

ANÁLISE DE ONDAS DE CALOR E DE FRIO EM PASSO FUNDO/RS POR QUATRO DIFERENTES MÉTODOS

ANALYSIS OF HEAT AND COLD WAVES IN FUND STEP/RS FOR FOUR DIFFERENT METHODS

Jordanna Sousa de Melo¹

José Ivaldo Barbosa de Brito²

Resumo: A variabilidade interanual e intrasazonal de variáveis climáticas, como, por exemplo, a temperatura do ar, tem sido amplamente investigada. As ondas de calor e de frio fazem parte da grande variabilidade do clima, várias pesquisas tem sido desenvolvidas visando conhecer o que está provocando estes eventos, bem como as análises de episódios extremos. Ondas de calor e frio são tipicamente definidos como eventos que excedem durante um número mínimo de dias os limites de temperatura especificados. O objetivo deste trabalho é identificar e analisar as ondas de calor e de frio que ocorrem em Passo Fundo/RS, obtidas por quatro diferentes métodos durante o período de 1956 a 2010. Através dos dados das temperaturas máximas e mínimos diários oriundos das Estações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) realizaram-se análises, das quais foram considerados três índices, o Índice da Média Histórica Simples (ORGANIZAÇÃO METEOROLOGICA MUNDIAL), Índice Sazonal e o Índice Diário, além disso, foi empregado o software RClindex. O índice sugerido pela Organização Meteorológica Mundial apresentou um grande número de ondas de calor durante o verão e apontou apenas dois casos no inverno, isto é decorrente da metodologia associada à grande amplitude térmica observada em Passo Fundo, nenhum índice registrou ondas de frio durante o verão.

Palavras-chave: Ondas de calor. Ondas de frio. Variabilidade.

Abstract: The interannual and intrasazonal variability of climatic variables, such as air temperature, has been widely investigated. The heat and cold waves are part of the great variability of the climate, several researches have been developed aiming to know what is causing these events, as well as the analysis of extreme episodes. Heat and cold waves are typically defined as events that exceed the specified temperature limits for a minimum of days. The objective of this work is to identify and analyze the heat and cold waves that occur in Passo Fundo / RS, obtained by four different methods during the period from 1956 to 2010. Through the data of the daily maximum and minimum temperatures from the Meteorological Stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), three indexes were analyzed: the Simple Historical Average Index (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION), the Seasonal Index and the Daily Index and the RClindex software. The index suggested by the World Meteorological Organization showed a large number of heat waves during the summer and pointed out only two cases in the winter, due to the methodology associated to the great thermal amplitude observed in Passo Fundo, no index registered cold waves during the summer .

Keywords: Heat waves. Cold waves. Variability.

¹ Mestre em Meteorologia pela UFCG, Graduada em Engenharia de Biossistemas pela UFCG, E-mail: jordanna-mello@hotmail.com.

² Doutor, professor da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, UACA/UFCG, Campina Grande - PB, Brasil. E-mail: ivaldo@dca.ufcg.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

De modo geral, o clima é um dos fatores fundamentais para a existência da vida e o desenvolvimento de várias atividades humanas. O clima passa consecutivamente por mudanças até certo ponto severas, do qual se torna motivo de múltiplos estudos visando à mitigação dos efeitos causados de forma direta ou indireta, que por sua vez prejudicam as distintas formas de vida na superfície da terrestre.

De acordo com a definição do IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change – (IPCC, 2014), a alteração climática incide numa mudança estatisticamente significativa da média e/ou da variabilidade dos que determinam o clima e que perdura por longos períodos, em ordem de décadas ou mais, sem uma identificação específica da causa dessa variação. Através desta definição, a alteração climática poderá vir de causas naturais e antropogênicas (derivados de atividades humanas) ou ser decorrente dos dois (SANTOS e MIRANDA, 2006).

Sena e Lucena (2013) descreveram que o estudo do clima a sua variabilidade, tendências, seus impactos e os eventos extremos apresentam sua devida importância no cotidiano da humanidade como um todo. Por esse motivo, tem sido objetivo de vários estudos que visam diminuir as consequências sobre as diferentes formas de vida.

Neste contexto, a variabilidade interanual e intrasazonal de variáveis climáticas, como, por exemplo, a temperatura do ar, tem sido amplamente investigada (PETERSON et al., 2013). A propósito, as ondas de calor e de frio fazem parte da grande variabilidade do clima, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando conhecer o que está provocando estes eventos, bem como as análises de episódios extremos (BALDI et al., 2006).

De acordo com Kostopoulo e Jones (2005) os eventos de ondas de calor ou de frio causam perdas humanas e econômicas, que geralmente são noticiados nos jornais escritos e televisionados, e tem despertado o interesse

pelo assunto da sociedade em geral, além da comunidade científica que cada vez mais trabalha na investigação de tais fenômenos.

Conforme Peterson et al. (2013), ondas de calor e frios são tipicamente definidos como eventos que excedem, durante um número mínimo de dias, os limites de temperatura especificados. A escolha destes limites pode ser por estimativa estatística ou por número absoluto, sendo neste último, a escolha é função da posição geográfica e do setor. A análise robusta de ondas de calor e frio ao longo do tempo requer dados diários de temperaturas mínimas e máximas a partir de estações, com registros de dados no tempo, além de boa qualidade, integridade e homogeneidade temporal. Carvalho e Rocha (2010) descreveram que para a Organização Mundial de Meteorologia ondas de calor e de frio, são períodos com dias em que prevalece calor ou frio excessivo, ou seja, temperatura do ar superior a temperatura máxima média anual mais 5°C (onda de calor) ou inferior a temperatura mínima menos 5°C, com uma duração equivalente a seis ou mais dias consecutivos.

