

Interações atmosfera-terra-oceano e suas repercussões na precipitação média registrada no leste da Região Nordeste do Brasil

Interactions between atmosphere-land-ocean and their repercussions on the mean precipitation recorded in the eastern Northeast of Brazil

Interacciones atmósfera-tierra-océano y sus repercusiones en la precipitación media registrada en el este de la Región Nordeste de Brasil

Marco Túlio Mendonça Diniz
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
tuliogeografia@gmail.com

Rosemeri Melo e Souza
Universidade Federal de Sergipe
rome@ufs.br

Resumo

O texto trata de explicar diferenciações climáticas existentes no leste da Região Nordeste do Brasil motivadas por fenômenos de circulação atmosférica local, influenciados pelas diferenças de pressão atmosférica no estado médio da atmosfera, atentando para as interações atmosfera-terra-oceano na área. Foram realizadas revisão de literatura, análise e interpretação de imagens de satélite e das normais climatológicas da área. Foi identificado que os fenômenos de brisa terra-mar e diferenças locais nos contrastes barométricos oceano-terra são responsáveis por importantes diferenciações climáticas na área. Esse trabalho de Geografia em escala Regional preencheu uma lacuna no conhecimento científico identificada desde a década de 1970.

Palavras-chave: Geografia Regional, Climatologia Regional, Litoral do Nordeste, Costa dos Recifes.

Abstract

The text tries to explain climatic differences existing in the east of the Northeast region of Brazil motivated by local atmospheric circulation phenomena, influenced by atmospheric pressure differences in the average state of the atmosphere,

considering the atmosphere-land-ocean interactions in the area. