Pará/Brazil, year of 2015

### ABSTRACT

This research aimed to study the frequency of occurrence risk level of burning and fire and prevention measures in Belém-Pará-Brazil, in the year of 2015, in order to contribute to alert systems, in fire control divulgation, because are negative factors for society and causing costs and environmental degradation. Were used air temperatures, relative humidity and precipitation data from the 15:00 local time, obtained from the National Institute of Meteorology. The prediction indexes used were: Angstrom Risk Factor (FRA), Monte Alegre Formula (FMA) and Nesterov Index (IN). The climate of Belém, in 2015, showed that the air temperature pattern is stable, the water vapor pressure deficit has a significant content of water vapor, high air humidity and the rainfall in the tropics takes leading role. The FRA index presented higher values compared to the values of FMA and IN, with confluent results. The FMA and IN models demonstrate consistent positive correlation, and between the FRA index, good positive correlation in the results. The city of Belém, with the lack of rain, shows higher values in degrees of high risk (GR) and very high risk (ALR) and the prevention measure is of intense and redoubled inspection (FIR) and alert condition (EA) and with the return of more rainy season, the risk drops dramatically with the highest frequencies in the degree of any risk (NR) in the region.

Keywords: Fire and burning risk, preventive measures, risk indices, meteorological elements, Belém-Pará-Brazil.

### Introdução

O aumento demográfico e a busca de fomentar a abertura de novas fronteiras agrícolas, para acomodar contingentes populacionais cada vez maiores, sem o planejamento ambiental

adequado do uso destes recursos, começaram a alterar de forma, bem significativa, os ecossistemas naturais.

A queima de biomassa nos ecossistemas devido à expansão da fronteira agrícola, com a

conversão das florestas em pastagens e devido a renovação de cultivos agrícolas, são alguns dos mais importantes fatores que causam impacto sobre o clima e a biodiversidade (Kirchoff, 1997). O fogo é usado pelos agricultores, para converter florestas derrubadas em cinzas, no processo de preparar as terras para o plantio, e para combater as plantas invasoras (Diaz et. al., 2002).

Existem vários métodos para indicar a prevenção do grau de risco de ocorrência e de medidas de prevenção de queimada e de incêndio, sendo que todos possuem suas particularidades e procedimentos próprios, porém, todos dependem das condições atmosféricas presentes e de dados meteorológicos.

Apesar de ser difícil fazer monitoramento de alerta e prevenção das queimadas e dos incêndios, os riscos são permanentes, nas áreas onde ocorre o período de seca, em que alguns locais da Amazônia, passam até dois a três meses sem cair uma gota de chuva, (Nechet, 1992; Lopes, 2006), aumentando o risco de ocorrência de queimada e de incêndio, principalmente aqueles feitos sem técnica e criminosos.

No entanto a Meteorologia, responsável pelo estudo do ar atmosférico tem dados, principalmente, de temperatura do ar, de umidade relativa do ar e de precipitação pluviométrica, onde estes elementos associados aumentam as possibilidades de ocorrer queimadas e incêndios incontroláveis e acidentais, mostrando se as condições atmosféricas são propícias ou não, de ocorrência dos riscos de queimadas e de incêndios, contribuindo também, para a prevenção, no alerta as autoridades, nas providências a serem tomadas e na divulgação para os órgãos interessados.

O vapor d'água, ou seja, a umidade do ar e as poucas ou nenhuma chuvas, são responsáveis pelo risco de ocorrência de queimada e de incêndio em matas, pastos, florestas, ou qualquer ecossistema, tendo assim grande importância, o conhecimento do seu comportamento horário, diário, mensal, sazonal e anual, no combate a prática das queimadas e de incêndios e nos desmatamentos das coberturas vegetais, pois os danos materiais põem em risco o equilíbrio do ambiente, bem como, todos os incêndios são problemáticos pelos estragos causados, podendo ocasionar até perdas de vidas humanas e animais, (Pereira et. al. 2002).

Segundo Castañeda (1997) e Nunes et. al. (2005) o risco de queimada e de incêndio é composto, pela vulnerabilidade e pelo fator de ameaça a que está submetido o ambiente. A vulnerabilidade depende do material combustível, da topografia, das condições atmosféricas e do tipo de solo. O fator de ameaça diz respeito, a existência

de agentes naturais e antrópicos, que dão início ao processo de combustão.

Segundo Santiago (2006), considera-se como risco de queimada e de incêndio, as condições propícias atmosféricas para a inflamabilidade como secura do ar, alta temperatura e baixos índices pluviométricos, e por perigo de queimada e de incêndio, os fatores que podem aumentar esse risco.

Segundo Nunes (2005), existem dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo de queimada e de incêndio: os fatores constantes, tais como o tipo de material combustível, tipo de floresta e o relevo, e os fatores variáveis, entre os quais a umidade do material combustível e as condições climáticas, tais como a velocidade e a direção do vento, a umidade relativa a temperatura do ar o ponto de orvalho, a precipitação e a instabilidade atmosférica. A intensidade de uma queimada ou incêndio e a velocidade com que ele avança, estão diretamente ligadas à umidade relativa, temperatura do ar e precipitação. As possibilidades de ocorrências, bem como, as frequências das queimadas e incêndios estão relacionadas às condições atmosféricas locais.

O conhecimento das variáveis meteorológicas é importante para a elaboração de programas de prevenção e de combate as ocorrências de queimadas e de incêndios, pois a partir da análise climática, é possível determinar os períodos de maior ou menor frequência de ocorrências, o que facilita a adoção de medidas de prevenção, a logística para o combate e de danos causados pelo fogo ao ambiente, porém, não basta que os fatores diretamente associados à ocorrência da queimada e do incêndio estejam favoráveis, para que uma queimada ou um incêndio ocorram, é necessário uma fonte de ignição para dar início ao processo de combustão.

O conhecimento do comportamento dos elementos meteorológicos e do clima de uma região são fatores importantes para a elaboração de programas de prevenção e de combate, para determinação da frequência do grau de risco e da medida de prevenção de ocorrência de queimada e de incêndio, nas áreas vegetadas, sendo muito útil, para propriedades produtoras de madeiras e resinas (reflorestamentos), para área de preservação ambiental, para o estudo do aumento demográfico e para a necessidade de geração de grãos e criações de animais, principalmente, o gado, preocupando os ambientalistas e as áreas científicas, como de Meteorologia, de Agronomia, de Economia, etc.

Desta forma, neste trabalho foram calculados os valores horários e diários dos elementos meteorológicos de superfície, temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica das 15: 00horas locais,

para Belém – PA, no ano de 2015, bem como, as frequências dos graus de riscos de ocorrências e das medidas de prevenções de queimadas e de incêndios, através dos índices: Fator de Risco de Angstrom, Fórmula de Monte Alegre e o Índice de Nesterov. Foi calculado também, o coeficiente de correlação, a fim de, correlacionar as frequências dos graus de riscos de ocorrência entre os três métodos estudados, analisando a magnitude dos riscos de ocorrência, e verificar o nível de convergência ou divergência entre os modelos. Os resultados obtidos possibilitarão a contribuir com a diminuição dos riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios na região e darão suporte aos sistemas de alertas, para a adoção de medidas preventivas e de estratégia de controle, de gerenciamento e de monitoramento dos riscos do fogo.

Esta pesquisa foi realizada na cidade de Belém – PA, localizada na latitude 01°28'14" Sul e longitude 48°29'07" Oeste, Figura 01, com o objetivo de calcular a frequência do grau de risco de ocorrência de queimada e de incêndio e das medidas preventivas, utilizando-se dos índices, Fator de Risco de Angstrom (FRA), Fórmula de Monte Alegre (FMA) e o Índice de Nesterov (IN), levando-se em consideração que, cada um deles possui suas particularidades e procedimento próprios, porém, dependem das condições atmosféricas do meio ambiente e de dados meteorológicos, dados esses obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, como a temperatura do ar e umidade relativa do ar, medidos as 15 horas locais e o acompanhamento diário da precipitação pluviométrica, que é um fator negativo para os riscos de queimadas e de incêndios, para o ano de 2015.

**Material e métodos**

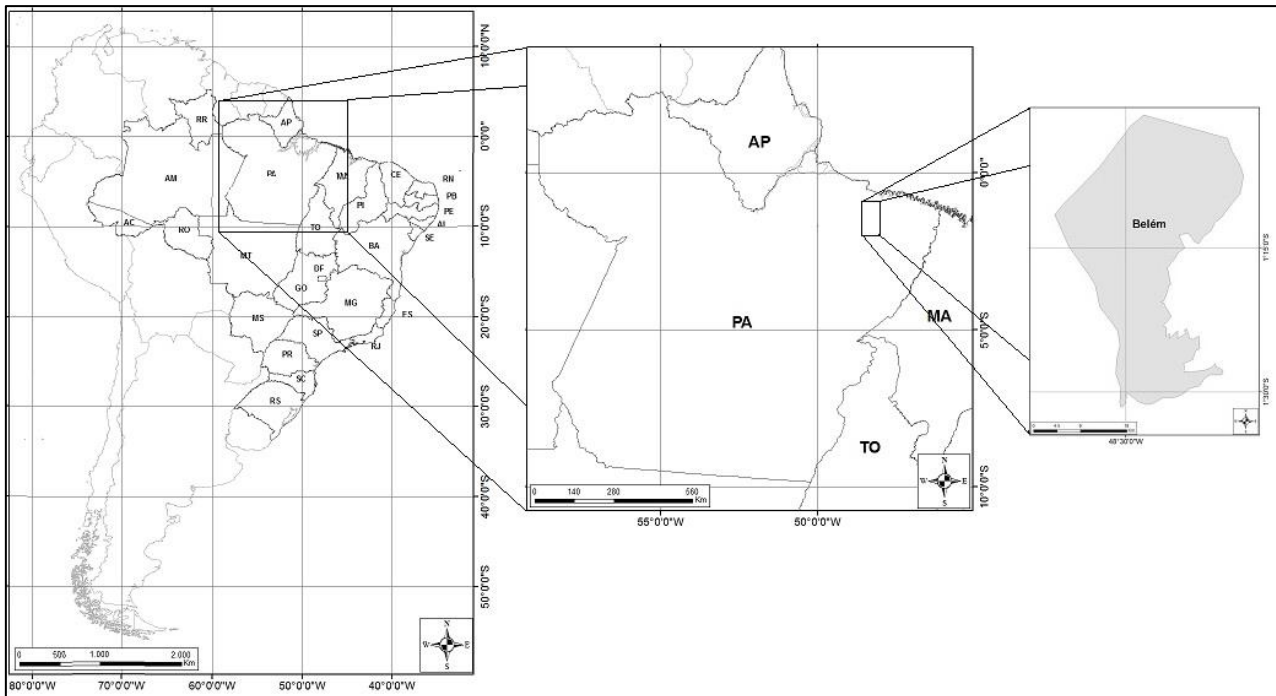


Figura 01 – Localização da Cidade Belém - PA

Para o cálculo da frequência do grau de risco de ocorrência e de prevenção de queimada e de incêndio, os índices utilizados, foram calculados da seguinte forma:

a) Fator de Risco de Angstrom- FRA.

Este índice é um método não-acumulativo que se baseia nas condições do tempo vigentes no dia, utilizando a temperatura do ar (T em °C) e a umidade relativa do ar (UR em %), as 15: 00horas locais, que é o horário próximo do valor máximo da temperatura do ar e do mínimo da umidade relativa do dia, sendo expresso pela Fórmula 1:

$$FRA = 0,05 \times UR_{13h} - 0,1 (T_{13h} - 27) \quad (1)$$

Sempre que FRA for menor que 2,5 serão chamados de Altíssimo Risco (ALR) e as medidas de prevenção serão de Estado de Alerta (EA) de risco de queimada e de incêndio e sempre que os valores forem acima deste, serão chamados de Nenhum Risco (NR) e as medidas serão de Nenhuma Prevenção (NP) de ocorrência de queimada e de incêndio.

b) Fórmula de Monte Alegre - FMA

Este método é cumulativo, que leva em consideração, as condições climáticas de uma

sucessão de dias. A fórmula de Monte Alegre (FMA) é um índice utilizado no Brasil, e que leva em consideração a umidade relativa do ar (%) as 15 horas locais, e a chuva (n = número de dias sem chuva, em mm), isto é:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 \setminus UR) \quad (2)$$

$$FMA \text{ acumulado} = (f^* \text{ FMA ontem}) + FMA \text{ hoje} \quad (3)$$

Sendo cumulativo, o índice  $f^*$  está sujeito às restrições de precipitações conforme a Tabela 01 e o os graus de riscos de queimadas e de incêndios e as medidas de prevenção, conforme Tabela 02.

Tabela 01 – Valores das precipitações e do fator  $f^*$ , pela Fórmula de Monte Alegre.

Chuvas (mm)	Valor de $f^*$
< 2,4	1,0
2,5 a 4,9	0,7
5,0 a 9,9	0,4
10,0 a 12,9	0,2
>13	0,0

Tabela 02 – Graus de riscos de ocorrências e medidas de prevenções de queimadas e de incêndios pela Fórmula de Monte Alegre.

FMA acumulado	Grau de Risco	Medidas de Prevenção
$\leq 3,0$	Nenhum Risco (NR)	Nenhuma Prevenção (NP)
3,1 a 19,0	Grande Risco (GR)	Fiscalização Intensa e Redobrada (FIR)
>20,0	Altíssimo Risco (ALR)	Estado de Alerta Permanente (EA)

c) Índice de Nesterov – IN.

O Índice de Nesterov (Nunes, 2007), é um método cumulativo, corrigido em função do total de precipitação de 24 horas e a umidade relativa às 15 horas. Este índice tem como variáveis a temperatura do ar (T em ° C) e o déficit de saturação do ar (d em hPa), ambos medidos as 15:00 horas locais e o acompanhamento diário da precipitação pluviométrica, que é um fator negativo para o risco de ocorrência de queimada e de incêndio e tem a seguinte equação:

$$IN = \sum_{i=1}^n d \times T \quad (4)$$

Onde:

O déficit de saturação do ar (d), é igual a diferença entre a pressão máxima de vapor d'água

(es em hPa), e a pressão do vapor d'água (e em hPa), sendo esta calculada através da umidade relativa do ar (%), por meio da seguinte expressão:

$$e = es \times UR \quad (5)$$

E a pressão de saturação do vapor d'água, em função da temperatura do ar (T) obtida através da expressão abaixo:

$$es = 6,41 \left( 10^{\left( \frac{7,5+T}{273,3+T} \right)} \right) \quad (6)$$

As modificações no cálculo do IN de acordo com a precipitação, Tabela 03, foram realizadas, segundo Nunes (2005).

Tabela 03 – Modificação no cálculo do IN em função da chuva (mm).

Chuva de hoje (mm)	Modificações no cálculo do IN
$\leq$ de 2,0 mm	Considerar como sem chuva. Somar (d x t) de hoje ao valor de IN, já calculado.
2,1 a 5,0 mm	Abater 25% no cálculo anterior de IN e somar (d x t) de hoje.

5,1 a 8,0 mm	Abater 50% no cálculo anterior de IN e somar (d x t) de hoje.
8,1 a 10,0 mm	Abandonar a soma anterior de IN e recomeçar novo cálculo, com IN = (d x t) de hoje.
> 10,0 mm	Interromper o cálculo, (IN = 0) e recomeçá-lo amanhã segundo as regras acima, ou quando a chuva cessar.

O cálculo de IN sendo feito diariamente, deve ser divulgado, em função do grau de risco de ocorrência e das medidas preventivas, que devem

ser tomadas pelas Instituições ou pessoas responsáveis, conforme (Tabela 04).

Tabela 04 – Graus de riscos de ocorrências e medidas de prevenção de queimadas e de incêndios, pelo Índice de Nesterov.

Índice de Nesterov (IN)	Grau de Risco	Medidas de Prevenção
≤ de 500	Nenhum Risco (NR)	Nenhuma Providência (NP)
501 a 3999	Grande Risco (GR)	Fiscalização Intensa e Redobrada (FIR)
> 4000	Altíssimo Risco (ALR)	Estado de Alerta (EA)

Os dados utilizados neste trabalho foram tratados estatisticamente e calculados em médias horárias das 15: horas locais e em médias diárias, mensais, sazonais e anuais, através da distribuição de frequência, bem como, foi calculado o coeficiente de correlação entre os graus de risco de ocorrência para observar a correlação positiva ou negativa entre os modelos utilizados e verificar o nível do grau de convergência ou divergência entre eles. Foram confeccionadas as figuras e tabelas, através da planilha eletrônica do Excel, de acordo com a época do ano e os resultados analisados mensalmente e anualmente, bem como, para a estação menos chuvosa (estação esta, com maior probabilidade de risco de ocorrência de queimada e de incêndio) e para a estação mais chuvosa na região de estudo.

### Resultados e Discussão

A temperatura do ar média mensal é mostrada na Figura 02, e observa-se que as

temperaturas são elevadas, durante todo o ano, onde a temperatura do ar média anual foi de 30,9 °C, com máxima de 32,8 °C em outubro e mínima de 28,8 °C em março, as 15: 00horas locais. A cidade de Belém–Pa, estando localizado na zona Tropical, possui clima quente, com regime térmico estável, com pequenas variações no decorrer dos meses.

O déficit da pressão do vapor d'água média mensal, mostrado na Figura 02, apresenta média anual de 14 hPa, com média no mês mais chuvoso, março com 8,2 hPa e no mês menos chuvoso, outubro com 19 hPa, com teor significativo de vapor d'água contido na atmosfera, proveniente da convecção local e da advecção de ar úmido oriundo do Oceano Atlântico Sudoeste, o que possibilita a formação de nuvens e conseqüentemente, bastante precipitação pluviométrica na região.

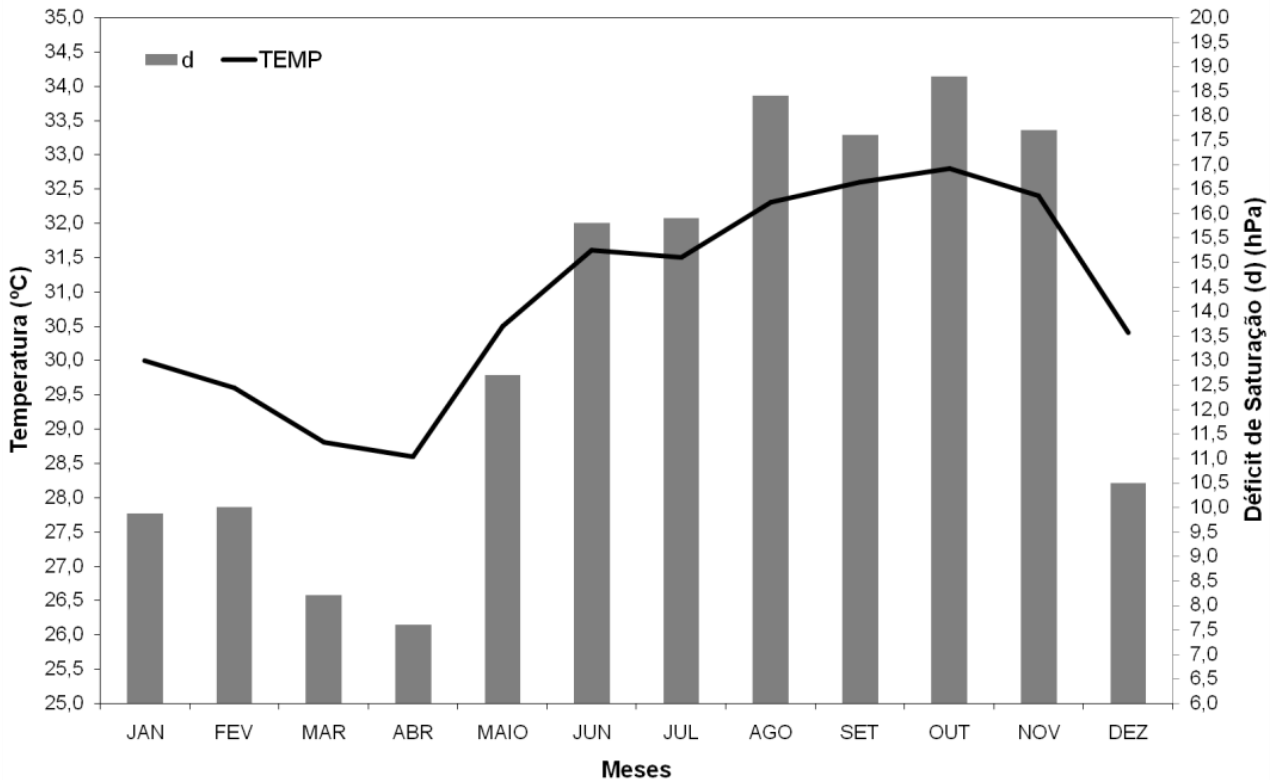


Figura 02 – Média mensal da Temperatura do ar e do Déficit de pressão do vapor d’água, Belém–Pa, 2015.

- Total mensal da precipitação pluviométrica e média mensal da umidade relativa do ar, Belém-PA, 2015.

A cidade de Belém-PA, no ano de 2015, Figura 03, mostra que o total anual da precipitação pluviométrica foi de 3430 mm, com o mês mais chuvoso, março com 605 mm e o mês menos chuvoso, outubro com 26 mm. Os totais médios das precipitações nos meses mais chuvosos, de janeiro a maio, equivalem a 72 % do total anual de precipitação pluviométrica e nos meses menos chuvosos, de junho a dezembro equivale a 28% do total anual, que ocorre na região, mostrando que, as fortes chuvas nos meses mais chuvosos são provenientes da massa equatorial que ocorrem na região, condicionando movimentos convectivos, que são identificados pela convergência dos alísios de Nordeste e Sudeste (ZCIT), e no período seco, a precipitação é devida principalmente, aos efeitos locais, como aquecimento da superfície, que provocam a formação de nuvens na região.

A Figura 03 mostra também, o comportamento médio mensal da umidade relativa

do ar, e observa-se que a mesma apresenta média anual de 71 % e acompanha as variações da precipitação pluviométrica, em relação direta e com relação as variações da temperatura do ar, relação inversa, ou seja, quando ocorre aumento de temperatura, a umidade relativa diminui e vice-versa, porém sempre superior a 62 %, caracterizando a região com altas taxas de umidade relativa do ar.

Belém-PA, localizada na faixa equatorial, caracteriza-se por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos. Os principais mecanismos que explicam o regime pluviométrico na região resultam da combinação ou da atuação predominante da Zona de Convergência Intertropical, das brisas marítimas, etc. As precipitações são predominantemente convectivas. As altas temperaturas estão associadas à intensa radiação solar incidente na região, embora grande parte da energia seja convertida em calor latente de evaporação e outra parte levada para a atmosfera superior e liberada na forma de calor sensível.

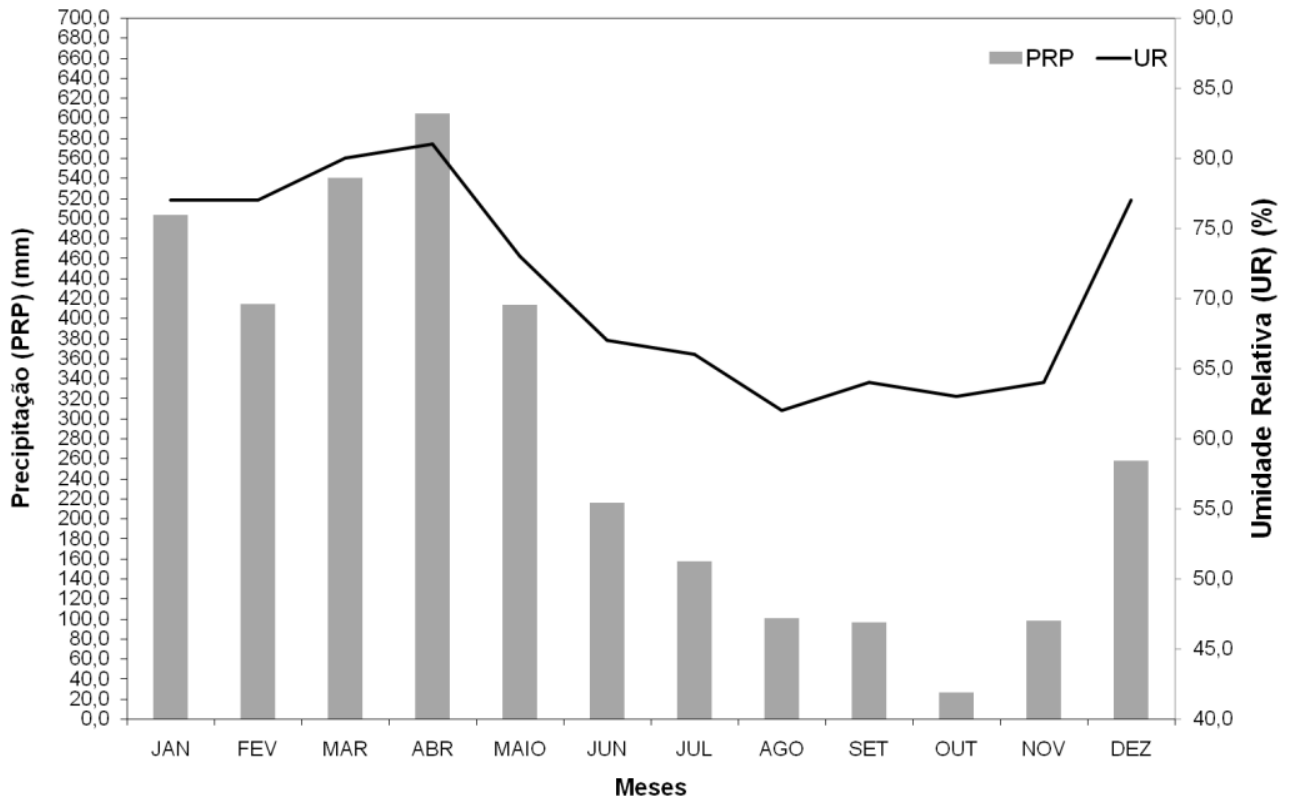


Figura 03- Total mensal da precipitação pluviométrica, e médias mensais da umidade relativa do ar, Belém-PA, 2015.

– Frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, em Belém-PA, ano de 2015.

– Fator de Risco de Angström.

O Fator de Risco de Angstrom (FRA), para Belém-PA, ano de 2015, Figura 04, mostra que, as frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, ficaram no patamar, desde nenhum risco, acima de 2,5 com 79 % dos dias do ano com nenhum risco de ocorrência (NR), enquanto que, a partir do mês de

maio apresenta frequência de eventos de ocorrência com grau de altíssimo risco de queimada e de incêndio (ALR), com valores abaixo de 2,5, com 31 % de ocorrências de riscos, destacando-se, os meses de agosto, outubro e novembro com frequências mais elevadas, com 40%, 58% e 47%, respectivamente, e o mês de outubro como o único mês em que a frequência de eventos é de altíssimo risco (ALR) e é superior a frequência de evento do grau de nenhum risco de ocorrência (NR).