No caso específico do Brasil, principalmente da Região Sul, e em particular, o Rio Grande do Sul o estudo climatológico das ondas de calor e de frio pode ser extremamente relevante. Uma vez que no Estado a economia depende em partes da agricultura e da pecuária, das quais necessitam de condições climáticas adequadas para o seu desenvolvimento (FIRPO et al., 2012).

Neste contexto o objetivo deste trabalho é identificar e analisar as ondas de calor e de frio que ocorrem em Passo Fundo/RS, obtidas por quatro diferentes procedimentos durante o período de 1956 a 2010. Espera-se também relacionar fisicamente os períodos de ondas de calor e frio encontradas com cada um dos métodos.

2. METODOLOGIA

O Estado do Rio Grande do Sul está localizado no extremo sul do Brasil e apresenta os seguintes limites geográficos: Santa Catarina ao norte; Oceano Atlântico ao leste; Uruguai ao sul e Argentina ao oeste. A área em estudo é o

município de Passo Fundo que está localizado no interior do estado do Rio Grande do Sul do qual abrange uma área de 783,421 km², com 28° 15' 46" de latitude e 52° 24' 24" de longitude. Esta área apresenta um clima temperado com característica subtropical úmido com chuvas bem distribuídas durante o ano.

São utilizados dados diários de temperaturas máximas e mínimas, oriundos das Estações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados utilizados foram manipulados através de planilha eletrônica do Microsoft Excel 2007, dos quais permitiu a elaboração de tabelas e gráficos.

Através dos dados das temperaturas máximas e mínimas diárias realizaram-se análises, das quais foram considerados os subsequentes índices:

- MÉDIA HISTÓRICA SIMPLES (OMM) - foi realizado o cálculo da média diária geral das temperaturas máximas e mínimas separadamente para o período de referência que vai de dezembro/1955 a novembro/2010. Em seguida, adicionou 5°C para a média das máximas e foi verificado quando ocorreram cinco dias consecutivos ou mais com valores acima da média adicionada com os 5°C para obter as ondas de calor e subtraiu 5°C da média das mínimas para obter as ondas de frio,
- ÍNDICE SAZONAL (IS) - para o estabelecimento deste índice foi calculada a média geral das máximas e das mínimas no período histórico de dezembro/1955 a novembro/2010 para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão); março, abril e maio (outono); junho, julho e agosto (inverno) e setembro, outubro e novembro (primavera). Para se obter as ondas de calor, foi acrescentado 5°C a essa média máximas de cada estação do ano para identificar as ondas de calor. Para as ondas de frio, foi acrescentado -5°C às médias mínimas de cada estação;
- ÍNDICE DIÁRIO (ID) – foram calculadas as médias diárias para o período de 1956 a 2010, a cada valor médio diário foi acrescentado 5°C as temperaturas máximas e acrescentou -5°C as temperaturas mínimas.

De 01/12/1955 a 30/11/2010 são 20.089 dias, deste total ocorreram falta de dados das temperaturas máximas ou mínimas ou ambas em 369 dias. Portanto, foram feitas as médias das temperaturas máxima e mínima a partir dos 19.720 valores diários. Foram somados os valores diários de temperatura e dividido por 19.720. Para as temperaturas máximas a média foi de 23,6°C e o desvio padrão 5,5°C, enquanto, para as mínimas a média foi de 13,2°C e desvio padrão 4,6°C. Um período é considerado de onda de calor quando a temperatura máxima diária é superior a 28,6°C por no mínimo seis dias consecutivos. Um período é considerado de onda de frios quando a temperatura mínima diária é inferior a 8,2°C por no mínimo seis dias consecutivos.

Para o IS foram separados os dias de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), totalizando 4.964 dias, destes, em 78 estava faltando os dados das temperaturas máximas, mínimas ou ambas. Entretanto, como no outono além destes 78 dias ainda tinha mais 40 dias com dados faltosos, foram excluídos os 118 dias. Portanto, calculou-se a média aritmética e o desvio padrão dos 4.846 dias. Somando os 4.846 valores de temperatura máxima e dividindo por 4.846 e repedindo o mesmo procedimento para temperatura mínima, obtendo 28,08°C, para média das máximas, e de 17,17°C, para média das mínimas, e os seus desvio padrão foram 3,11°C e 2,38°C, respectivamente. Seguiu-se o mesmo procedimento para o outono (março, abril e maio), dos 5.060 dias, em 118 estava faltando dados, restando 4.942 dias com informações completas. A partir destes valores foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas e seus respectivos desvios padrões. Obtendo média das máximas 23,7°C e das mínimas 13,5°C e desvios padrões de 4,6°C e 4,0°C, respectivamente. A mesma metodologia foi adotada para o inverno (junho, julho e agosto) e obteve-se média das máximas de 19,0°C, das mínimas 9,3°C e desvios padrões de 4,9°C, para as máximas, e 4,4°C para as mínimas. Para a primavera (setembro, outubro e novembro) usou-se o mesmo método e foram estimadas as seguintes médias: 23,8°C para máxima e 13,0°C para mínima, e os desvios padrões de 4,7°C máxima e 3,7°C mínima.

