

ESTUDO DA GÊNESE DOS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS, IGUAIS OU SUPERIORES A 100 mm/24h, NA CIDADE DE FORTALEZA-CE, NO PERÍODO DE 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares¹
Antônia Adnna Guedes da Silva²
Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales³
Profa. Dra. Maria Elisa Zanella⁴

Resumo

O trabalho objetiva analisar a gênese dos sistemas atmosféricos no período entre os anos de 1996 ao ano 2008, associados a ocorrência de eventos iguais ou superiores a 100mm/24h para a cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. O material utilizado é proveniente da base de dados da estação pluviométrica da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), no Bairro São Gerardo, cartas sinóticas, imagens de satélites, dados de Temperatura de Superfície do Mar (TSM), reportagens jornalísticas e dados da Defesa Civil do Brasil. Inicialmente identificou-se os sistemas, considerando como base o acompanhamento dos dias que registraram os eventos pluviométricos mencionados acima. A sua repercussão na cidade revela pontos críticos associados a áreas de maior vulnerabilidade socioambiental, locais associados ao crescimento demasiado da cidade de Fortaleza, bem como a falta de políticas públicas e planejamento urbano da metrópole. Os eventos iguais ou superiores a 100mm/24h foram muito atuantes no período destacado, vindo a comprometer ainda mais a falta de estrutura da cidade.

Palavras-chave: Sistemas atmosféricos; impactos ambientais; eventos extremos em Fortaleza/CE.

¹ Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET UFC, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH/UFC. E-mail: lucaspsgeo@gmail.com

² Graduanda em Geografia pela Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET UFC. E-mail: adnnags@yahoo.com.br

³ Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, Vice-Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Meio Ambiente (PRODEMA) E-mail: mclsales@uol.com.br

⁴ Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Co-Tutora do Programa de Educação Tutorial – PET UFC. E-mail: elisazv@terra.com.br

Introdução

O estudo associado das precipitações pluviométricas à sua gênese propicia uma análise pautada nos aspectos conceituais da Climatologia Dinâmica e Urbana (MONTEIRO, 1971 e 1976). Os fenômenos naturais relacionados ao clima, principalmente quando se apresentam como eventos extremos, geram nas sociedades inúmeros problemas, muitos dos quais de caráter catastrófico, repercutindo negativamente na qualidade de vida das populações. Os eventos pluviométricos intensos sobre as cidades é exemplo dessa repercussão sendo considerado gerador de graves problemas de ordem socioambiental nas áreas urbanas do Brasil (ZANELLA, SALES e ABREU, 2009).

Para tanto, buscou-se numa ideia inicial alçada no IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - IX SBCG, realizado em Fortaleza-CE no ano de 2010, desenvolver uma pesquisa voltada a compreender a atuação dos sistemas atmosféricos e sua correlação com eventos climatológicos que comprometeram a organização urbana da cidade de Fortaleza no ano de 2009, considerado um dos mais chuvosos, dentro da série histórica 1974-2010, da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME. Sendo o presente trabalho uma continuação do anterior, seguiu-se, então, a mesma abordagem, ou seja, a identificação dos principais sistemas atmosféricos produtores dos episódios iguais ou superiores a 100mm/24h, em um período maior de tempo, compreendendo aqueles ocorridos entre os anos de 1996-2008, buscando enfatizar a relação entre a atuação dos sistemas, as condições oceânicas do Atlântico e do Pacífico, bem como sua repercussão no meio social, surgindo disso o apontamento de áreas ditas como de alta vulnerabilidade socioambiental, de acordo com os estudos que Zanella, Costa, Panizza e Rosa (2009), desenvolveram para a cidade de Fortaleza.

Área de estudo

A cidade de Fortaleza, objeto de estudo deste trabalho, está localizada na faixa litorânea do Estado do Ceará, no Nordeste do Brasil apresenta uma série de problemas ambientais de descaracterização e degradação de seus componentes naturais, o que vem comprometendo a qualidade de vida urbana de seus habitantes. O crescimento desordenado do município acompanhado de uma série histórica de políticas urbanas pontuais e ambientalmente excludentes constitui o tensor de destaque desse quadro. Eventos naturais, como os fenômenos pluviométricos intensos manifestados sobre o território de Fortaleza agravam ainda mais esse cenário (Moura, Zanella e Sales, 2008).

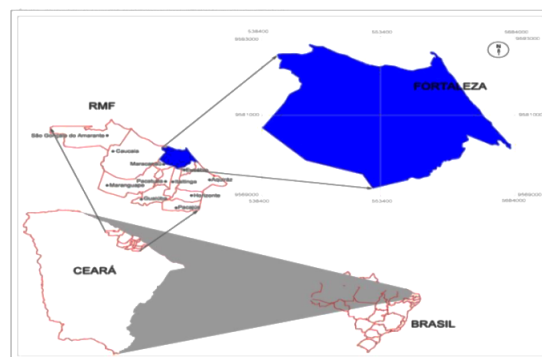


Figura1: Área de estudo.

Material e métodos

A metodologia utilizada no trabalho se deu pautada no estudo da gênese dos eventos extremos responsáveis por precipitações intensas na cidade de Fortaleza-CE, seguindo uma abordagem, introduzida por Monteiro (1971 e 1976), que diz respeito ao estudo da gênese destes eventos, através de uma metodologia que engloba, aquilo chamado pelo autor, de subsistema hidrometeorológico, responsável por tratar dos impactos pluviais ocasionados por eventos pluviométricos intensos, que causam a desorganização das cidades, por meio de alagamentos, inundações e problemas derivados (MONTEIRO, 1971 e 1976). Sendo subsistema um dos compostos-base para um nível mais amplo de análise do clima urbano, conhecido como Sistema Clima Urbano - SCU, que engloba outros dois subsistemas: o

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

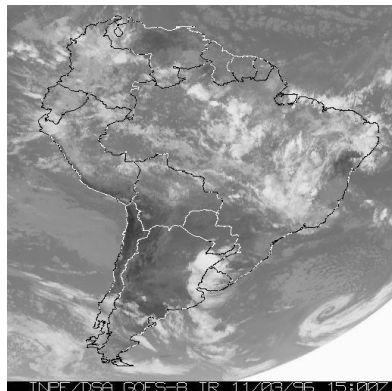
subsistema termodinâmico, que trata do estudo das ilhas de calor, ilhas de frescor, conforto e desconforto térmico; e o subsistema físico-químico, que trata da qualidade do ar e de como os elementos do clima e a morfologia urbana contribuem para a concentração ou dispersão dos poluentes – doenças alérgicas e do sistema respiratório (MONTEIRO, 1971 e 1976). O presente trabalho traçou uma abordagem pautada nesta metodologia, identificando os principais sistemas atmosféricos produtores de eventos iguais ou superiores a 100mm/24h para o período 1996-2008.