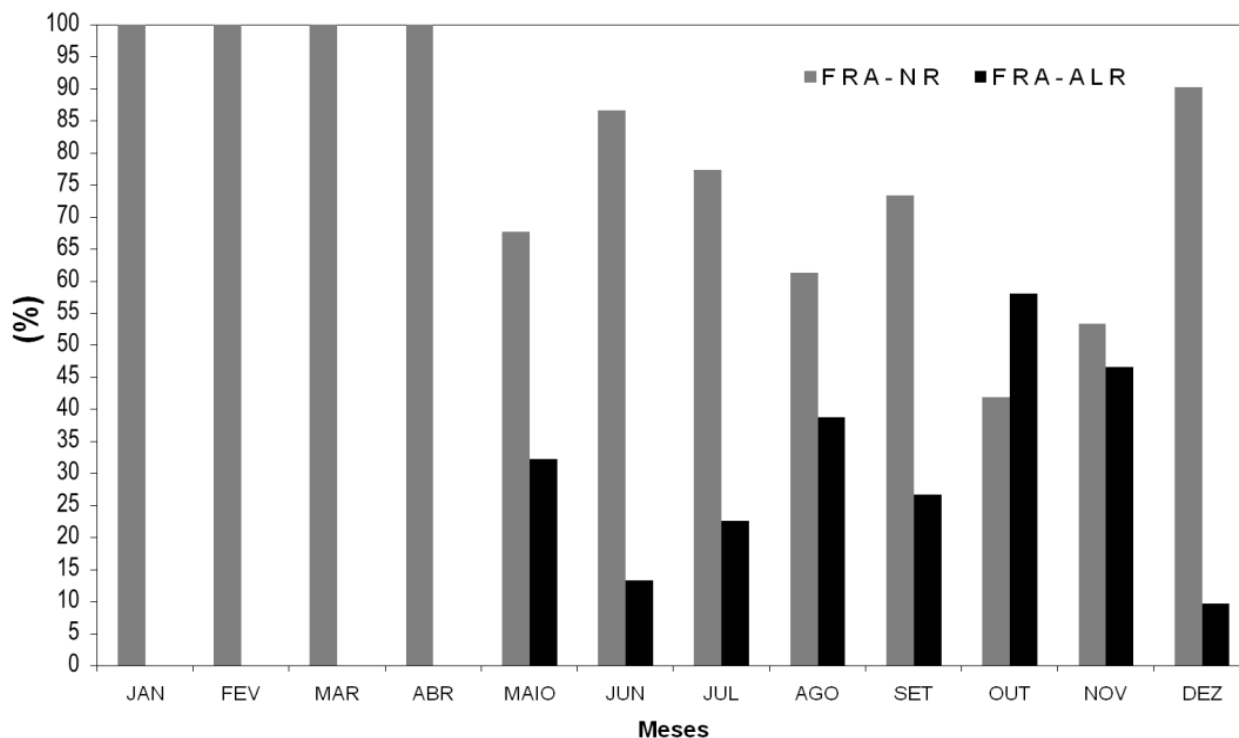


Figura 04 – Frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios pelo Fator de Risco de Angstrom (FRA), Belém–Pa, 2015.

FRA- Fator de Risco de Angstrom; NR – Nenhum Risco; ALR – Altíssimo Risco.

– Índice de Nesterov e a Fórmula de Monte Alegre.

O Índice de Nesterov (IN), Figura 05 e a Fórmula de Monte Alegre (FMA), Figura 06, mostram as frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, para Belém-PA, ano de 2015, onde as frequências dos graus de ocorrências, nos meses de janeiro a maio (período mais chuvosos) é de nenhum risco (NR) com 81% e 87%, e frequência de grande risco (GR), com 19% e 13%, respectivamente, enquanto que, no período menos chuvoso (junho a dezembro), a frequência do grau de risco de ocorrência de nenhum risco (NR), é igual a 16% e 15%, e valores mais elevados de frequência no grau

de grande risco (GR), com 55% e 57% e de altíssimo risco (ALR), com 29% e 28%, respectivamente. Destacamos ainda, os meses de agosto e outubro, como sendo, os meses com maiores frequências dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, de altíssimo risco (ALR), com 55% e 61%, respectivamente. Os modelos indicaram resultados aproximados e convergentes em seus cálculos, onde o elemento meteorológico, precipitação pluviométrica acumulada, foi utilizado em ambos os índices, mostrando que, ambos os modelos são eficientes para a área em estudo.



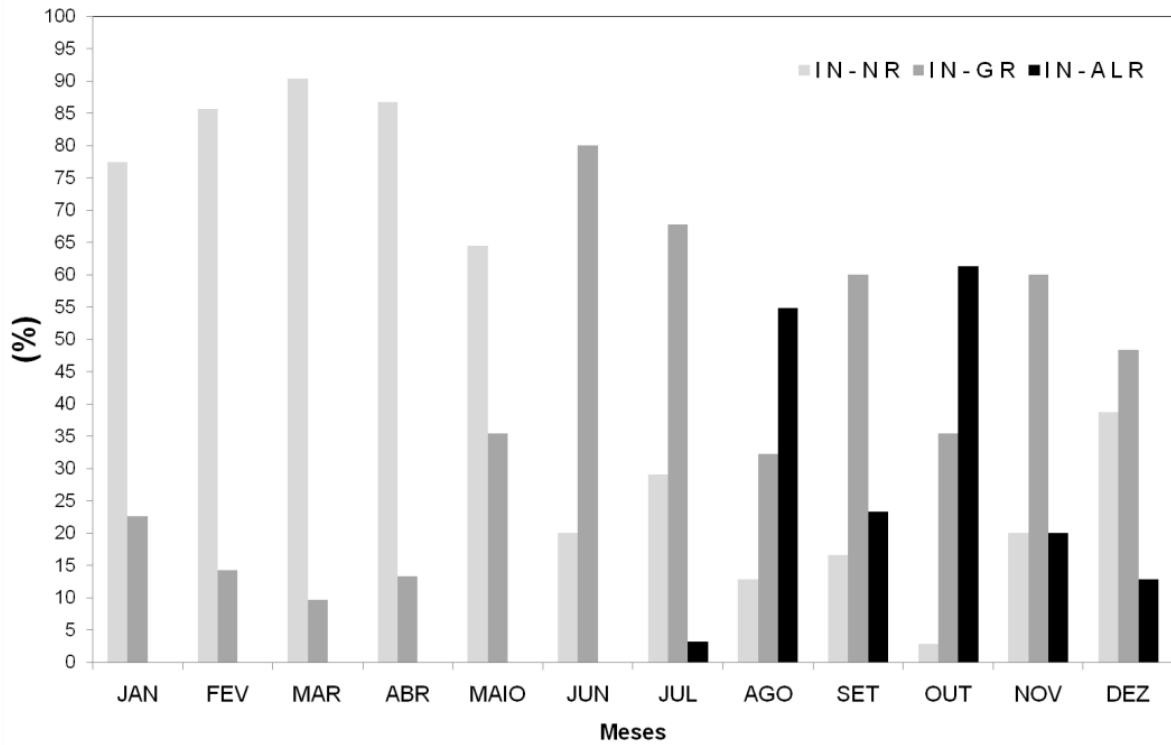


Figura 05 – Frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, pelo Índice de Nesterov, Belém-PA, 2015.