Por fim foram calculadas as médias das temperaturas máximas e mínimas para cada dia do ano de primeiro de janeiro a 31 de dezembro e seus respectivos desvios padrões. Por exemplo, para média da temperatura máxima do dia primeiro de janeiro foi feita soma os valores do dia primeiro de janeiro de 1956, do primeiro de janeiro de 1957, do primeiro de janeiro de 1958, e assim sucessivamente até do dia primeiro de janeiro de 2010, dois anos estavam faltando dados, no dia primeiro de janeiro, e foram excluídos, portanto, foi feita a soma dos 53 valores e dividido por 53 e obteve a média para temperatura máxima do dia primeiro de janeiro, cujo valor foi 27,9°C. Procedimentos semelhantes foram feitos para os demais dias do ano, a temperatura média máxima do dia dois de janeiro é 28,1°C, e do dia 31 de dezembro é 28,3°C, com um desvio padrão de 3,3°C. A mesma metodologia foi usada para as estimativas da média das temperaturas mínimas.

Além das análises de ondas de calor e frio utilizando os índices IOMM, IS e ID também serão analisados as ondas de calor e frio usando o software RClimdex, que estima a quantidade de dias no ano sobre o domínio de ondas de calor e de frio.

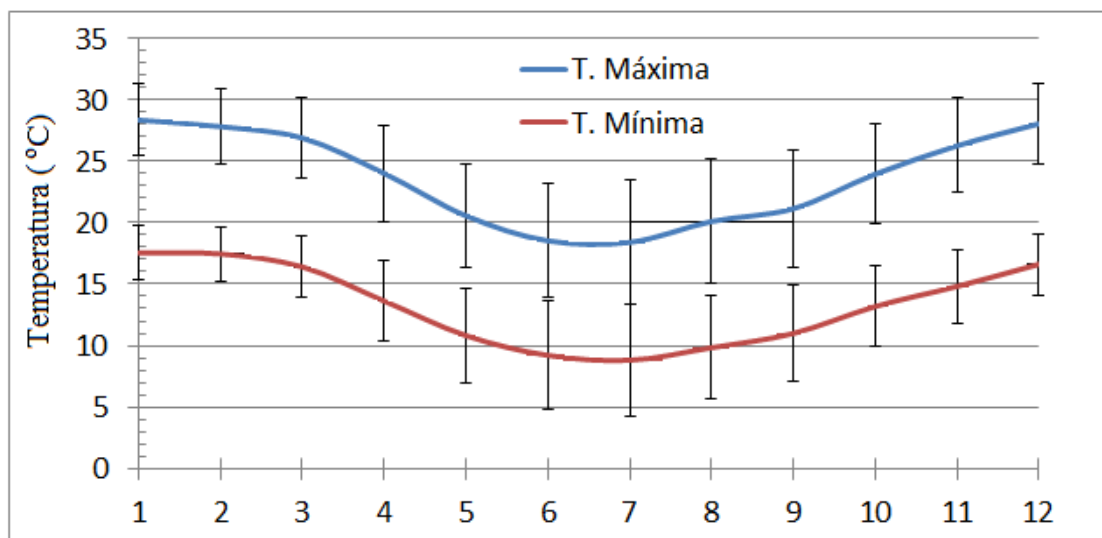
Para estabelecer o índice do RClimdex o número de dias de ondas de calor no ano é contabilizado pela contagem de dias com pelos menos seis dias consecutivos com temperatura máxima superior ao percentil 90 das temperaturas máximas diárias da estação meteorológica duração todo período analisado, tendo como unidade dias/ano. Enquanto, que o número de dias de ondas de frio no ano é contabilizado pela contagem de dias com pelos menos seis dias consecutivos com temperatura mínima inferior ao percentil 10 das temperaturas mínimas diárias da estação meteorológica duração todo período analisado, tendo como unidade dias/ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os valores médios climatológicos mensais de janeiro a dezembro das temperaturas máximas e mínimas de Passo Fundo. Observa-se que em dezembro e janeiro a média da máxima é superior a 28,0°C, e de junho

a agosto é inferior a 20°C, a média anual é de 23,6°C. Por outro lado, as médias da temperatura mínima de junho a agosto (inverno) é inferior a 10,0°C e em janeiro e fevereiro é superior a 17,0°C, enquanto a média anual da temperatura mínima é de 13,2°C.

Figura 1 - Temperaturas máxima e mínima média diária mensal (dezembro/1955 a novembro/2010) de Passo Fundo. Os valores de 1 a 12 são os meses de janeiro a dezembro, respectivamente. A barra na vertical é um intervalo de ± 1 desvio padrão em torno do valor médio.



Ressalta-se que as configurações da marcha anual das temperaturas máximas e mínimas são o ponto de partida para as análises das ondas de calor e de frio observadas em Passo Fundo no período de dezembro de 1955 a novembro de 2010.

3.1. Análise de Ondas de Calor

A Tabela 1 mostra o número total de ondas de calor no período de dezembro de 1955 a novembro de 2010 para cada estação do ano e anual e por método. Verifica-se que utilizando o índice da Organização Meteorológica Mundial para as ondas de calor (IOMMC) o maior número de ondas de calor é registrado durante o verão, seguido do outono e por último, como apenas dois eventos o inverno. Enquanto, usando o índice Diário para as ondas de calor (IDC) o número maior de ondas de calor ocorreu no inverno, seguido pela

primavera, e usando o Índice Sazonal para as ondas de calor (ISC) o maior número foi registrado no outono, seguido do inverno. Ainda é observado que na primavera quase não há diferença no número de ondas de calor usando qualquer um dos índices. Por outro lado, no total anual o IOMMC apresentou um número bem superior aos demais, sendo que o IDC foi que o apresentou o menor número. Kogima (2015) faz um estudo para o Paraná também observou um maior número de ondas de calor usando o método da OMM, enquanto o IDC apresentou um número inferior a 50% do total do IOMMC.

O grande número de ondas de calor observado no verão usando o IOMMC é decorrente da grande amplitude térmica de Passo Fundo, pois temperatura máxima média climatológica anual é de 23,6°C, e a média climatológica de janeiro e fevereiro é superior a 28,0°C, ou seja, a média destes dois meses é quase igual a temperatura limite de ondas de calor pelo critério IOMMC, uma vez que $23,6^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ é igual a 28,6°C.

Tabela 1 - Número de onda de calor por método e estação do Ano para o período de dezembro de 1955 a novembro de 2010.

Método	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
IDC	4	11	45	23	83
ISC	5	43	37	24	109
IOMMC	159	38	2	25	224

A Tabela 2 apresenta o número de ondas de calor médio climatológico para cada estação do ano e anual e por método. Ressalta-se que os valores da Tabela 2 foram obtidos pela divisão dos valores da Tabela 1 pelo o número total de anos com dados. Evidentemente, que os valores da Tabela 2 seguem os da Tabela 1. Portanto, a estação do ano de maior ocorrência de ondas de calor com base no critério índice diário (IDC) é o inverno, já para o índice da OMM (IOMMC) é o verão. Para o índice sazonal (ISC) o outono. O período no qual todos os métodos apresentaram valores médios climatológicos semelhantes é a primavera (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de onda de calor médio climatológico por estação do ano e anual e por método.

Método	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
ID	0,08	0,22	0,88	0,44	1,63
IS	0,10	0,84	0,73	0,46	2,14
IOMMC	3,06	0,75	0,04	0,48	4,39

3.1.1. Variabilidade Interanual de Ondas de Calor

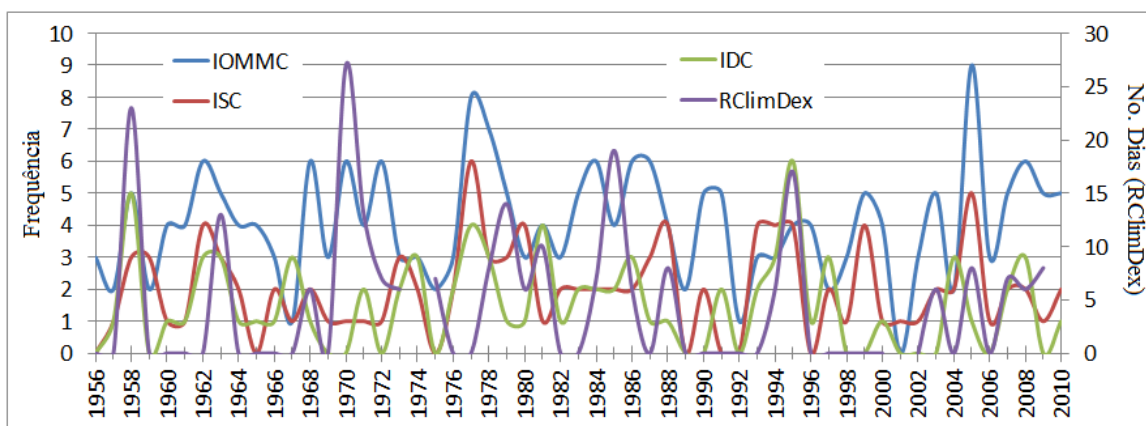
A variabilidade interanual se refere à variação do número de ondas de calor de um ano para outro, por exemplo, pelo método da OMM (IOMMC) verificou-se três ondas de calor em 1956, duas em 1957, cinco em 1958, seis em 1962, uma em 1967, oito em 1967, uma em 1992, nenhuma em 2001 e nove em 2005. Nesta subseção é realizada uma análise da variabilidade ano a ano e por método.

A Figura 2 mostra a variabilidade interanual total anual de ondas de calor de acordo com os critérios utilizados. Ressalta-se que IOMMC, ISC e IDC são medidos em frequência (número de ondas de calor por ano) e o RClindex em número de dias. Observa-se que nem sempre os picos de máximos são coincidentes, o que indica que a variabilidade interanual do número total anual de ondas de calor está condicionada ao critério utilizado para determinar ondas de calor. Entretanto, em alguns anos específicos há coincidência, que é um indicativo de que fenômenos de grande escala podem ter influência sobre as ondas de calor no Rio Grande do Sul. Resultados semelhantes foram obtidos por Kogima (2015) para o Paraná.

Ainda observando a Figura 2 verifica-se que os métodos da OMM (IOMMC) e RClindex apresentam valores semelhantes, porém os índices IDC e ISC apresentam valores distintos. O IOMMC apresenta um número maior de ondas de calor, destacaram-se os anos de 1977, 1978 e 2005. Para o IDC os anos em que houve os maiores números de ocorrência de ondas de calor foram os anos de 1958 e 1995. Já para o ISC os maiores números de ondas de calor foram os anos de 1977 e 2005, tais anos também foram picos no índice