O trabalho contou com dados de pluviosidade da série histórica (1974-2008) da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), sendo utilizado, para estudo, o período 1996-2008, cuja estação pluviométrica se encontra localizada no Bairro São Gerardo. Deve-se considerar que muitos dos dados do trabalho foram gerados do conjunto FUNCEME/NOAA/IRD, cujo projeto principal leva o nome de PIRATA (Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic). De tal trabalho foram retiradas informações referentes à TSM do oceano Atlântico; Outra fonte de pesquisa importante, foi o CPTEC/DSA/INPE, onde teve-se acesso às imagens dos satélites GOES 8 e GOES 12, do canal Infravermelho e Temperatura de Brilho, utilizadas no trabalho, além de informações referentes aos fenômenos de El Niño e e La Niña, fornecidas pelo conjunto NOAA/NESDIS e CPTEC/INPE-NCEP/NOAA – além de dados referentes a Oscilação Decadal do Pacífico, encontrados nos artigos de Molion (2006) e Mantua et al.(1997). No desenvolvimento deste artigo foram utilizadas, ainda, cartas sinópticas da Marinha do Brasil, além de reportagens jornalísticas do jornal impresso O Povo e da página online do Diário do Nordeste, além de artigos acadêmicos de Climatologia e Meteorologia.

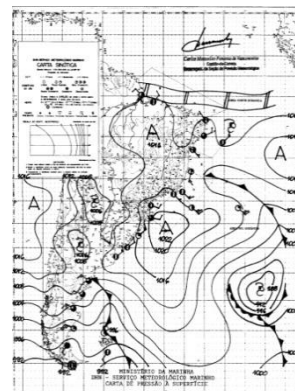
Eventos extremos iguais ou superiores a 100 mm/24h, para o período 1996-2008, enfatizando as condições oceânicas e áreas urbanas atingidas.

11 de março de 1996

A precipitação observada no dia 11 de março, cujo valor total marca os 109,4 mm, se deu devido à atuação conjunta de alguns sistemas atmosféricos: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), em sua posição habitual para o período, um pouco abaixo da linha do Equador, atuando de forma moderada; um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), cujo desenvolvimento está associado a entrada de uma Frente Fria (FF), algo crucial na gênese de tais sistemas de baixas frias, pois, conforme HAAS et. al (2002), a formação do vórtice está intimamente ligada a atuação da FF. Sendo isto, podemos dizer que a nebulosidade nos dias 11 e 12 de março em Fortaleza, deriva da combinação ZCIT-VCAN, onde tal vórtice interage diretamente com um sistema frontal, culminando numa precipitação acima de 100 mm para o dia 11 e de 77,6 mm para o dia 12 de março.



(A)



(B)

Imagem 1VCAN e ZCIT atuando na cidade de Fortaleza em 11 de março de 1996.
Fonte: (A) CPTEC/INPE e(B) Marinha do Brasil

Observando os oceanos Pacífico e Atlântico, podemos constatar que para o ano de 1996 tivemos no Pacífico o fenômeno La Niña e conforme o boletim Climanálise (março de 1996)

O núcleo mais frio associado ao La Niña ocorreu sobre o Pacífico Central. Os índices atmosféricos e oceânicos, usados para monitorar o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), continuam indicando a situação de episódio frio, apontada nos últimos meses.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

No Atlântico, ano de Dipolo Positivo, o mesmo boletim faz a seguinte colocação,

No Oceano Atlântico Sul, durante março, foram observadas Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) entre 28oC e 30oC, junto à costa das Regiões Sudeste, Nordeste e Norte.(Boletim Climanálise, março de 1996)

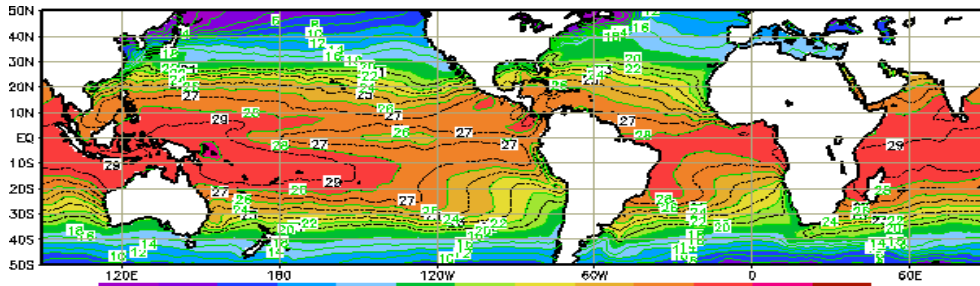


Imagem 2TSM de MARÇO de 1996. Fonte: CPC/NWS apud Boletim Climanálise (março de 1996)

Os estragos causados por esta enxurrada atingiram, principalmente, a comunidade do Morro Santa Terezinha, no bairro Castelo Encantado, causando desabamento de casas. Conforme Zanella et al., 2009, este é um ambiente inadequado para moradia, sendo classificado como de alta vulnerabilidade socioambiental. Segundo a autora, “alguns campos de duna, como os do Morro Santa Terezinha e as dunas da Praia do Futuro, confirmam uma relação de favelas onde a população carente é submetida aos deslizamentos e soterramentos, principalmente quando da ocorrência de eventos de chuvas extremos”.

24 e 25 de abril de 1997

A precipitação de 162 mm no dia 24 de abril, em Fortaleza, foi causada devido a um distúrbio nos alísios de sudeste, conhecido como Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL). Observa-se a atuação deste sistema no campo de influência da ZCIT, que conforme a carta sinótica da Marinha do Brasil atua fortemente sobre a área estudada. Tal situação adentra pela madrugada e início da manhã do dia 25, onde a atuação conjunta ZCIT-DOL foi responsável pela precipitação de 108,9 mm na cidade de Fortaleza no dia 25 de abril.

O Boletim Climanálise, de abril de 1997, faz o balanço da atuação do DOL sobre Fortaleza,

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

No dia 24, outro distúrbio de leste foi observado no litoral do Ceará, causando chuvas intensas neste Estado... No dia seguinte, este sistema deslocou-se para sudoeste, atingindo o litoral e o interior do Maranhão.

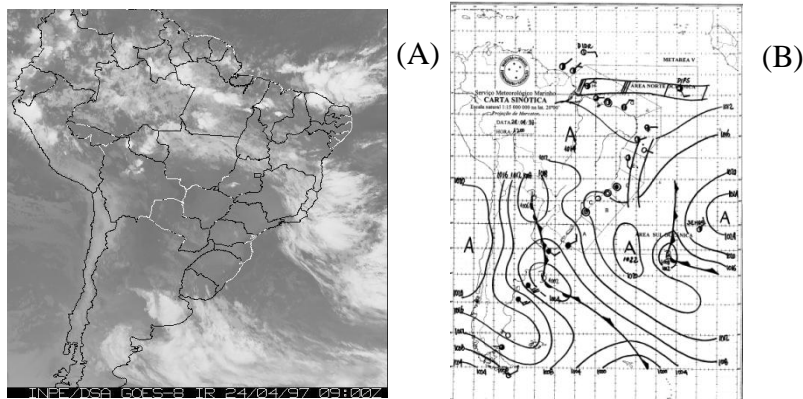


Imagem 3DOL atuando em Fortaleza. Fonte: (A) CPTEC/INPE/DSA/GOES 8 e (B) Marinha do

Observando os oceanos Pacífico e Atlântico, podemos constatar que: no Pacífico é observado o fenômeno do El Niño, de classificação dada como forte, em um ano cuja classificação climática foi dada como seca. No Atlântico é observado o Dipolo Positivo, que segundo o Boletim Climanálise (abril de 1997):

No Atlântico Norte, pode-se observar junto à costa da África, uma extensa área com anomalias positivas de TSM. O padrão de dipolo continuou sobre o Atlântico, com TSM's abaixo da média sobre o setor sul, e acima da média sobre o setor norte. Tal configuração não favorece a estação chuvosa do setor norte do Nordeste, que termina em maio.