IN – Índice de Nesterov; NR- Nenhum risco; GR – Grande risco; ALR – Altíssimo risco.

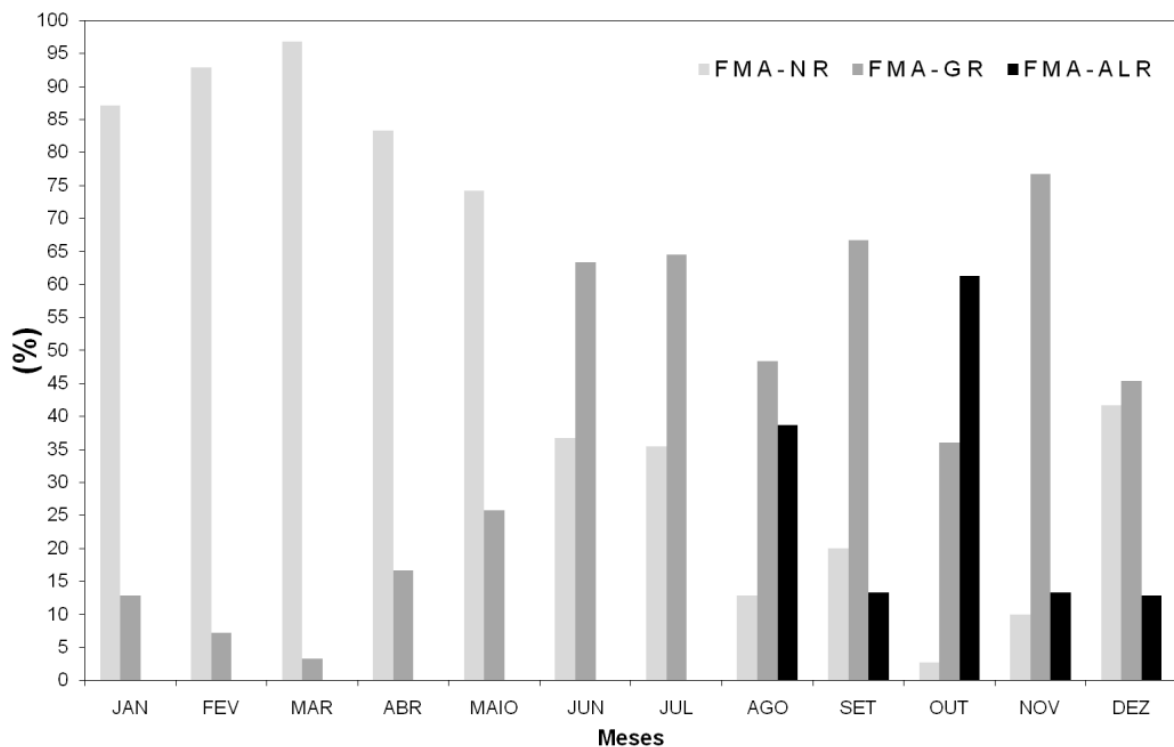


Figura 06 – Frequências mensais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, pela Fórmula de Monte Alegre, Belém-PA, 2015.

FMA – Fórmula de Monte Alegre; NR- Nenhum risco; GR – Grande risco; ALR – Altíssimo risco.

- Coeficiente de correlação entre os graus de risco de ocorrência, através dos modelos, Índice de Nesterov (IN), Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fator de Risco de Angström (FRA).

A Figura 07 mostra o coeficiente de correlação entre os graus de risco de ocorrência de queimada e de incêndio, modelos do Índice de Nesterov (IN), Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fator de Risco de Angström (FRA), para Belém-

PA, ano de 2015, e observa-se que, o Índice de Nesterov e a Fórmula de Monte Alegre apresentam média anual de  $r = 0,96$  e entre os graus, NR com  $r = 0,98$ , GR com  $r = 0,92$  e ALR com  $r = 0,97$ , ou seja, uma forte correlação positiva entre eles e entre os graus de riscos, indicando a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta e por serem modelos cumulativos, que leva em consideração, as condições climáticas de uma sucessão de dias e tem como variáveis a temperatura do ar e a umidade relativa do ar e o

acompanhamento diário da precipitação pluviométrica, que é um fator negativo, para o risco de queimada e de incêndio, enquanto que, quando correlacionamos os índices, IN X FRA e FMA X FRA, a média anual foi de  $r = 0,79$  e de  $r = 0,80$ , respectivamente, ou seja, uma boa correlação positiva entre eles, apesar do modelo de FRA, ser um método não-cumulativo, que se baseia nas condições do tempo vigente do dia e utiliza somente a temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