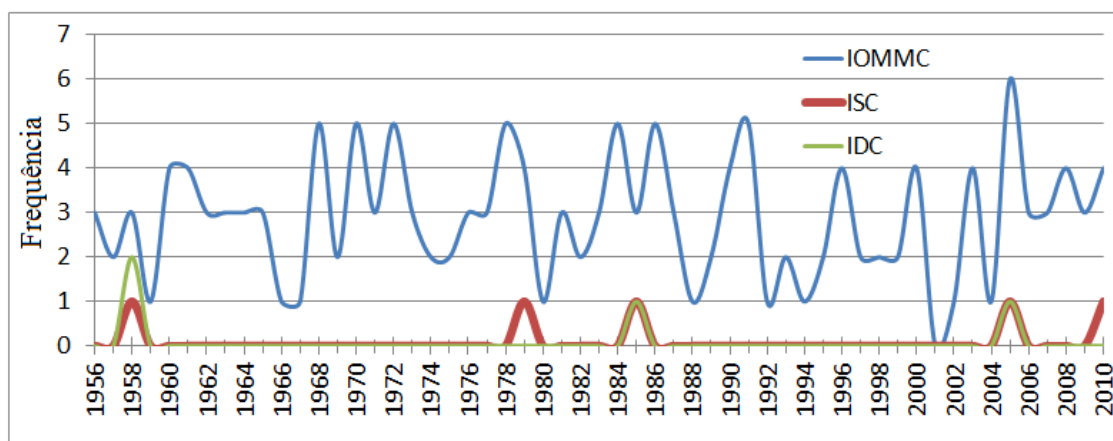
IOMMC. Para o índice RClindex foram verificados vários anos com picos de número de dias com ondas de calor, com destaque para 1958, 1962, 1970, 1971, 1979, 1981, 1985 e 1995.

Figura 2 - Variabilidade interanual do total anual de ondas de calor por quatro diferentes métodos.



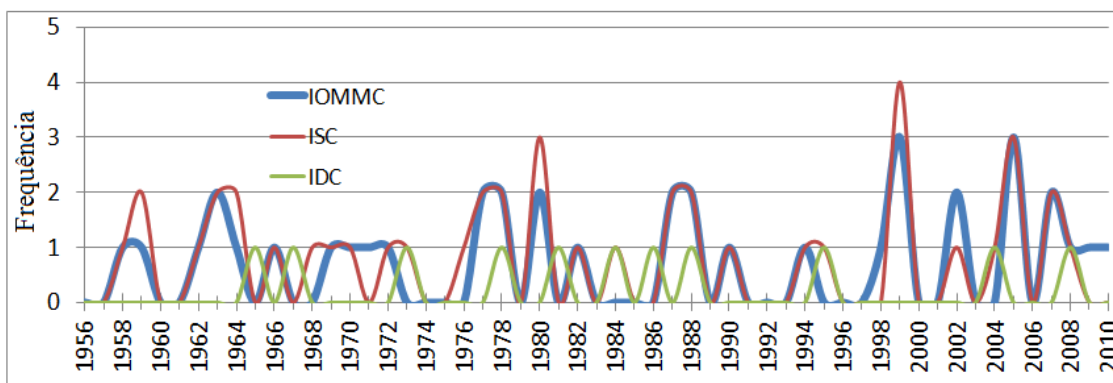
As Figuras 3,4, 5 e 6 mostram as variabilidades interanuais de ondas de calor durante o verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Observa-se que durante o verão praticamente é verificado ondas de calor quando se usa o método da IOMMC, para os índices ISC e IDC ocorreram ondas de calor apenas de 1958, 1985 e 2005, para o ISC ainda observa-se uma ocorrência nos anos de 1979 e 2010. Como o IOMMC não se verifica ondas apenas no ano de 2001, enquanto em 2005 ocorre o pico com seis.

Figura 3 - Variabilidade interanual do número de ondas de calor durante o verão usando três diferentes métodos.



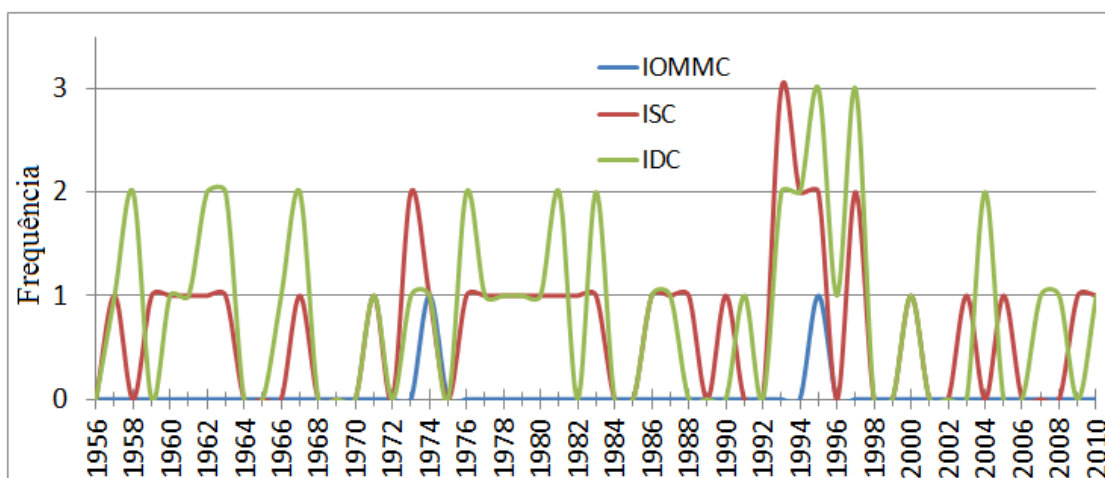
Para o outono (Figura 4) nota-se que a variabilidade interanual entre os três critérios utilizados é relativamente semelhante, as exceções em geral ocorrem nos anos com apenas um evento. O maior número de evento ocorreu em 1999, enquanto em vários anos não foi verificada nenhuma ocorrência.

Figura 4 - Variabilidade interanual do número de ondas de calor durante o outono usando três diferentes métodos.