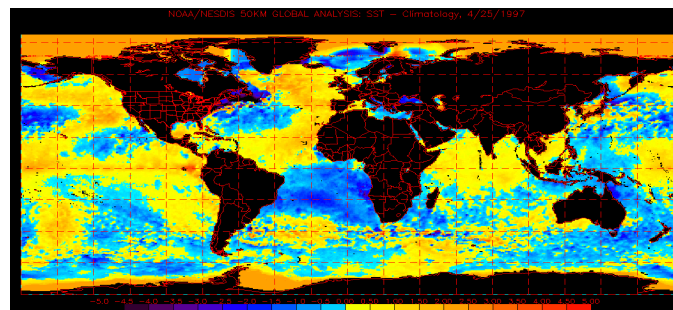


Imagem 4TSM para 25 de abril de 1997. Fonte: NOAA/NESDIS

A problemática causada por estes eventos revelou problemas urbanos tanto em áreas mais nobres como em ambientes de população mais pobre, os principais bairros atingidos foram: Itaóca, Papicu, Bairro de Fátima, Beira Mar, Praia do Futuro, Lagamar, Cidade dos Funcionários, Pan Americano, Ellery, Dias Macedo, Edson Queiroz, Henrique Jorge, Jardim América, Aerolândia, Tancredo Neves, Centro, Pirambu, Barra do Ceará, Água Fria,

Mucuripe, Aldeota e Genibaú, causando dentre outros problemas: a danificação de sete estações da COELCE, a suspensão das aulas em universidades e escolas, problemas no sistema de linhas telefônicas, alagamentos de ruas, árvores e postes arrancados do solo, falta de energia elétrica, cancelamento de pousos e decolagens no Aeroporto Pinto Martins, formação de crateras nas ruas, sendo que 535 famílias ficaram desabrigadas, carros foram arrastados pela correnteza, 2.830 casas foram alagadas, 95 desabamentos foram registrados, uma pessoa morreu afogada e duas crianças desapareceram.

11 e 20 de abril de 2001

A análise dos eventos dos dias 11 e 20 de abril foi comprometida devido ao fato de não se ter tido acesso as imagens de satélites adequadas para o período dos eventos. Porém, obteve-se junto ao CPTEC/INPE, imagens de Temperatura de Brilho Média, do GOES 8, não tão eficientes como imagens em Infravermelho, mas adequadas para a análise sinótica feita neste trabalho.

A partir disso, fez-se uso de imagens da pentada 11-15 de abril, de Temperatura de Brilho Média, do GOES 8, onde pode-se observar a ZCIT atuando fortemente em tal pentada e, seguindo o que é dito pelo Boletim Climanálise, o período de 11 à 19 de abril teve-se a atuação de Linhas de Instabilidade (LI) junto a costa cearense, sendo então o conjunto ZCIT-LI responsável pela precipitação de 124 mm para o dia 11 de abril na cidade de Fortaleza. Já para o dia 20 de abril não tem-se informações referentes a atuação de LIs na costa cearense, contudo observa-se imagens da pentada 20-24 mostrando a ZCIT com nebulosidade bastante acentuada, cuja precipitação atingiu 102,3 mm.

Para o ano de 2001 o oceano Atlântico se comportou de forma neutra e o Pacífico, com um efeito La Niña moderado, sendo que este ano foi dado como normal, sem maiores excepcionalidades. O Boletim Climanálise (abril de 2001) traz em escritos as atribuições das TSMs para o mês de abril de 2001,

Em abril, o campo de TSM manteve o padrão de anomalias ligeiramente positivas no Pacífico Equatorial Oeste, águas superficiais ligeiramente mais frias do que a média histórica no Pacífico Equatorial Central e aquecimento próximo à costa oeste da América do Sul. No Oceano Atlântico Tropical Norte, permaneceram anomalias negativas adjacentes à costa norte da América do Sul, estendendo-se até o Caribe. No Atlântico Sul, as TSM's permaneceram

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

dentro da média na maior parte da região, com exceção da área próxima à costa sudeste e sul do Brasil e próximo à costa oeste da África.

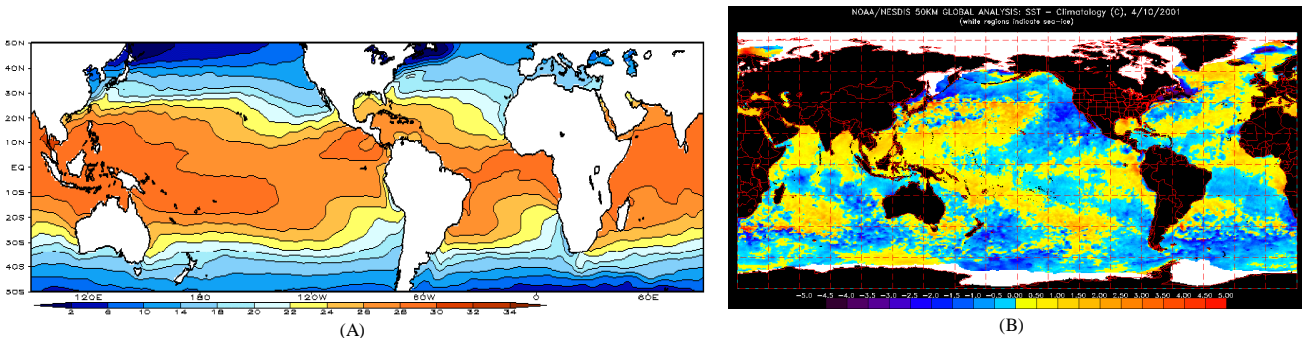


Imagem 5(A) TSM mensal de abril de 2001 e(B) TSM do dia 10 de abril de 2001. Fonte: (A) Climanalise apud CPC/NCEP/NWS) e (B)

A problemática urbana, causada pelo evento do dia 11 de abril atingiu 40 mil pessoas e muitas delas perderam suas casas, foram registradas duas mortes por choque elétrico, além de vários alagamentos nos mais diversos pontos da cidade. Os principais bairros atingidos foram: Autran Nunes, Barroso I e II, Dias Macedo, Aerolândia, Castelão, Siqueira, Tancredo Neves e bairros que ficam a margem do rio Cocó. Para o dia 20 de abril temos os seguintes problemas: Cerca de 40 mil pessoas desabrigadas; 7 acidentes de trânsito; mais de 70 quedas de árvores; trânsito lento; alagamento de ruas e casas e desabamento de casas. Os locais mais problematizados foram: Avenidas Aguanambi, Carneiro de Mendonça, Perimetral, Raul Barbosa, e Alberto Craveiro, além dos bairros Jardim América e Genibaú, estes últimos com populações localizadas em áreas de risco e de alta vulnerabilidade social.

19 de março de 2003

Na madrugada observa-se a formação de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) sob a região que compreende parte do litoral cearense e a chapada do Apodi. Conforme afirma Silva Dias (1987), “estes são sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas.” Compreende-se, então, que a formação de tal complexo acontece no campo de perturbações dos ventos alísios, sendo interessante notar também que a nebulosidade observada surge da área de atuação da ZCIT, provocando com isso precipitação de 138 mm na cidade de Fortaleza.

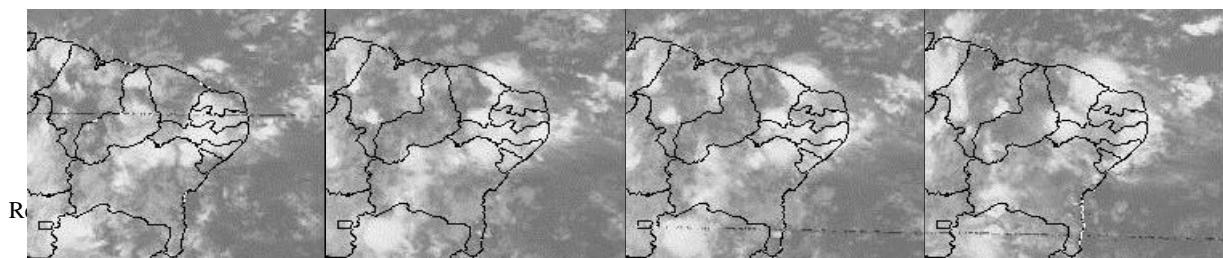


Imagem 6 Formação do CCM que atinge Fortaleza, compreendendo o horário entre 3:00 e 10:00 da manhã. Fonte: INPE/CPTEC/DSA/GOES 8.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

O ano de 2003 revela que as condições de TSM do oceano Pacífico estiveram bastante normais, apenas o efeito Dipolo, no Atlântico, se mostrou de forma favorável à precipitação na região.

No Atlântico Tropical Norte, as águas superficiais ficaram abaixo da média histórica, enquanto que, no Atlântico Sul, a TSM variou de normal a acima da climatologia numa faixa que se estende do leste do Brasil até a costa da África. (Boletim Climanálise, março de 2003)

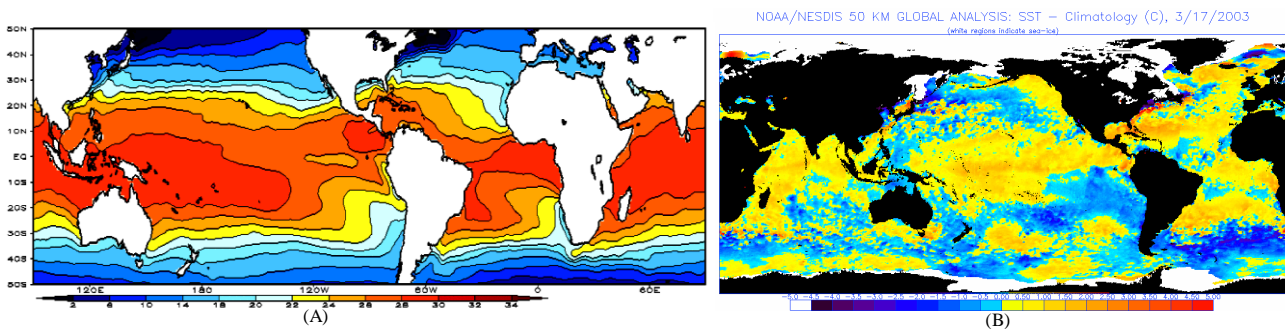


Imagem 7(A) TSM mensal de março de 2003 e(B) TSM do dia 17 de março de 2003. Fonte: (A) CPC/NCEP/NWS apudClimanalise)e (B) NOAA/NESDIS

No evento deste dia 19 de março os principais bairros atingidos foram: Quintino Cunha, Autran Nunes, Canidezinho, Genibaú, Castelão e o Centro, destes 4.843 famílias foram afetadas, sendo que 345 famílias deixaram suas casas, havendo alagamentos, trânsito lento e vários acidentes de carros na cidade.

29 de janeiro de 2004

Evidencia-se neste evento a atuação de um VCAN e sua formação está extremamente ligada a FF que entra no sul do Brasil por volta do dia 24 de janeiro, formando a Zona de Convergencia do Atlântico Sul (ZCAS) e conseqüentemente o vórtice, que para o período destaca o Boletim Climanálise (janeiro de 2004),

O campo de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) apresentou valores acima da média no Atlântico Norte e na faixa equatorial. Este padrão de aquecimento contribuiu para o posicionamento mais ao sul da ZCIT e para o aumento da atividade convectiva associada aos vórtices ciclônicos sobre o norte do Nordeste do Brasil.

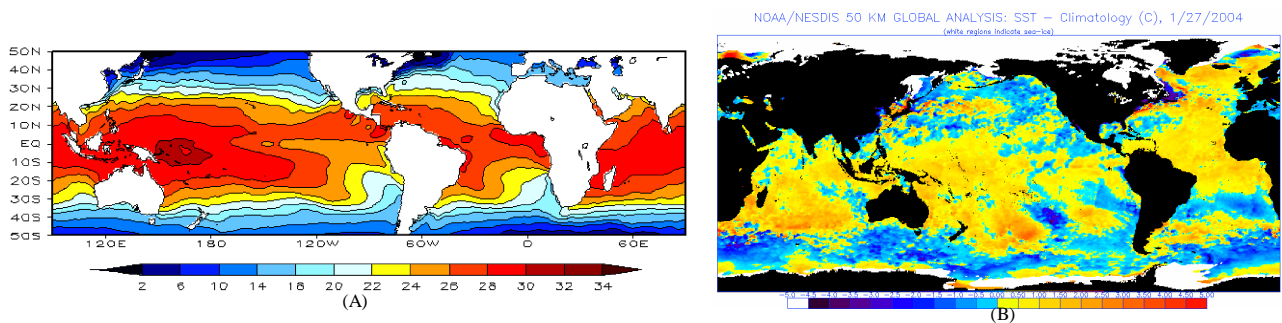


Imagem 8(A) TSM para o mês de janeiro de 2004 e(B) para o dia 27 de janeiro de 2004. Fonte: (A) CPC/NCEP/NWSapud Climanálise e (B) NOAA/NESDIS.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza-CE, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

Tal VCAN atuou sobre a cidade de Fortaleza, sendo observado, então a formação de nuvens em forma de virgula invertida sobre o Ceará, ou seja que caracterizam o vórtice, sendo o cavado localizado em parte no oceano Atlântico e no Estado da Bahia, favorecendo a nebulosidade na área estudada. Tal baixa fria levou precipitação de 250 mm para a metropole, sendo sua análise particularizada por ZANELLA, ABREU e SALES (2009) no artigo *Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza-CE, da GEOUSP de 2009*, as autoras fazem a seguinte avaliação sobre a formação deste sistema ciclônico,

Com base nas imagens do satélite Meteosat, nesses dias evidencia-se a forte atuação de diferentes sistemas atmosféricos na região. As Repercussões das Frentes Frias (RFF) associadas à formação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), provocaram índices pluviométricos importantes para os dias 27 e 28/01. Já no dia 29, a atuação do VCAN,

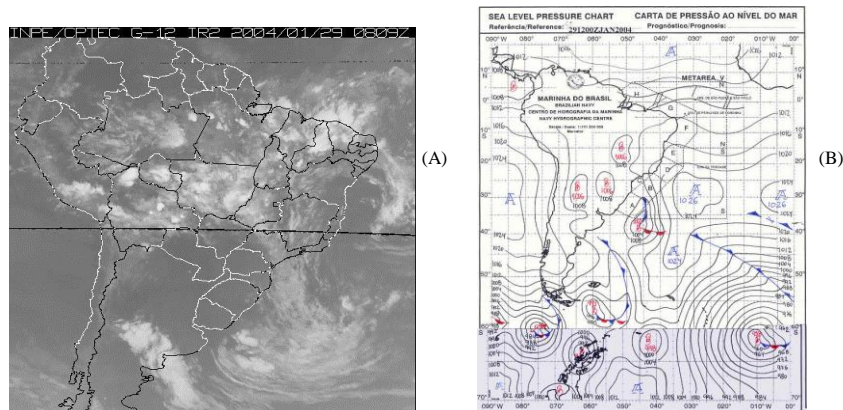


Imagem 9 VCAN causador da excepcionalidade climática do dia 29 de janeiro de 2004. Fonte: (A) INPE/CPTEC/DSA/GOES 12 e (B) Marinha do Brasil associado à ZCIT, que se deslocou para o Sul causaram índices pluviométricos elevados, não registrados desde o ano de 1974, quando iniciaram os registros da estação meteorológica da FUNCEME.

E de acordo com o Boletim Climanálise (janeiro de 2004),

As chuvas intensas que ocorreram em toda a Região (no caso o NEB) foram devidas ao deslocamento de frentes frias para o norte, à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à presença de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) sobre o Oceano Atlântico.

Com relação ao oceano Atlântico, o mesmo Boletim traz a seguinte informação,

No Oceano Atlântico Norte, ainda predominam anomalias positivas de TSM. No Atlântico Sul, foram observadas anomalias negativas de TSM. Na faixa equatorial do Atlântico, desde o litoral do Nordeste do Brasil até a costa oeste da África, as anomalias estiveram acima da média entre 0,5°C e 1°C. Ressalta-se que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) esteve ao sul da climatologia neste mês.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

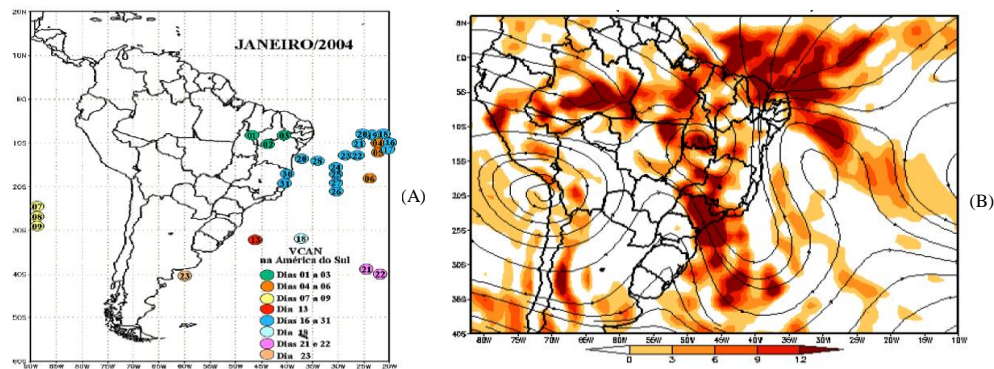


Imagem 10 (A) Posição do centro dos Vórtices em Altos Níveis (VCAN) com a indicação dos dias de atuação sobre a América do Sul em janeiro/2004 (destaque para os pontos em azul, localizando o VCAN para o período do evento do dia 29) e (B) campos de linha de corrente e divergência do vento horizontal, em 10-5* S-I, no nível de 200 hPa. Fonte: (A) CPTEC/INPE e (B) Boletim Climanálise (Janeiro de 2004).

A problemática urbana foi intensa devido à atuação conjunta de tais sistemas. Os principais bairros atingidos foram: Barra do Ceará, Genibaú, Pirambu, Itaperi, Castelão, Centro, Antônio Bezerra, Meireles, Aldeota, Benfica, Cocó, Fátima e Parangaba. Sendo registrados os seguintes impactos sociais: milhares de pessoas desabrigadas, sendo que 369 casas foram totalmente destruídas e 1.861 parcialmente destruídas; ocorreram mortes; os congestionamentos foram intensos em várias ruas e avenidas com inúmeros acidentes de carros; formação de crateras em ruas e avenidas; falta de luz, água e telefone. Zanella, Abreu e Sales (2009), ainda abordam em seu artigo os problemas causados à saúde da população, segundo as autoras “as chuvas ocasionaram ainda o aparecimento de inúmeras doenças, sendo a maioria dos casos de crianças com desidratação, apresentando sintomas como diarreia e vômitos, pois são elas as primeiras a sofrerem as consequências da falta de saneamento”.

7 de março de 2004

Para este dia 7 de março, na madrugada, há a formação de uma LI. Tais linhas podem estar associadas a brisa marítima, se organizando ao longo de tal sistema. Neste caso a precipitação registrada foi de 135 mm. A ZCIT encontra-se bastante atuante no período.

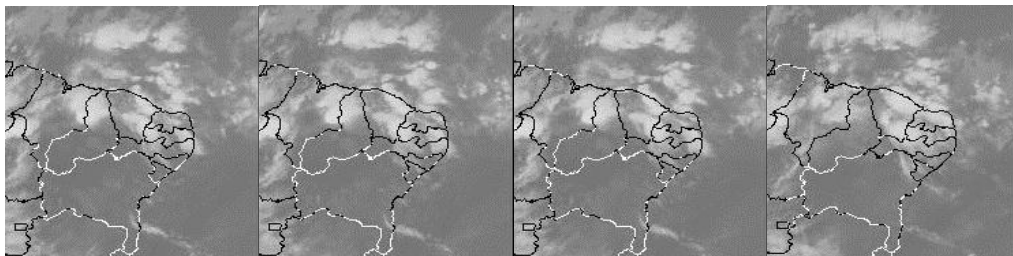


Imagem 11 Sequencia de imagens, entre a horário de 03:00 às 06:00 da manhã, do dia 07 de março de 2004, mostrando o desenvolvimento da LI sob o litoral do Ceará, atingindo a capital Fortaleza. Fonte: INPE/CPTEC/DSA/GOES 12.

Os oceanos Pacífico e Atlântico se comportaram da seguinte forma,

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

No Pacífico Equatorial e em quase toda a extensão da faixa leste do Brasil, no Atlântico, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) apresentou valores próximos à normal climatológica... No Oceano Atlântico, predominaram anomalias positivas de TSM no Hemisfério Norte e negativas no Hemisfério Sul, destacando-se o posicionamento da ZCIT ao sul da climatologia neste mês. (Boletim Climanálise, março de 2004)

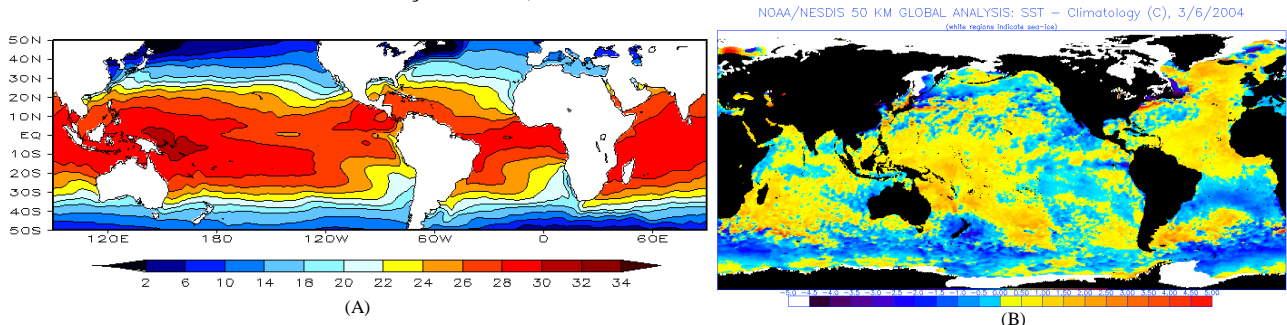


Imagem 12(A) TSM para o mês de março de 2004 e (B) para o dia 06 de março de 2004. Fonte: (A) CPC/NCEP/NWSapud Climanálisee (B) NOAA/NESDIS.

Os bairros mais atingidos foram: Bom Jardim, Jangurussu, Castelão, Genibaú, área do Lagamar e Centro. Sendo que 59.000 pessoas foram atingidas, com uma criança desaparecida e congestionamento no trânsito. O Boletim Climanálise (março de 2004) retrata que em Fortaleza para o período foram registradas chuvas isoladas, causando inundações e transbordamentos de rios e reservatórios, resultando em perdas materiais.

1 de maio de 2006

Inicialmente, por volta das 00h e 10 min, tem-se uma nebulosidade muito intensa sobre praticamente todo o Nordeste do Brasil (NEB), onde a partir da comparação entre as imagens de satélites e as cartas sinóticas, observa-se a atuação da ZCIT, que no momento está atuando fortemente sob a área estudada. A nebulosidade sob Fortaleza é bem acentuada devido a uma atuação entre a ZCIT e uma LI evidenciada a partir das imagens do GOES 12.

De modo geral, estas chuvas estiveram associadas à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), à formação de Linhas de Instabilidade (LIs), à ocorrência de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e ao avanço de sistemas frontais.

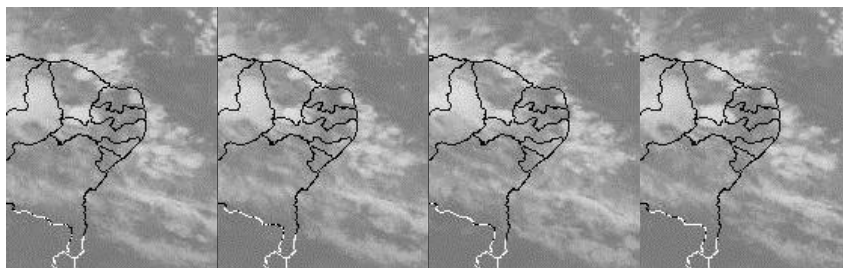


Imagem 13Nebulosidade sob o Ceará, destacando-se a área de estudo, que sofre influencia direta de uma LI. Fonte: INPE/CPTEC

Evidencia-se, então a conotação de evento excepcional devido à atuação conjunta ZCIT-LI, que produziu uma precipitação de 113 mm para o período. Uma consideração a ser feita é que não foram encontrados registros de problemática urbana no dia do evento.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

As TSMs são retratadas da seguinte forma,

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) ficou próxima à média histórica no Pacífico Equatorial e, embora anomalias negativas de TSM ainda tenham sido observadas no leste do Pacífico Equatorial, próximo à costa da América do Sul, as condições são de neutralidade em relação ao fenômeno La Niña. No Atlântico Equatorial, as anomalias positivas de TSM continuam favorecendo o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) próximo ao nordeste da América do Sul, onde ocorreram chuvas acima da média. (Boletim Climanalise, maio de 2006)

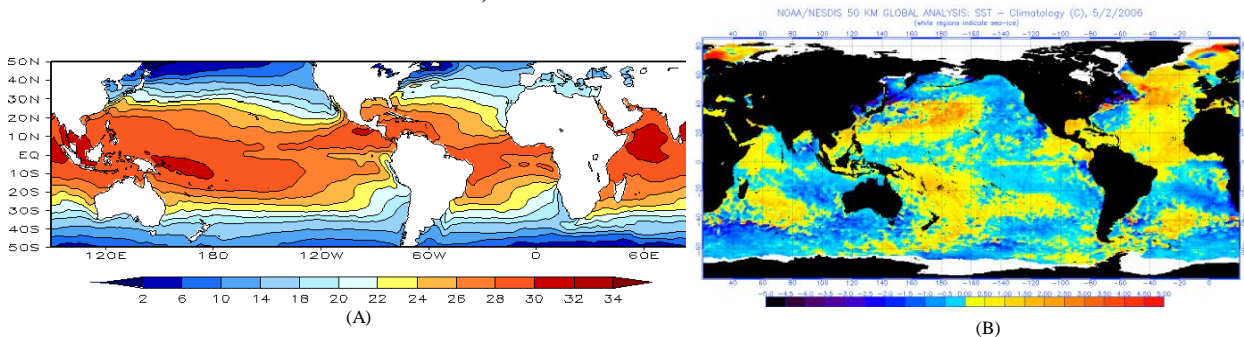


Imagem 14(A) TSM para o mês de maio e (B) para o dia 02 de maio de 2006. Fonte: (A) CPC/NCEP/NWSapud Boletim Climanalise e (B) NOAA/NESDIS.

16 de junho de 2006

Neste período sistemas de escala maior, como a ZCIT, já não atuam de forma extraordinária sob a faixa que compreende o litoral cearense, sobretudo Fortaleza, destaca-se sistemas de escala menores, como as LIs, associados a convecção gerada entre o mar e o continente. A precipitação evidenciada no dia 16

de junho de 2006 está associada a atuação deste sistema atmosférico, provocando quantia de 110 mm de chuva para a cidade de Fortaleza. Conforme o Boletim Climanalise (junho de 2006) “em áreas no norte do Maranhão, Piauí e Ceará, os totais acumulados de chuva variaram entre 100 mm e 200 mm, associados principalmente à formação de Linhas de Instabilidade (LIs).”

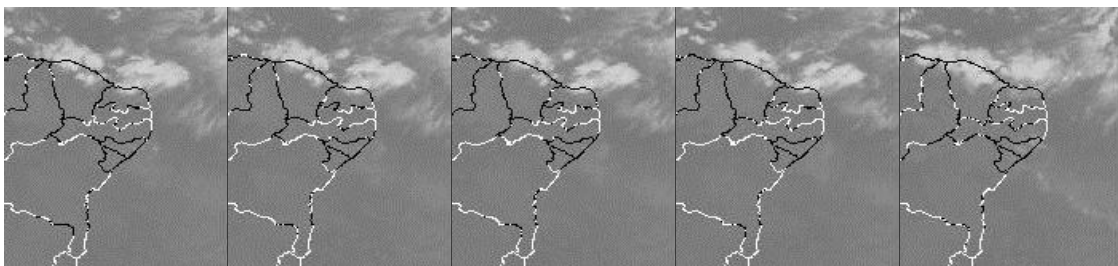


Imagem 15 Sequencia de imagens, entre a horário de 05:00 às 10:00 da manhã, do dia 016 de junho de 2006, mostrando o desenvolvimento da LI sob o litoral do Ceará, atingindo a capital Fortaleza. Fonte: INPE/CPTEC/DSA/GOES 12.