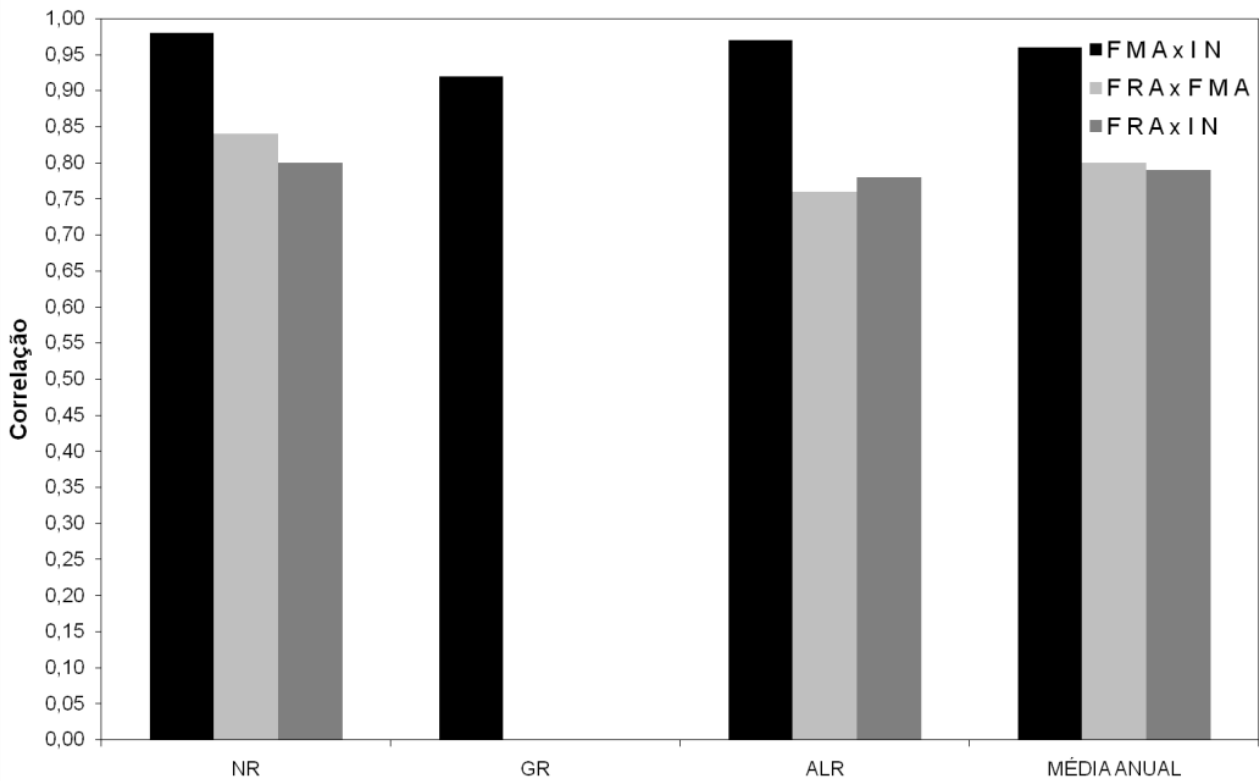


Figura 07 – Coeficientes de correlações anuais dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, entre os modelos, FMA X IN, FRA X FMA e FRA X IN, Belém-PA, 2015.

– Frequências sazonais dos graus das medidas preventivas, através dos modelos, IN, FMA e FRA.

A Figura 08 mostra a frequência sazonal dos graus das medidas preventivas, do risco de ocorrência de queimada e de incêndio, em Belém-PA, ano de 2015, dos índices IN, FMA e FRA e observamos que, nos meses de janeiro a maio, período chuvoso, a maior frequência é de nenhuma providência (NP), com 81 %, 87%, e 94%, e de fiscalização intensa e redobrada (FIR), de 19% e 13%, para os índices de IN e FRA, respectivamente, enquanto que, nos meses de junho a dezembro, períodos menos chuvoso, o risco de ocorrência de queimada e de Incêndio é muito pequeno, logo (NP), com frequências iguais a 16% e 15%, para os modelos IN e FMA, enquanto que, para o modelo do FRA, a frequência é de 69%,

porém, os maiores valores das frequências pelos métodos do IN e FMA, são de fiscalização intensa e redobrada (FIR), e de estados de alertas (EA), com 84%, 85% e para o FRA é de 31%, respectivamente. Para os três modelos aqui estudados, FMA, IN e FRA, os meses de agosto e de outubro apresentaram valores mais elevados com frequência de ocorrerem queimadas e incêndios, no grau de grande risco (GR) onde o mês de agosto apresenta frequência de 55%, 39% e de 39%, respectivamente, e as medidas são de fiscalização intensa e redobrada (FIR) e o mês de outubro com grau de altíssimo risco (ALR), com frequência de 61%, 61% e 58%, respectivamente, logo de estado de alerta permanente, (EA), na região de Belém-Pa.

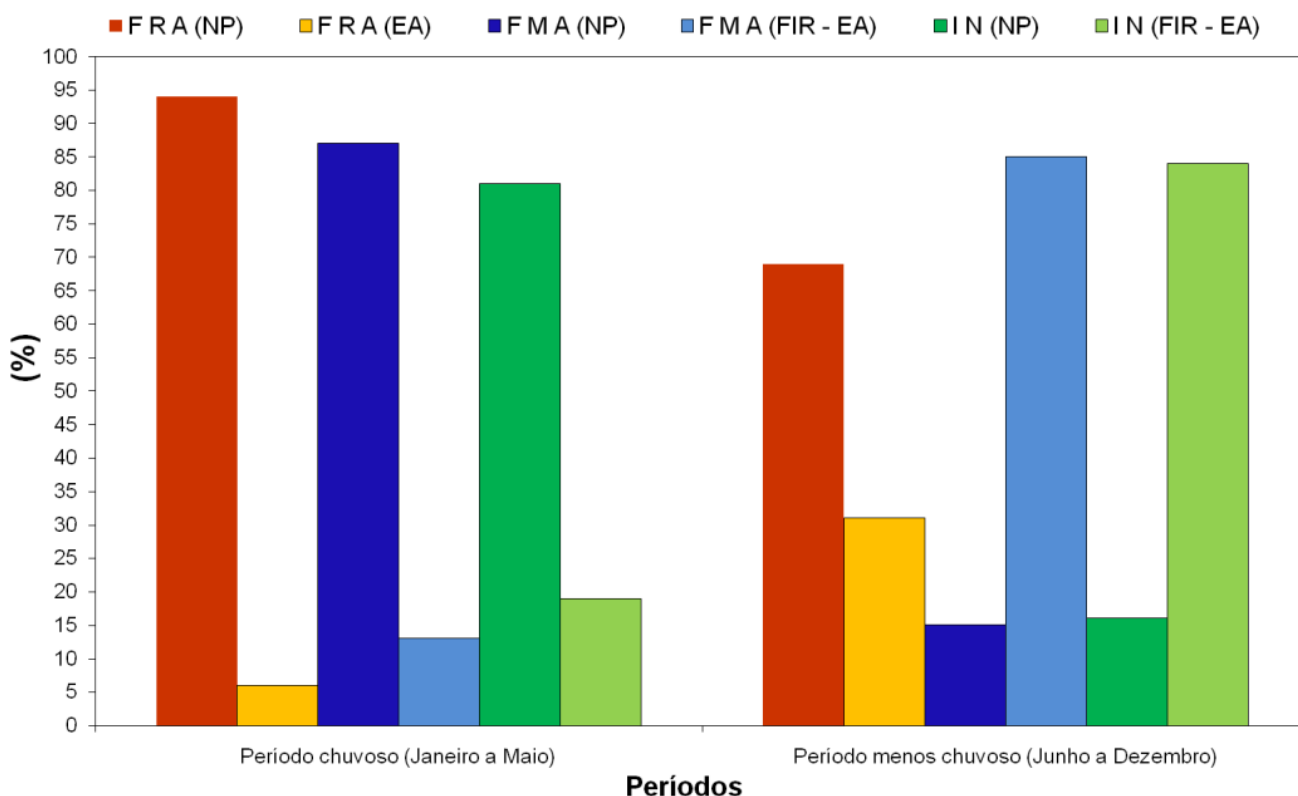


Figura 08 – Frequência sazonal do grau da medida de prevenção dos riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, pelos índices de IN, FMA e FRA, Belém-PA, 2015.

NP – Nenhuma providência; FIR – Fiscalização intensa e redobrada; EA – Estado de alerta.

