

## ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE CHUVAS NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA

**José Geraldo Ferreira da Silva**<sup>126</sup>

CarollineTressmann Cairo<sup>127</sup>

Bruce Francisco Pontes da Silva<sup>128</sup>

Hugo Ely dos Anjos Ramos<sup>129</sup>

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa foi investigar se as mudanças climáticas estão se manifestando no tocante ao aumento e/ou intensificação ou não dos eventos de chuva observados no município de Vila Velha/ES. Para isto, foram analisados dados de chuva da estação pluviométrica do município, desde 1970 até 2008 (exceto 1971). Estes 38 anos foram divididos em duas partes iguais, seguindo-se a ordem cronológica, as quais foram submetidas a uma análise de frequência mensal e anual. O total de eventos diários de precipitação do período de 1970-1989 foi superior àquele de 1990-2008, significando que houve uma redução das frequências mensais e anual de eventos diários de chuva, mas um aumento relativo das chuvas de grande quantidade, destacando-se março e novembro, com maior quantidade de eventos diários de chuva >30 mm.

**Palavras-Chave:** Frequência. Precipitação. Vila Velha.

**Abstract:** The objective of this research was to investigate whether climate change is manifesting regarding the increase and/or enhancement or not of precipitation events observed in Vila Velha/ES. For that, was analyzed Vila Velha's pluviometric station data, from 1970 to 2008 (except 1971). These 38 years were divided into two chronologically equal parts, which were submitted to a monthly and annual frequency analysis. The total rainfall for 1970-1989 was greater than in 1990-2008 period, meaning that there was a reduction of monthly and annual frequency of precipitation daily events, but a relative increase of large volume precipitation, especially in March and November, with highest rainfall daily events >30 mm.

**Keywords:** Frequency. Precipitation. Vila Velha.

## INTRODUÇÃO

Ameaças à produção de alimentos e aumento do risco de enchentes devastadoras em algumas regiões do planeta, por causa dos eventos extremos de chuva; a poluição das reservas costeiras de água potável pela elevação do nível dos oceanos, decorrente do derretimento das geleiras; o avanço de pestes e doenças, antes limitadas às regiões tropicais, para latitudes mais altas; o aumento na intensidade e/ou frequência de secas severas, assim como das ondas de calor e de

<sup>126</sup>

**D.Sc. Engenheiro Agrícola, Incaper, Professor FACEVV**

<sup>127</sup>

Graduanda Engenharia Ambiental Faesa

<sup>128</sup>

M.Sc. em Meteorologia, Incaper

<sup>129</sup>

Bacharel Meteorologia, Incaper

frio, resultando em invernos/verões atípicos. Estes são alguns dos prováveis efeitos causados pelas mudanças climáticas que a Terra vem sofrendo, de acordo com estudos sérios realizados por vários cientistas nas últimas décadas<sup>130</sup>.

Essas mudanças climáticas podem ser descritas como uma alteração significativa e persistente da distribuição estatística dos padrões de tempo observados ao longo de amplos períodos, que podem ir de décadas a milhões de anos. Uma mudança desse tipo é tida como uma anomalia em torno do comportamento médio das condições de tempo ou, mais diretamente, uma alteração nas condições médias do tempo (clima)<sup>131</sup>.

Pesquisadores renomados apontam diversas evidências físicas que atestam a condição atual de mudança do clima. Essas indicações podem ser encontradas através da análise dos “anéis de árvores”, que mostram as variações do padrão de seu crescimento ao indicarem períodos mais ou menos secos/chuvosos e diferenças de temperatura ao longo do tempo<sup>132</sup>.

Outros traços que podem indicar a suposta fase de mudança atual do clima são os fósseis de animais, uma vez que os mesmos possuem diferentes comportamentos relacionados às condições climáticas, podendo levá-los até mesmo à extinção. Além disso, pode-se citar o estudo da distribuição do pólen no planeta, que infere as mudanças climáticas pela localização do mesmo ao longo do tempo<sup>133</sup>, o derretimento de geleiras, a estimativa da mudança do nível dos mares<sup>134</sup>, a

<sup>130</sup> IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2007. ISBN 92-9169-122-4. MCKIBBEN, 2011

MCKIBBEN, B. **No links of Joplin tornadoes to climate change**. Washington, 2011. Disponível em:

<[http://www.washingtonpost.com/opinions/a-link-between-climate-change-and-joplintornadoes-never/2011/05/23/AFrVC49G\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/opinions/a-link-between-climate-change-and-joplintornadoes-never/2011/05/23/AFrVC49G_story.html)>. Acesso em: 15 junho 2012.

<sup>131</sup> IPCC. IPCC Third Assessment Report. **Climate Change 2001: Synthesis Report**. Summary for Policymakers. 2001. Disponível em: <[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/)>. Acesso em: 10 junho 2012.

<sup>132</sup> FRITTS, H. C. **Tree-rings and climate**. London, Academic Press, 1976. 567p.

<sup>133</sup> HUNTLEY, B. **How Plants Respond to Climate Change: Migration Rates, Individualism and the Consequences for Plant Communities** Ann Bot. p 15-22, 1991.

<sup>134</sup> BINDOFF, N.L. et al. Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, pp. 385-432, 2007. ISBN 0521705967

modificação da vegetação ao longo dos anos<sup>135</sup> e, apesar de mais recentes, a própria distribuição e intensidade da precipitação e da temperatura<sup>136</sup>.

No Brasil, as regiões Norte e Nordeste parecem ser as mais suscetíveis às mudanças climáticas, apresentando aumento da temperatura<sup>137</sup>. Estas regiões, no entanto, parecem não sofrer, no clima atual, alterações em seus respectivos regimes de precipitação anual, mas sim uma variabilidade de anos consecutivos mais secos, intercalados com seqüências de anos mais chuvosos<sup>138</sup>. Já a região Sul do Brasil parece ter vivido uma tendência positiva em relação às chuvas.

A região Sudeste do Brasil, aparentemente, não tem presenciado mudanças significativas no regime de precipitação nas últimas cinco décadas, pelo menos<sup>139</sup>. Entretanto, esta região apresentou tendências positivas em relação à ocorrência de eventos extremos de chuva, isto é, um aumento na frequência e intensidade de fortes precipitações. E este aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos de chuva também se verifica no Espírito Santo<sup>140</sup>, sendo que o município de Vila Velha é um exemplo bem marcante neste contexto.

Vila Velha se encontra na latitude sul de 20º 20' 12" e na longitude oeste 40º 17' 28". Esse município da região metropolitana de Vitória, capital do Estado possui área territorial de 211 Km<sup>2</sup>, população de aproximadamente 400 mil habitantes e relevo plano, estando a apenas 4 metros acima do nível médio do mar. Seu clima pode ser descrito como tropical litorâneo, com chuvas abundantes entre a primavera

<sup>135</sup> CRAMER, W. et al. Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO<sub>2</sub> and climate change: results from six dynamic global vegetation models. **Global Change Biology**, 7, 357–373, 2001.

<sup>136</sup> NOBRE, C.A. et al. **Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas**: região metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo, 2010.

<sup>137</sup> FIORAVANTI, C. Um Brasil mais quente. **Revista Pesquisa Fapesp** Nº 130. 30-34, 2006.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, Edição nº 8, Mudanças Climáticas, maio 2007.

AMBRIZZI, T. et al. "2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais". Relatório 3, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade - Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade – Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro 2007.

<sup>138</sup> AGUILAR, E. et al. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. **Journal of Geophysical Research**, vol. 110, 2005.

GRIMM, A. M.; NATORI, A.A. Climate change and interannual variability of precipitation in South America. **Geophysical Research Letters**, 2006.

<sup>139</sup> CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

p. 182.

<sup>140</sup> DEFESA CIVIL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Histórico de desastres do Estado do Espírito Santo 2000-2009**. ES, 2010. Disponível em <[http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico\\_de\\_desastres.pdf](http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico_de_desastres.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2012.

e o verão <sup>141</sup>. A combinação entre altitude baixa, chuva volumosa, maré alta e a presença de rios e córregos leva a cidade a enfrentar alagamentos e conseqüentes deslizamentos de terra ano após ano <sup>142</sup>, mesmo quando a chuva não é tão intensa<sup>143</sup>.

Tendo em vista os problemas citados e seu impacto direto na qualidade de vida da população vila-velhense, o presente estudo procurou verificar se as tão comentadas mudanças climáticas estão, de fato, se fazendo presentes em relação ao aumento e intensificação dos episódios de chuva na cidade.

## METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada estação pluviométrica de Ponta da Fruta, localizada no município de Vila Velha, no Estado do Espírito Santo, sendo que a mesma pertence à Agência Nacional das Águas (ANA). A estação tem código de identificação 2040022, se encontra na latitude -20°30'56,16 e longitude -40°21'48,96, e possui série histórica de 42 anos, no caso de 1970 a 2011. Para o presente estudo foi considerado apenas o intervalo da série de 1970 a 2008 (39 anos).

Primeiramente, os dados foram consistidos e em seguida os mesmos foram tabulados em planilha eletrônica do programa Microsoft Excel<sup>®</sup>, sendo que para o preenchimento dos anos com falhas na série dos dados consistidos foram utilizados dados brutos. Aqueles anos que persistiam com falhas de dados que não foram possíveis preencher, foram excluídos do processamento dos dados para o desenvolvimento do estudo. De toda a série em questão, isto aconteceu apenas com o ano de 1971 da série histórica, que possuía falhas nos meses de maio a setembro.

<sup>141</sup> PROATER – Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **PROATER 2011 – 2013: Planejamento e Programação de Ações**. ES, 2011. Disponível em: <[http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Governador\\_Lindenberg.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Governador_Lindenberg.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2011.

<sup>142</sup> G1/ES. **Vila Velha decreta estado de emergência após chuvas no ES**. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2011/12/vila-velha-decreta-estado-de-emergencia-apos-chuvas-no-es.html>>. Acesso em: 20 junho 2012.

TERRA CIDADES. **ES: forte chuva faz Vila Velha decretar estado de emergência**. 2012. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,OI5546155-EI8139,00-ES+forte+chuva+faz+Vila+Velha+decretar+estado+de+emergencia.html>>. Acesso em: 20 junho 2012.

<sup>143</sup> GAZETA ONLINE. **Chuva provoca alagamentos em Vila Velha**. 2012. Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2012/05/a\\_gazeta/minuto\\_a\\_minuto/1224275-chuva-provoca-alagamentos-em-vila-velha.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2012/05/a_gazeta/minuto_a_minuto/1224275-chuva-provoca-alagamentos-em-vila-velha.html)>. Acesso em: 20 junho 2012.