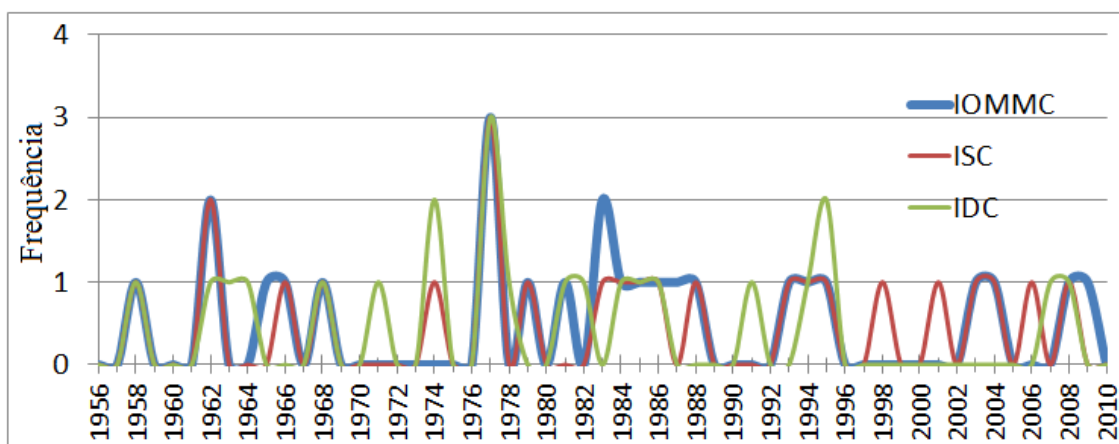
Os três métodos apresentaram variabilidade interanual durante o inverno bastante diferente como pode ser observado na Figura 5. Usando o IOMMC observa-se apenas dois eventos um em 1974 e o outro 1995. Enquanto, o ISC e IDC mostram grande variabilidade interanual com pico de três ocorrências em 1993 para o ISC e em 1995 e 1997 para IDC.

Figura 5 - Variabilidade interanual do número de ondas de calor durante o inverno usando três diferentes métodos.



Finalmente, durante a primavera a variabilidade interanual entre os três métodos é mais semelhante em comparação com as demais estações com pode ser verificado na Figura 6 (em comparação com as Figura 3, 4 e 5). Em 1979 foi observado o pico no número de ondas de calor durante a primavera com três ocorrências, e este pico foi mostrado pelos três critérios (Figura 6).

Figura 6 - Variabilidade interanual do número de ondas de calor durante a primavera usando três diferentes métodos.



3.2. Análise de Ondas de Frio

A Tabela 3 mostra o número total de ondas de frio no período de dezembro de 1955 a novembro de 2010 para cada estação do ano e anual e por método. Verifica-se que utilizando o índice da Organização meteorológica Mundial para ondas de Frio (IOMMF) o maior número de ondas de frio é verificado durante o inverno, seguido do outono e por último, apresentando nenhum evento o verão. Utilizando o Índice Diário para ondas de Frio (IDF) o número maior de ondas de frio ocorreu também no inverno, seguido pelo outono, e usando o Índice Sazonal para ondas de Frio (ISF) o maior número foi registrado no outono, seguido do inverno. Independente do critério utilizado as ondas de frio foram detectadas nas épocas mais frias do ano. No total anual o IOMMF apresentou um número bem superior aos demais, sendo que o IDF foi que o apresentou o menor número.

Tabela 3 - Número de onda de frio por método e estação do Ano para o período de dezembro de 1955 a novembro de 2010.

Método	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
IDF	0	10	16	1	27
ISF	0	31	19	13	63
IOMMF	0	29	138	20	187

A Tabela 4 apresenta o número de ondas de frio médio climatológico para cada estação do ano, anual e por método. Claramente, os valores seguem os visualizados na Tabela 3. Deste modo, a estação do ano que apresentam a maior ocorrência de ondas de frio de acordo com o critério índice diário (IDF) é o inverno e o outono que apresentam o mesmo valor, já para o índice da OMM (IOMMF) é o inverno e o índice sazonal (ISF) o outono. O período no qual todos os métodos apresentaram valores médios climatológicos semelhantes é o verão. (Tabela 4).

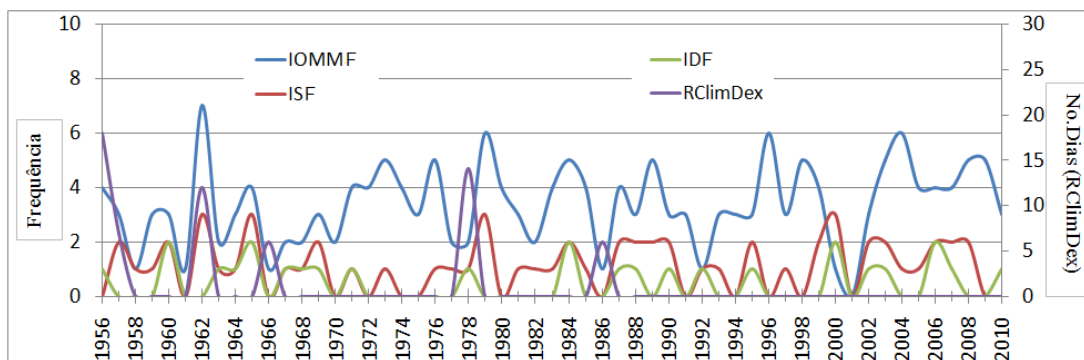
Tabela 4 - Número de onda de frio médio climatológico por método e estação do Ano.