Comparando os três modelos aqui estudados, através da frequência do grau de risco de ocorrência e de prevenção de queimada e de incêndio, para Belém-PA, no ano de 2015, observa-se que a frequência do grau, ficou no patamar de nenhum risco (NR) e de estado de alerta (EA) pelo método do FRA e de nenhum risco (NR), grande risco (GR) e de altíssimo risco (ALR), pelos métodos de IN e FMA, conforme a época do ano, caracterizado como, período chuvoso e período menos chuvoso, não ocorrendo grandes divergências, entre os modelos, porém com valores mais elevados no modelo do FRA. Observa-se também que, os modelos, convergiram em seus cálculos, apesar de cada método possuir suas particularidades próprias de cálculos e desenvolvimentos, sendo cumulativo o Índice de Nesterov e a Fórmula de Monte Alegre (IN e FMA), e não cumulativo o Fator de Risco de Angström (FRA), apresentando forte correlação positiva entre os modelos IN e FMA, e boa correlação entre os modelos, IN X FRA e FMA X FRA, nos valores diários, mensais, sazonais e anuais, mostrando através dos seus resultados, que os mesmos podem ser uma ferramenta no controle e no gerenciamento de áreas críticas e nas tomadas de decisão, para a previsão de focos de calor, na região em estudo.

### Conclusão

Analisando os resultados obtidos no estudo de risco de ocorrência e medida de prevenção de queimada e de incêndio, através dos dados horários medidos as 15:00 horas locais, que é o horário mais próximo do valor máximo de temperatura do ar e do mínimo da umidade relativa do ar do dia, valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica acumulada, em Belém-PA, no ano de 2015, foi possível fazer os cálculos horários, diários, mensais, sazonais e anuais do comportamento médio dos elementos meteorológicos e da frequência dos graus de riscos de ocorrências através dos modelos, Fator de Risco de Angström - FRA, Índice de Nesterov - IN e Fórmula de Monte Alegre - FMA, a fim de contribuir com os riscos de ocorrências, como alertas do comportamento atmosférico na região, porém, é importante ressaltar que a condição de risco de ocorrência de queimada e de incêndio, não está relacionada a obrigatoriedade do episódio, e sim com o cenário climático, que torna propícia a ocorrência.

No comportamento médio mensal dos elementos meteorológicos, o regime de temperatura do ar média mensal é estável com conteúdo significativo de vapor d'água atmosférico; a umidade relativa do ar apresenta-se elevada, com pequena variabilidade mensal e nos trópicos a precipitação pluviométrica

assume papel importante, já que a temperatura do ar é relativamente estável durante o ano.

Os modelos do FRA, IN e FMA, apresentaram resultados convergentes e aproximados, para todos os períodos estudados, apresentando boa correlação entre Índice de Nesterov X Fator de Risco de Angström (IN X FRA) e Fórmula de Monte Alegre X Fator de Risco de Angström (FMA X FRA), e forte correlação positiva entre IN X FMA, onde a correlação foi de  $r = 0,96$ , e do FMA X FRA foi de  $r = 0,80$  e do IN X FRA foi de  $r = 0,79$ , sugerindo que a precipitação pluviométrica acumulada, é um elemento eficiente como fator negativo para o risco de ocorrência de queimada e de incêndio, para a área de estudo e indicando que as frequências dos graus de riscos de ocorrências de queimadas e de incêndios, ocorrem à medida que aumenta o número de dias sem precipitação, com isso a temperatura do ar aumenta e a umidade presente no ar atmosférico diminui, como nos meses menos chuvosos de junho a dezembro, onde o acumulado de precipitação pluviométrica representa 17% em relação ao total anual, com frequências de ocorrências, desde grande risco (GR) até altíssimo risco (ALR), e as medidas de prevenção são de fiscalização intensa e dobrada (FIR) e de estado de alerta permanente (EA), enquanto que, o acumulado de precipitação nos meses mais chuvosos, de janeiro a maio é de 83%, e as maiores frequências dos graus foi de nenhum risco de ocorrência de queimadas e incêndios (NR), ou seja, o risco cai drasticamente, logo nenhuma medida de prevenção (NP), na região de estudo.

E finalmente que, os modelos através de seus resultados, mostraram ser uma ferramenta no auxílio, para previsão de focos de calor para o período em estudo, e que mais estudos sobre graus de riscos de ocorrências e de prevenções de queimadas e de incêndios, sejam realizados, pois esses riscos geram diversos prejuízos ambientais, econômicos, humanos, etc.. Não devemos nos preocupar somente com a vegetação, que libera quantidades significativas de carbono para a atmosfera pela queima de biomassa vegetal, contribuindo com o aquecimento global, efeito estufa, mas também com os casebres nas baixadas e periferias dos grandes centros urbanos das cidades, que são geralmente de madeiras e com a falta de chuvas, as temperaturas aumentam e a umidade do ar diminui, logo, as madeiras secam, ficando propícias as ocorrências de queimadas e de incêndios, colocando em risco, a vida do ser humano, como muitas das vezes, são fatais, com perdas humanas e materiais.

## Referências

- Castañeda, A. 1997. Zonificación para El manejo de incêndios em plantaciones florestais em Colombia. Boletín de Protección Forestal 2, 38-46.
- Diaz, M. C. V. et al. 2002. Perdas econômicas de fogo na Amazônia Brasileira. IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia e WHRC – Woods Hole Research Center.
- Kirchoff, V. 1997. SCAR-B Proceeding. São José dos Campos: Transec Editorial, INPE.
- Lemos, C. F.; Justino, F. B.; Costa, L. C. 2012. Distribuição espacial do Índice de Haines, para Minas Gerais, por análise da média atmosférica. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável 2, 132-143.
- Nechet, D. 1993. Variabilidade diurna de precipitação em Santarém. Boletim de Geografia Teórica 23, 144 – 149.
- Nunes, J. R. S. 2005. FMA – Um novo índice de perigo de incêndio em povoamentos florestais no Estado do Paraná – Brasil. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR.
- Nunes, J. R. S.; Soares, R. V.; Batista, A. C. 2007. Ajuste da Fórmula de Monte Alegre alterada – FMA + para o estado do Paraná. Curitiba: Floresta 37, 1-14.
- Nunes, J. R. S.; Soares, R. V.; Batista, A. C. 2006. Especificação de um sistema computacional integrado de controle de incêndio florestal. Curitiba: Floresta 36, 201-211.
- Oliveira, D. S. 2002. Zoneamento de risco de incêndio em povoamento florestal no Norte de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002. AGROMETEOROLOGIA: Fundamentos e Aplicações Práticas. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba; Agropecuária.
- Santiago, T. B. 2006. A Meteorologia na prevenção de riscos de incêndios florestais. Trabalho de Conclusão de Curso, (Graduação em Meteorologia), Universidade Federal do Pará. Belém – PA.
- Sampaio, O. B. 1991. Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na Região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa – MG.
- Sampaio, O. B. 1999. Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos – SP. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná – Curitiba – PR.
- Silva, R. G. 1998. Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais. Brasília: IBAMA.

Soares, R. V. 1984. Prevenção e controle de incêndios florestais. ABEAS. Curitiba-PR.

Soares, R. V. 1985. Incêndios Florestais: controle e uso do fogo. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba-PR.

Varejão, M. A. S. 2001. Meteorologia e Climatologia. 2ª Ed. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax. Brasília-DF.

Vianello, R. L.; et al. 1991. Meteorologia Básica e Aplicações. 2ª Ed. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.