Em seguida, os dados foram filtrados, eliminando os dias com 0 mm de chuva, agrupando os eventos de chuva em classes, no caso classes de 0,1 a 5 mm, 5,1 a 10 mm, 10,1 a 20 mm e assim consecutivamente, isso até chegar aos eventos maiores que 200 mm. A partir disso, foi determinada a quantidade de eventos diários de precipitação para cada classe, bem como a sua frequência relativa.

Vale ressaltar também que para o estudo foi considerado o valor diário até 30 mm chuvas de pequena quantidade e acima desse valor são chuvas de maior quantidade.

A série foi dividida em duas partes, no caso em 19 primeiros anos e 19 últimos anos, com o intuito de fazer uma comparação mês a mês, e anualmente, para verificação de possíveis mudanças no regime de chuvas do município.

Por fim, foram produzidos gráficos de distribuição da frequência dos eventos chuvosos, para cada mês, para as duas séries consideradas, sendo também gerados os gráficos para as médias das séries anuais.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No período analisado foi observado um total de 3797 eventos diários de precipitação, sendo que nos primeiros 19 anos da série ocorreram 2143 dias chuvosos, enquanto que nos 19 anos seguintes choveu em 1654 dias. Isto significa que nos últimos 19 anos desta série houve uma redução de 22,8% do total de dias chuvosos observados em Ponta da Fruta, Vila Velha - ES.

Em relação à frequência de intervalos de classes de precipitação, os registros entre 0,1 e 5,0 mm são os mais observados na série. Nos primeiros 19 anos da série analisada (Figura 1A), estes eventos ocorreram em 47,2% dos casos, enquanto que nos 19 anos restantes (Figura 1B), a quantidade desses eventos representou 40,6%. Isso mostra que, ao longo da série estudada, houve uma diminuição percentual da frequência de chuvas de pequena quantidade.

Quanto à frequência absoluta, o número de eventos diários de precipitação de até 30 mm em janeiro, nos 19 últimos anos da série analisada, reduziu bastante em relação aos 19 primeiros anos, quando se notou uma diminuição de 182 (Figura 2A) para 125 casos (Figura 2B). No tocante à frequência relativa, essa redução não foi representativa (~1%), tanto para os registros de precipitação de até 30 mm, quanto para acumulados diários superiores a estes.

No que se trata de valores extremos de precipitação (considerando apenas os valores acima de 100,0 mm/24h), tanto entre 1970 e 1989 (Figura 1A) como entre 1990 e 2008 (Figura 1B) houve três eventos de precipitação acima de 100,0 mm. Isto mostra que, durante o período analisado, não houve aumento de eventos extremos em valores absolutos.

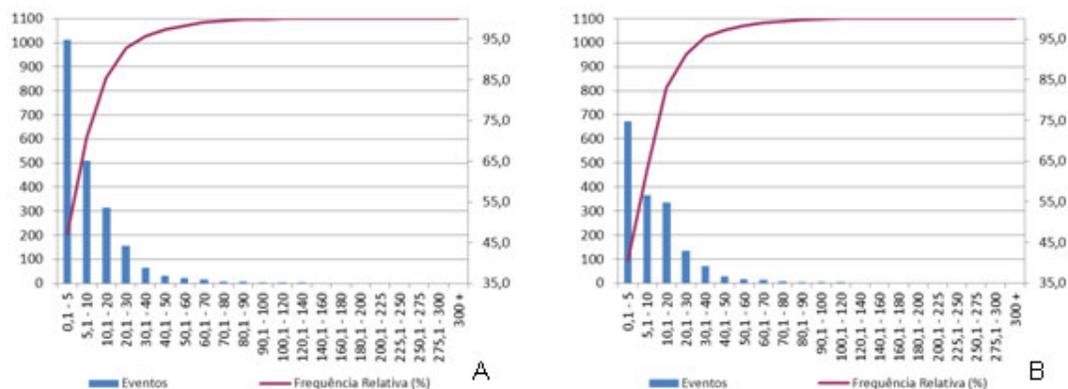


Figura 1 - Gráfico anual de distribuição da frequência de eventos chuvosos, para os 19 primeiros anos (A) e 19 últimos anos (B)

Em fevereiro, nos primeiros 19 anos, a Figura 2C revela a ocorrência de 156 dias chuvosos, dos quais 149 possuem acumulados de até 30 mm. A Figura 2D mostra que nos últimos 19 anos ocorreram 107 eventos, com um único registro de chuva entre 80 e 90 mm e 103 com valores de até 30 mm. Ou seja, observa-se uma redução do número de eventos de chuva com até 30 mm. A redução na frequência relativa do número de eventos diários de precipitação foi discreta (em torno de 0,5%).

Em março é identificado um comportamento semelhante na distribuição da precipitação ao longo do período estudado. Durante os primeiros 19 anos, foram contabilizados 182 eventos de chuva, com registros de até 70 mm, estando 155 destes na faixa que vai de 0,1 a 30 mm, conforme mostra a Figura 2E. Já nos 19 anos seguintes, as chuvas ficaram distribuídas em 133 dias, com registros de até 80 mm (Figura 2F), sendo que 117 destes dias tiveram acumulado de chuva  $\leq 30$  mm. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de 94%, já para os 19 últimos anos é de 88%. Estes eventos diários de precipitação reduziram bastante em relação aos 19 primeiros anos, sendo que a frequência

relativa também diminuiu. Nota-se ainda que os eventos acima de 30 mm obtiveram um aumento em sua frequência relativa, passando de 6% para 12%.

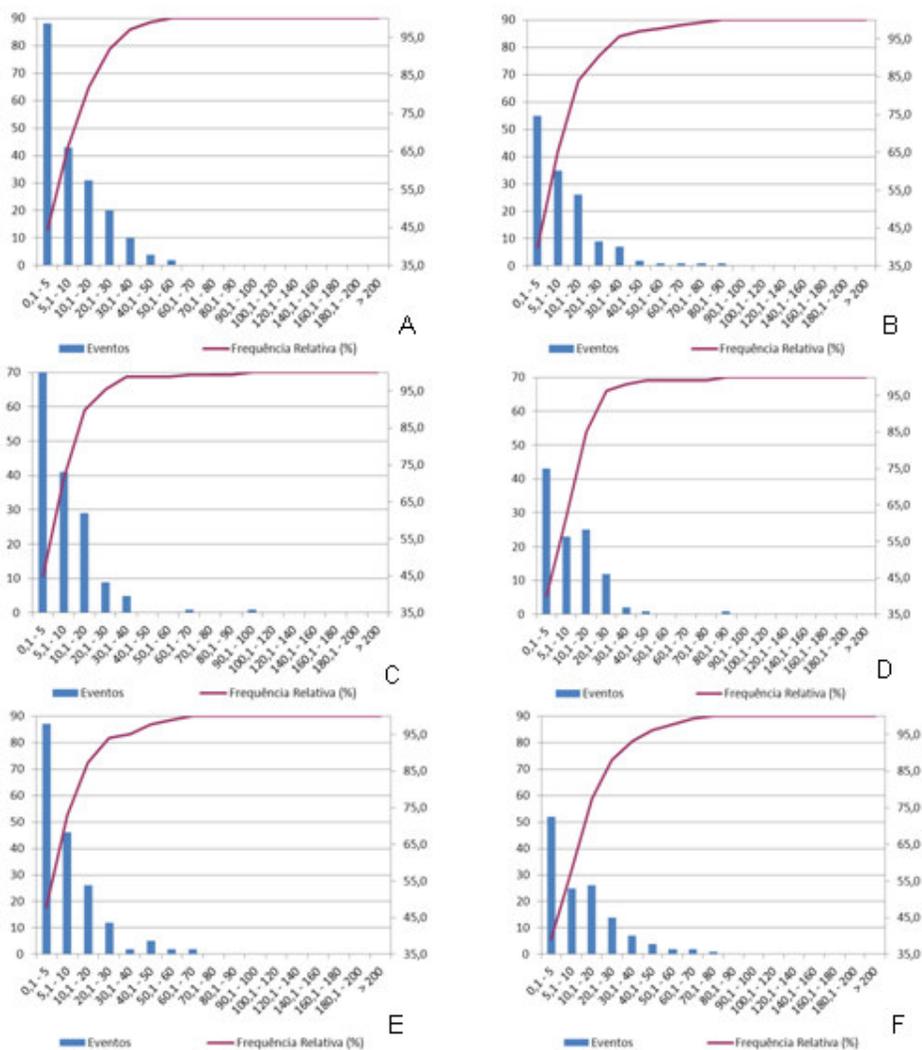


Figura 2 - Gráfico de distribuição da frequência de eventos chuvosos para os meses de janeiro (A e B), fevereiro (C e D) e março (E e F), para os 19 primeiros anos (A, C e E) e 19 últimos anos (B, D e F)

Abril é um mês em que ocorre uma variabilidade significativa no número de dias chuvosos, por ser um mês de transição da época chuvosa para a época seca. O número de eventos com acumulado diário  $\leq 30$  mm sofreu uma redução de 179 para 111, comparando-se as duas séries de dados, sendo que a frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 90%, já para os 19 últimos anos é cerca de 88%. Nos primeiros 19 anos de análise, foram

verificados 199 eventos, como mostra a Figura 3A, com chuvas de até 120 mm. Enquanto que entre 1990 e 2008 ocorreram 126 eventos, com chuvas de até 70 mm (Figura 3B). Também houve uma redução na quantidade de eventos diários de precipitação acima de 30 mm, passando de 20 eventos para 15 eventos nos últimos 19 anos.

No mês de maio, a intensidade de chuvas começa a diminuir devido a uma maior ocorrência de chuvas estratiformes (chuvas de longa duração e pouco volume). O número de eventos com chuvas de até 30 mm para os 19 primeiros anos é de 155, já para os 19 últimos anos é de 114, significando uma redução dos casos, assim como nos meses anteriores. Contudo, estes eventos diários de precipitação tiveram um aumento em sua frequência relativa, apesar de muito pequeno (~1%). A Figura 3C mostra que entre 1970 e 1989 ocorreram 165 eventos com até 60 mm, enquanto que nos 19 anos seguintes foram observados 120 eventos. Destes, 119 tiveram valores até 50 mm e o restante ficou entre 70 e 80 mm, como é observado na Figura 3D.

O regime de chuvas do mês de junho apresenta características do período de inverno (baixos índices pluviométricos e queda de temperatura). Porém, ao contrário dos demais meses, foi observado um aumento do número total de eventos no decorrer do período estudado. Quanto ao número de dias com chuvas  $\leq 30$  mm, também nota-se um aumento de 106 para 119 casos, mas a frequência relativa para as duas metades da série de 38 anos permaneceu em ~96% (Figuras 3E e 3F). No caso dos eventos com chuva acumulada  $\geq 30$  mm, houve apenas um deslocamento, ou seja, observa-se que nos 19 últimos anos os eventos apresentaram precipitação de até 120 mm e nos 19 primeiros anos os eventos obtidos tiveram até 60 mm acumulados.

Em julho, as chuvas de menor intensidade são as mais frequentes ao longo do período estudado. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 98%, já para os 19 últimos anos é cerca de 94%. Estes eventos diários de precipitação reduziram bastante em relação aos 19 primeiros anos, caindo de 162 para 103 casos. Nota-se que os eventos acima de 30 mm obtiveram um pequeno aumento em sua frequência relativa, passando de aproximadamente 2% para 6%. A Figura 4A ilustra que, dos 166 eventos ocorridos entre 1970 e 1989, em apenas 10 oportunidades as chuvas ocorreram acima de 20 mm, o que representa 6,6% do total. Nos últimos 19 anos, dos 110 dias com registro

de precipitação, o percentual acima de 20 mm ficou em 13,6%, ou seja, 15 eventos (Figura 4B).

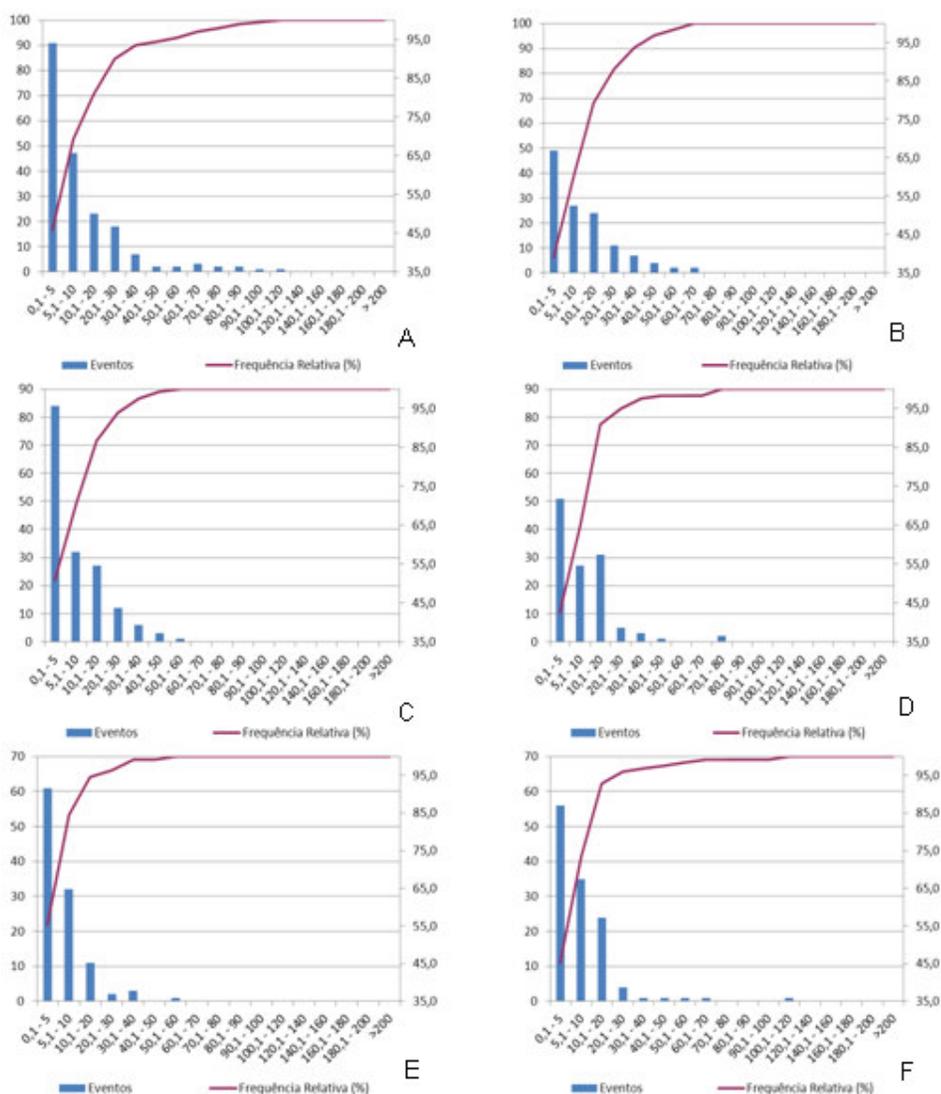


Figura 3 - Gráfico de distribuição da frequência de eventos chuvosos para os meses de abril (A e B), maio (C e D) e junho (E e F), para os 19 primeiros anos (A, C e E) e 19 últimos anos (B, D e F)

Por fazer parte do trimestre menos chuvoso, o mês de agosto tem uma alta frequência de eventos de chuvas pouco expressivas. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de ~95%, já para os 19 últimos anos é cerca de 98%. Estes eventos diários de precipitação reduziram em relação aos 19 primeiros anos, diminuindo de 120 para 101. Observa-se também que os eventos acima de 30 mm obtiveram uma leve redução em sua frequência, passando de ~6% para aproximadamente 2% no período considerado. A Figura 4C mostra que dos

127 eventos que ocorreram nos primeiros 19 anos da série, 116 foram abaixo de 20 mm e 11 eventos ficaram entre 20 e 80 mm, enquanto que entre 1990 e 2008, dos 103 dias que foram registrados chuva, 95 ficaram abaixo de 20 mm e apenas 8 ocorreram entre 20 e 50 mm (Figura 4D).

Em setembro, há um pequeno aumento da frequência de chuvas de maior volume. Isto se deve ao início da transição do período seco para o chuvoso quando, em algumas ocasiões, podem ocorrer eventos isolados de chuvas convectivas (chuvas de curta duração e grande volume). A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 95%, já para os 19 últimos anos é cerca de 98%. Estes eventos diários de precipitação reduziram em relação aos 19 primeiros anos, saindo de 164 para 127. É observado também que os eventos acima de 30 mm obtiveram uma pequena redução em sua frequência, passando de aproximadamente 5% para 2% no período analisado. A Figura 4E revela que, dos 172 eventos de chuvas que ocorreram nos primeiros 19 anos de análise, 19 destes (11%) ficaram acima de 20 mm, com o máximo registro de 70 mm. Dos 129 eventos ocorridos nos últimos 19 anos, 14 ficaram entre 20 e 50 mm (Figura 4F). A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 95%, já para os 19 últimos anos é cerca de 98%. Estes eventos diários de precipitação reduziram em relação aos 19 primeiros anos, saindo de 164 para 127. É observado também que os eventos acima de 30 mm obtiveram uma pequena redução em sua frequência, passando de aproximadamente 5% para 2% no período analisado.

Em outubro, os eventos chuvosos estão ligados à ocorrência das primeiras chuvas convectivas. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 91%, já para os 19 últimos anos é cerca de 94%. Estes eventos diários de precipitação reduziram bastante em relação aos 19 primeiros anos, quando reduziram de 205 para 135. Observa-se ainda que os eventos acima de 30 mm obtiveram uma redução em sua frequência, passando de aproximadamente 9% para 6% no período considerado, quando se observou uma redução considerável da quantidade destes eventos diários de precipitação, passando de 21 eventos nos primeiros 19 anos para 9 eventos nos últimos 19 anos. Na Figura 5A é verificada a ocorrência de 226 eventos, com registros de até 70 mm. Enquanto que na Figura 5B é notada a ocorrência de 144 eventos, com registros de intensidade de até 80 mm.

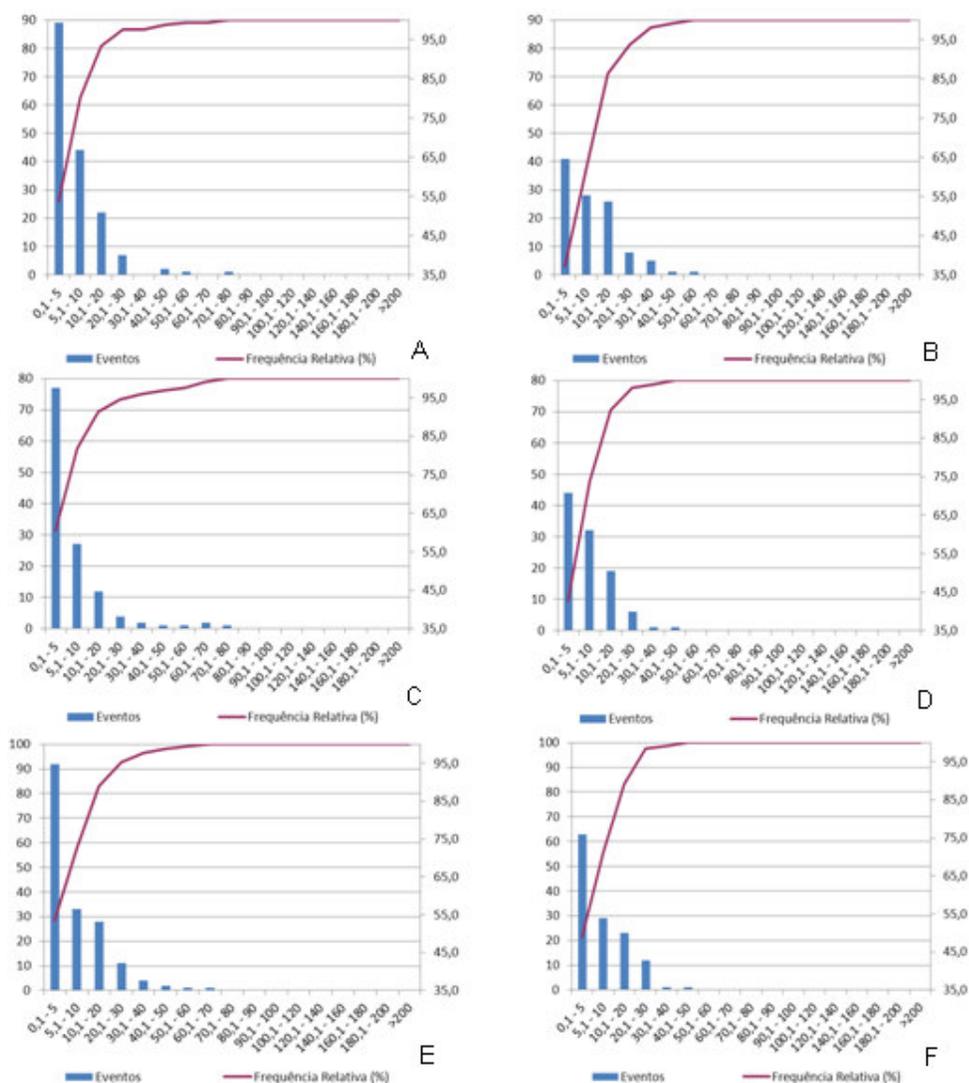


Figura 4 - Gráfico de distribuição da frequência de eventos chuvosos para os meses de julho (A e B), agosto (C e D) e setembro (E e F), para os 19 primeiros anos (A, C e E) e 19 últimos anos (B, D e F)