Método	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
IDF	0,00	0,20	0,31	0,02	0,52
ISF	0,00	0,61	0,37	0,25	1,53
IOMMF	0,00	0,57	2,71	0,38	3,65

3.2.1. Variabilidade Interanual de Ondas de Frio

A Figura 7 expõe a variabilidade interanual total anual de ondas de frio de acordo com o critério empregado. Observa-se que os picos de máximos nem sempre coincidem, o que indica que a variabilidade interanual do número total anual de ondas de frio está dependente do critério utilizado para determinar ondas de frio. Contudo, em alguns anos específicos há coincidência, o que é referente de que fenômenos de grande escala podem ter influência sobre as ondas de frio no Rio Grande do Sul.

Figura 7 - Variabilidade interanual do total anual de ondas de frio por quatro diferentes métodos.



Pode-se observar que os métodos IDF e ISF apresentam valores semelhantes, porém os índice IOMMF e RClindex apresentam poucos valores próximos. O IOMMF apresenta um número maior de ondas de frio, destacando-se os anos de 1962, 1979, 1996 e 2004. Para o IDF os anos em que houve os maiores números de ocorrência de ondas de frio foram os anos de 1960, 1984 e 2006. Já para o ISF os maiores números de ondas de frio foram os anos de 1962, 1965 1979 e 2000. Para o índice RClindex foi verificado vários anos com picos de número de dias com ondas de frio, com destaque para 1956, 1962 e 1978. O ano de 1962 coincide com um pico do IOMMF.

As Figuras 8, 9 e 10 mostram as variabilidades interanuais de ondas de frio durante o outono, inverno e primavera, respectivamente. Não está representada na figura as ondas de frio no verão porque não foi verificada nenhuma onda nessa estação.

Na Figura 8 observa-se que durante o outono a variabilidade interanual entre os três critérios utilizados é relativamente semelhante. Os maiores números de eventos ocorreram em 1965 e 1995 simultaneamente para os índices IOMMF e ISF.

Usando o IOMMF observa-se grande variabilidade interanual com pico de cinco ocorrências em 1984, 1996, 1998, 2004 e 2009 durante o inverno. Enquanto, o ISF e IDF mostram pequena variabilidade interanual (Figura 9).

Por fim, durante a primavera (Figura 10) a variabilidade interanual entre os três métodos é mais próxima se comparado com as demais estações

(Figuras 8, 9 e 10). Em 1979 e 2008 foi observado o picos no número de ondas de frio durante a primavera, e estes picos foram mostrado por dois critérios o IOMMF e o ISF.

Figura 8 - Variabilidade interanual do número de ondas de frio durante o outono usando três diferentes métodos.

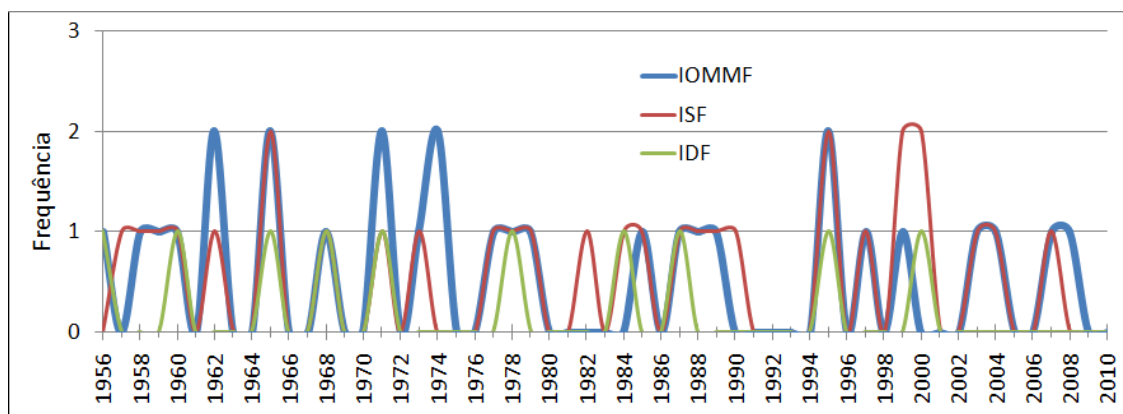


Figura 9 - Variabilidade interanual do número de ondas de frio durante o inverno usando três diferentes métodos.

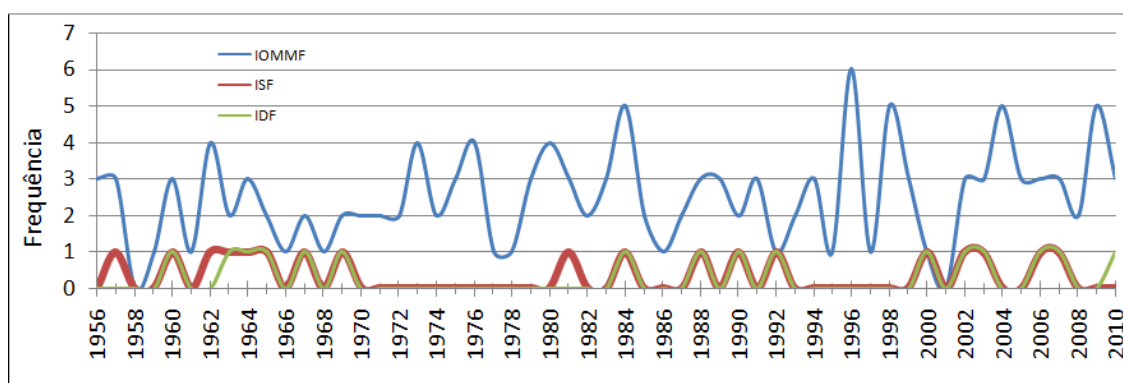
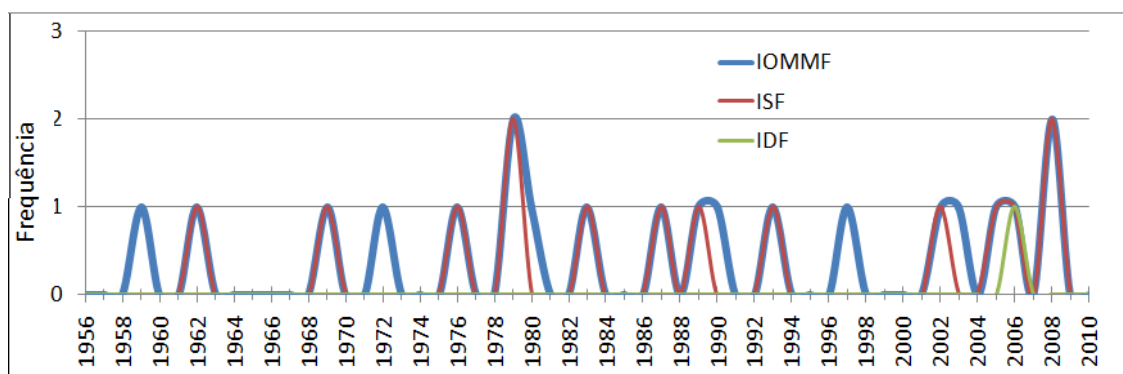