Os oceanos se comportaram da seguinte forma

As condições observadas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e da circulação atmosférica permaneceram em torno da média histórica sobre o Oceano Pacífico Equatorial, consistente com a situação de neutralidade associada ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS)... No Oceano Atlântico, destacou-se a expansão da área de anomalias positivas de TSM na faixa equatorial, atingindo aproximadamente 1oC entre a longitude 10oW e a costa da África. Boletim Climanalise (junho de 2006).

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

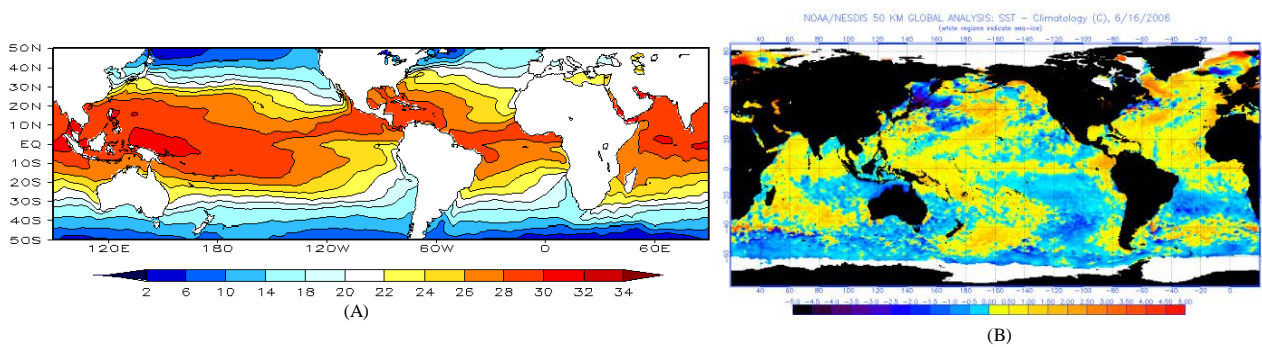


Imagem 16(A) TSM para o mês de junho de 2006 e(B) para o dia 16 de junho de 2006. Fonte: CPC/NCEP/NWSapud Boletim Climanalise e (B) NOAA/NESDIS.

As dificuldades encontradas depois deste evento de 110 mm são relatadas da seguinte forma: houve transbordamento do Riacho Maceió, na Beira-mar de Fortaleza, várias casas alagadas e famílias ilhadas, ruas e avenidas alagadas, queda de árvores, risco de desabamento e transtornos no trânsito. A Defesa Civil do Município registrou 29 ocorrências, sendo que oito foram de riscos de desabamento nos bairros Jardim Iracema, Cristo Redentor, Goiabeiras, São João do Tauape, Parangaba, Barra do Ceará e Vila Velha. Dezenove registros foram de alagamento e inundação na Barra do Ceará, Jacarecanga, São João do Tauape, Quintino Cunha, Parque Genibaú, Castelão, Vicente Pinzón, Cidade de Deus, Vila Velha, Varjota, Boa Vista, Castelo Encantado, Praia de Iracema, Tancredo Neves, Aerolândia, Jangurussu e Demócrito Rocha. As outras duas ocorrências foram no Bom Jardim e no Conjunto Esperança, onde a Defesa Civil limpou e desobstruiu canais, lagoas e galerias.

Vulnerabilidade socioambiental e os eventos iguais ou superiores a 100mm/24h para o período 1996-2008.

As áreas mais vulneráveis em termos socioambientais em Fortaleza são localizadas, principalmente, nas planícies de inundação, cujos rios principais compõem as bacias do rio Cocó, Maranguapinho e Vertente Marítima, conforme Zanella et al., 2009:

As bacias do rio Cocó e Maranguapinho têm seus altos cursos localizados em áreas de Maciços Residuais (vertentes úmidas das Serras de Aratanha e de Maranguape). Em Fortaleza, em seus médios e baixos cursos drenam sobre os Tabuleiros Costeiros da Formação Barreiras, em que a presença de Argissolos e Neossolos Quartzarênicos sustentavam a Mata de Tabuleiro, atualmente substituída pela ocupação urbana. Finalmente, drenam sobre a Planície litorânea, cujas formas são apresentadas pelo campo de Dunas e Praias integradas ao ambiente urbano.

A partir do que é exposto acima pode-se compreender que tanto a geomorfologia bem como as condições hídricas são pouco favoráveis ao tipo de ocupação que atualmente é observada nas planícies fluviais, antes naturais e hoje modificados antropicamente, e seguindo o que é exposto por ZANELLA, et al. (2009), aquelas áreas que se localizam próximas dos corpos hídricos, apresentam maiores problemas relacionados a vulnerabilidade socioambiental. Os bairros mais afetados para o período estudado, são retratados na Tabela 1, que descreve aqueles ambientes que mais passaram por maiores impactos a estes episódios de chuvas, sendo que as informações pertinentes a construção de tal tabela derivam das reportagens jornalísticas colhidas junto ao jornal O Povo, para os dias com precipitação igual ou superior a 100mm/24h para o período 1996-2008, compreendendo a base de dados fornecida por Zanella et al. (2009) de áreas mais vulneráveis socioambientalmente:

BAIRROS ATINGIDOS	BACIA MAIS PRÓXIMA	DIAS DOS EVENTOS E PRECIPITAÇÃO (mm)
Genibaú	Maranguapinho	24/04/97(162,0mm) - 20/04/01(102,4mm) - 19/03/03(138,0mm) - 29/01/04(250mm) - 07/03/04(135,2mm) - 16/06/06 (110 mm)
Castelão	Cocó	11/04/01 (124,2mm) - 19/03/03 (138,0mm) - 29/01/04 (250mm) - 07/03/04(135,2mm) - 16/06/06 (110 mm)
Barra do Ceará	Maranguapinho e área marítima	24/04/97(162,0mm) - 25/04/97(108,9mm) - 29/01/04(250mm) - 16/06/06 (110 mm)
Autran Nunes	Maranguapinho	11/04/01(124,2mm) - 19/03/03(138,0mm)
Aerolândia	Cocó	24/04/97 (162,0mm) - 11/04/01(124,2mm) - 16/06/06 (110 mm)
Pirambu	Área marítima	25/04/97 (108,9mm) - 29/01/04 (250mm)
Jangurussu	Cocó	07/03/04 (135,2mm) - 16/06/06 (110 mm)
Quintino Cunha	Maranguapinho	19/03/03 (138,0mm) - 16/06/06 (110 mm)
Bom Jardim	Maranguapinho	07/03/04 (135,2mm) - 16/06/06 (110 mm)
Praia do Futuro	Área marítima	24/04/97 (162,0mm)
Morro Santa Terezinha	Área marítima	11/03/96 (109,4mm)
Canidezinho	Maranguapinho	19/03/03 (138,0mm)
Henrique Jorge	Maranguapinho	24/04/97 (162,0mm)
Antônio Bezerra	Maranguapinho	29/01/04 (250mm)
Edson Queiroz	Cocó	24/04/97 (162,0mm)

Tabela 1: Bairros que apresentaram vulnerabilidade socioambiental nos estudos de Zanella, et al., sendo a quantificação destes parâmetros eventos do período 1996-2008.