No mês de novembro, por ser característico do período chuvoso, é observado um aumento do número de dias chuvosos. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente 92%, já para os 19 últimos anos é cerca de 85%. Nota-se ainda que os eventos acima de 30 mm obtiveram um aumento em sua frequência, passando de aproximadamente 8% para 15%. O aumento também foi considerável na quantidade de eventos diários de precipitação acima de 30 mm, passando de 17 para 35 eventos nos últimos 19 anos. A Figura 5C mostra um total de 224 dias de chuva entre 1970 e 1989, com valores de até 90

mm.No período entre 1990 e 2008, houve um aumento no número total de dias chuvosos, como também foi observado no mês de junho. Foram contabilizados 231 dias de chuvas com intensidade de até 100 mm, conforme mostrado na Figura 5D.

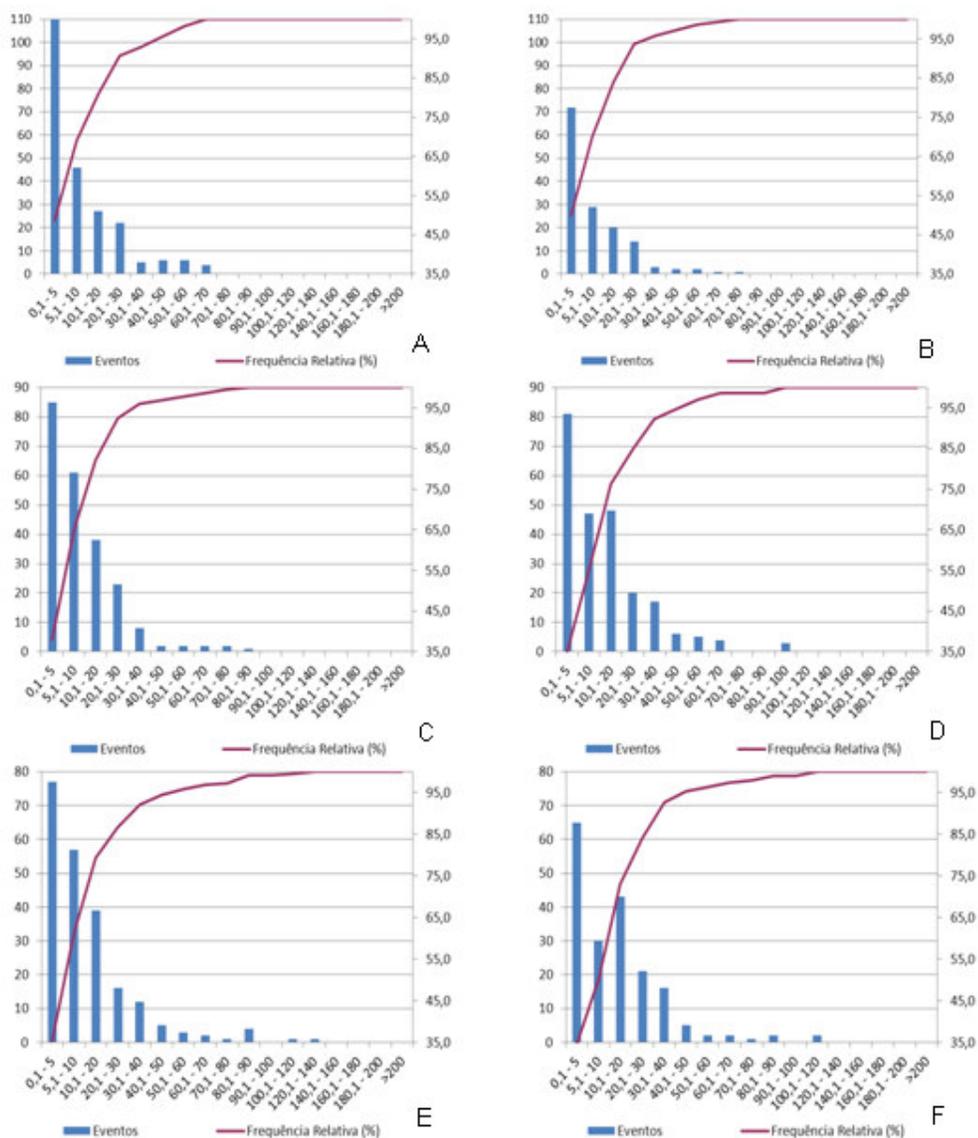


Figura 5 - Gráfico de distribuição da frequência de eventos chuvosos para os meses de outubro (A e B), novembro (C e D) e dezembro (E e F), para os 19 primeiros anos (A, C e E) e 19 últimos anos (B, D e F)

Em dezembro, as chuvas também seguem o padrão da época chuvosa, no caso chuvas de grande acumulado em curto período de tempo, o que favorece uma maior frequência de eventos diários com maior volume de precipitação. A frequência relativa de chuvas com até 30 mm para os 19 primeiros anos é de aproximadamente

87%, já para os 19 últimos anos é cerca de 84%. Estes eventos diários de precipitação também reduziram em relação aos 19 primeiros anos, passando de 189 para 159. Observa-se também que os eventos acima de 30 mm obtiveram um aumento pequeno em sua frequência relativa, passando de aproximadamente 13% para 16% no período considerado. A Figura 5E mostra um total de 218 eventos com intensidade até 140 mm, no período de 1970-1989. Enquanto que a Figura 5F mostra que nos últimos 19 anos 189 eventos foram registrados com chuvas de até 120 mm.