Figura 10 - Variabilidade interanual do número de ondas de frio durante a primavera usando três diferentes métodos.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O índice sugerido pela OMM apresentou um grande número de ondas de calor durante o verão e apontou apenas dois casos no inverno. Isto é decorrente da metodologia associada à grande amplitude térmica observada em Passo Fundo, uma vez que a temperatura média climatológica do verão é quase igual à temperatura limite para caracterizar onda de calor. Portanto, para localidades com grande amplitude térmica anual, invernos frios e verões quentes este índice tende a superestimar o número de ondas de calor no verão e subestimar no inverno. Por outro lado, os índices diário e sazonal tendem a superestimar no inverno e subestimar no verão.

Nenhum índice registrou ondas de frio durante o verão em Passo Fundo. O índice recomendado pela OMM superestimou o número de ondas de frio no inverno em comparação com os índices sazonal e diário. Isto é decorrente da metodologia utilizando pelo índice da OMM associada com a diferença entre as temperaturas mínimas do verão e do inverno que é superior a 8,0°C. Por outro lado, o índice diário subestimou no número de ondas de frio no outono, inverno e primavera, possivelmente este não é um índice indicado para monitoramento de ondas de frio em Passo Fundo.

Ressalta-se que os IS e, principalmente, ID suavizam bastante o número de ondas de calor e de frios, pois eles elevam os limites das temperaturas máximas no verão para a classificação de ondas de calor e baixam os limites das temperaturas mínimas no inverno para categorização de ondas de calor. Portanto, o índice da OMM foi o que melhor determinou as ondas de calor e frio em Passo Fundo.

REFERÊNCIAS

BALDI, M.; DALU, G.; MARACCHI, G.; PASQUI, M.; CESARONE, F. **Heat waves in the mediterranean: a local feature or a larger-scale effect?**. *International Journal of Climatology*. **26**: 1477–1487, 2006.

CARVALHO, M. J.; ROCHA, A. **Alterações Climáticas no regime de ondas de calor e frio simulado para Portugal, São Tomé e Cabo Verde.** IN: Workshop Clima e Recursos Naturais 2010 nos Países de Língua Portuguesa. 2, 2010, Bragança. Portugal. Anais ... Bragança, 2010, p. 53 - 60.

FIRPO, M. Â. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. **Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no rio grande do sul associadas ao ENOS.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.27, n.1, 95 - 106, 2012.

KOGIMA, K. C.. **Análise de índices para a identificação de anomalias de calor em séries de dados meteorológicos.** (62 páginas). Trabalho de Conclusão de curso em Geografia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acessado em 07/06/2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=fenomenos_aversos.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2014. **Synthesis Report Summary for Policymakers.** 2014. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2016.

KOSTOPOULO, E., JONES, P. D. Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. Meteorology and Atmospheric Physics, v. 89, p. 69-85, 2005.

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.3, n.3, setembro de 2018.

PETERSON, T. C.; JUNIOR, R. R. H.; HIRSCH, R.; KAISER, D. P.; BROOKS, H.; DIFFENBAUGH, N. S.; DOLE, R. M.; GIOVANNETTONE, J. P.; GUIRGUIS, K.; KARL, T. R.; KATZ, R. W.; KUNKEL, KENNETH.; LETT ENMAIER, D.; MCCABE, G. J.; PACIOREK, C. J.; RYBERG, K. R.; SCHUBERT, S.; SILVA, V. B. S.; STEWART, B. C.; VECCHIA, A. V.; VILLARINI, G.; VOSE, R. S.; WALSH, J.; WEHNER, M.; WOLOCK, D.; WOLTER, K.; WOODHOUSE, C. A.; WUEBBLES, D.. **Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods, and droughts in the United States.** American Meteorological Society, 2013.

SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B.. **Identificação de tendência da precipitação na microrregião do cariri paraibano.** Revista Brasileira de Geografia Física v.6, n.5 ISSN:1984-2295. 1400-1416, 2013.

SANTOS, F. D., MIRANDA, P.. **Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de adaptação** – Projeto SIAM II, Gradiva – Publicações, Lisboa, 2006.

Enviado em: 15 mai. 2017

Aceito em: 14 dez. 2017

Editor responsável: Mateus das Neves Gomes