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

ANO	EL NIÑO*	LA NIÑA*	DIPOLO**	CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA***	PERÍODO DOS EVENTOS IGUAIS OU SUPERIORES A 100mm/24h	SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NOS EVENTOS	ATUAÇÃO DA ZCIT, SEGUINDO AS CARTAS SINÓTICAS DIÁRIAS DOS EVENTOS****	REPRESENTAÇÃO DOS EVENTOS NAS CHUVAS MENSIAIS (%)
1996	-	Fraco	Positivo	Normal a chuvoso	11 de março	ZCIT/FF/VCAN	Moderada/Forte	21,11%
1997	Forte	-	Positivo	Seco	24 de abril	ZCIT/DOL	Moderada/Forte	29,98%
					25 de abril	ZCIT/DOL	Leve/Moderada	20,15%
1998	Forte	-	Positivo	Muito seco	-	-	-	-
1999	-	Moderado	Negativo	Normal	-	-	-	-
2000	-	Moderado	Negativo	chuvoso	-	-	-	-
2001	-	Moderado	Neutro	normal	11 de abril	ZCIT/LI	Moderada/Forte	15,19%
					20 de abril	ZCIT	Leve/Moderada	12,52%
2002	Moderado	-	Negativo	normal	-	-	-	-
2003	Moderado	-	Negativo	muito chuvoso	19 de março	CCM	Leve/Moderada	24,27%
2004	Fraco	-	Neutro	normal	29 de janeiro	FF/VCAN	Leve/Moderada	50%
					7 de março	ZCIT/LI	Leve/Moderada	27,07%
2005	Fraco	-		normal	-	-	-	-
2006	Fraco	-		normal	01 de maio	ZCIT/LI	Moderada/Forte	29,61%
					16 de junho	LI	Leve/Moderada	47,06%

Tabela 2: Eventos e características climáticas para o período 1996-2006. Fonte: *Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical apud CPTEC. ** Mantua et al, 1997 apud Molion (2006) *** XAVIER (2001) apud OLÍMPIO e CÂMARA. ****Marinha do Brasil.

Conclusões

A identificação destes sistemas atmosféricos frente a eventos iguais ou superiores a 100mm/24h resultou nos seguintes pontos conclusivos:

1. Ambos os VCANs, que provocaram eventos extremos em Fortaleza estão associados a sistemas frontais. No primeiro para o mês de março de 1996 tem-se a atuação do vórtice fora de sua habitualidade, pois este costuma influenciar de forma mais direta nas chuvas de Fortaleza, nos meses de janeiro e início de fevereiro. Para o evento do dia 24 de janeiro de 2004, observa-se uma atuação do vórtice responsável por 50% das chuvas para o referido mês, sendo este alvo de estudos constantes devido a tal excepcionalidade, evidenciando-se para este dia problemas bastante críticos de falta de infraestrutura urbana.

2. Os DOLs geralmente atuam em junho, julho e agosto. O evento de 1997, foi excepcional tanto pelo fato de ter provocando precipitação acima dos 100mm/24h para dois dias seguidos, no caso os dias 24 e 25 de abril, e por ter atuado em ano e mês incomum. O ano foi classificado como seco, de efeito El Niño forte, sendo pouco favorável a entrada de ondas no litoral cearense; o mês de abril não é um dos meses em que haja atuação marcante deste tipo de sistema em Fortaleza, o habitual se dá nos meses citados inicialmente.

3. Dos 10 eventos extremos evidenciados, 4 foram de Linhas de Instabilidades – LIs, o que deixa claro a relação forte entre a cidade de Fortaleza e o litoral, pois tais sistemas

se formam devido a diferença de temperatura entre a superfície oceânica e a continental, gerando "uma linha de cumulonimbus que se forma ao longo da borda de uma ampla área de movimento descendente." (Hamilton e Archbod (1945) apud Cohen (1989).

4. Foram evidenciados vários problemas urbanos advindos dos eventos, contudo um bairro em si merece atenção especial, no caso o bairro Genibaú, aquele em que pode-se observar uma maior quantidade de registros nos jornais e na Defesa Civil, sendo este alvo de muitos estudos, referentes a perspectiva de áreas de risco e vulnerabilidades.

Referências

CÂMARA, Camila de Freitas; OLÍMPIO, João Luís Sampaio; ZANELLA, Maria Elisa. **Eventos pluviométricos intensos e impactos pluviiais no bairro Mucuripe – Fortaleza/CE.** Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geografia. Fortaleza, 2010. CD-ROM.

CPTEC. **Departamento de Satélites Ambientais - DSA** Disponível em:<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp>, acessado em: 02/01/2011.

_____. **Boletim Climanálise.** Disponível em:<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp>, acessado em: 02/01/2011.

COHEN, Julia Clarinda Paiva. **Um estudo observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia.** 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE. São José dos Campos.

DANTAS, E.W.C; COSTA, M.C.L. (Orgs.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: Editora UFC, 2009. 298p.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Reportagens Anteriores.** Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/anteriores.asp>>, acessado em: 02/01/2011.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região.** ABClimate, vol. 1, ano 1, 2005.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA - FUNCEME. **Séries históricas.** Disponível em:<<http://www.funceme.br/areas/download-de-series-historicas>>,acessadoem: 05/01/2011.

_____. **Projetos especiais: PIRATA.** Disponível em:<<http://www.funceme.br/projetos/principal-pirata>>, acessado em: 05/01/2011.

HAAS, Reinaldo; AMBRIZZI, Tércio; FILHO, Augusto José Pereira. **Chuva severa associada a um Vórtice Ciclônico:** diagnóstico do caso 18 a 31/12/1995 por meio de

Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza, no período de 1996 – 2008

Lucas Pereira Soares, Antônia Adnna Guedes da Silva, Marta Celina Linhares Sales, Maria Elisa Zanella

Vorticidade Potencial Isentrópica. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu, PR, 4 a 9 de agosto de 2002.

NOAA. Pacific Marine Environmental Laboratory. Disponível em: <http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/nino-home.html>, acessado em: 05/01/2011.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; Y. ZHANG; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C.. **A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production**. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997, vol. 78, pp. 1069-1079.

Molion, LCB., 2005. **Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico**. Climanálise 8 (agosto), disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>.

MARINHA DO BRASIL. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>. Acessado em: 04/06/2010.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

_____. **O estudo do clima urbano no Brasil**. In: Clima urbano Monteiro, C.A.F; MENDONÇA, F (Orgs). São Paulo: Contexto, 2003.

MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares; **Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE**. Boletim Goiano de Geografia, n. 28, p. 33-44, 2008.

JORNAL O POVO, 12 de março de 1996, 25 e 26 de abril de 1997, 12 e 21 de abril de 2001, 20 de março de 2003, 30 de janeiro e 8 de março de 2004, 17 de junho de 2006.

SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. **Sistemas de mesoescala e previsão do tempo a curto prazo**. Revista Brasileira de Meteorologia; 1987; Vol. 2, 133-150.

SOARES, Lucas Pereira; SILVA, Antônia Adnna Guedes da; ZANELLA, Maria Elisa; MOURA, Marcelo de Oliveira. **Identificação dos sistemas atmosféricos produtores de chuvas em Fortaleza/CE: episódios janeiro a julho de 2009**. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geografia. Fortaleza, 2010. CD-ROM.

XAVIER, T. de Ma. B.S. **“Tempo de Chuva”**- estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.

ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares; ABREU, Nair Julia Andrade. **Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza/Ce**. GEOUSP - Espaço e Tempo, n. 25, 53-68, 2009.

ZANELLA, Maria Elisa. **Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano**: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J.(orgs.). Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.