O aumento do número de eventos extremos de chuva em dezembro e da frequência relativa deste em março e também em novembro sugere que medidas especiais de precaução, tais como o acompanhamento contínuo da previsão e o monitoramento das condições de tempo, devem ser tomadas nestes meses de maior risco, proporcionando um melhor planejamento de medidas que possam evitar ou reduzir o impacto de alagamentos na região de Vila Velha/ES.

## **CONCLUSÃO**

Diante dos resultados do presente estudo e sua análise, a mudança do regime de precipitação é evidente no município de Vila Velha – ES. Isto se deve ao levar em consideração a diferença no total dos eventos de precipitação, em que o total de chuvas observadas no período de 1970-1989 foi superior ao registrado entre 1990-2008, exceto no mês de junho. Em termos gerais, isso significa que houve uma redução considerável das frequências mensais e anual de eventos diários de precipitação. Entretanto, houve um aumento relativo das chuvas de grande quantidade, principalmente no período chuvoso, destacando-se os meses de março, novembro e dezembro, em que se notou uma maior quantidade de eventos diários de precipitação acima de 30 mm.

Vale ressaltar que os resultados da análise desses dados são de extrema importância e servem como base para auxiliar o sistema administrativo em ações de planejamento estratégico e tomadas de decisão, de curto e médio prazo, com relação aos alagamentos frequentes que ocorrem no município, principalmente no período chuvoso. Além disso, essa análise pode servir de auxílio no desenvolvimento e criação de novas soluções de engenharia, com o intuito de

melhorar a infraestrutura do sistema de drenagem urbana e assim minimizar esse cenário problemático, presente no dia-a-dia da população local.

## REFERÊNCIA

- AGUILAR, E. et al. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. **Journal of Geophysical Research**, vol. 110, 2005.
- AMBRIZZI, T. et al. "2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais". Relatório 3, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade - Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade – Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro 2007.
- BINDOFF, N.L. et al. Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, pp. 385-432, 2007. ISBN 0521705967
- CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 182.
- CRAMER, W. et al. Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO<sub>2</sub> and climate change: results from six dynamic global vegetation models. **Global Change Biology**, 7, 357–373, 2001.
- DEFESA CIVIL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Histórico de desastres do Estado do Espírito Santo 2000-2009**. ES, 2010. Disponível em: <[http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico\\_de\\_desastres.pdf](http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico_de_desastres.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2012.
- FIORAVANTI, C. Um Brasil mais quente. **Revista Pesquisa Fapesp** Nº 130. 30-34, 2006.
- FRITTS, H. C. **Tree-rings and climate**. London, Academic Press, 1976. 567p.
- G1/ES. **Vila Velha decreta estado de emergência após chuvas no ES**. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2011/12/vila-velha-decreta-estado-de-emergencia-apos-chuvas-no-es.html>>. Acesso em: 20 junho 2012.
- GAZETA ONLINE. **Chuva provoca alagamentos em Vila Velha**. 2012. Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2012/05/a\\_gazeta/minuto\\_a\\_minuto/1224275-chuva-provoca-alagamentos-em-vila-velha.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2012/05/a_gazeta/minuto_a_minuto/1224275-chuva-provoca-alagamentos-em-vila-velha.html)>. Acesso em: 20 junho 2012.
- GRIMM, A. M.; NATORI, A.A. Climate change and interannual variability of precipitation in South America. **Geophysical Research Letters**, 2006.
- HUNTLEY, B. **How Plants Respond to Climate Change: Migration Rates, Individualism and the Consequences for Plant Communities**. Ann Bot. p 15-22, 1991.
- IPCC. IPCC Third Assessment Report. **Climate Change 2001: Synthesis Report**. Summary for Policymakers. 2001. Disponível em: <[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/)>. Acesso em: 10 junho 2012.
- IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2007. ISBN 92-9169-122-4.
- MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, Edição nº 8, Mudanças Climáticas, maio 2007.
- MCKIBBEN, B. **No link of Joplin tornado to climate change**. Washington, 2011. Disponível em: <[http://www.washingtonpost.com/opinions/a-link-between-climate-change-and-joplin-tornadoes-never/2011/05/23/AFrVC49G\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/opinions/a-link-between-climate-change-and-joplin-tornadoes-never/2011/05/23/AFrVC49G_story.html)>. Acesso em: 15 junho 2012.
- NOBRE, C.A. et al. **Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo**. Sumário Executivo, 2010.
- PROATER – Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **PROATER 2011 – 2013: Planejamento e Programação de Ações**. ES, 2011. Disponível em <[http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Governador\\_Lindenberg.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Governador_Lindenberg.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2011.
- TERRA CIDADES. **ES: forte chuva faz Vila Velha decretar estado de emergência**. 2012. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,OI5546155-EI8139,00-ES+forte+chuva+faz+Vila+Velha+decretar+estado+de+emergencia.html>>. Acesso em: 20 junho 2012.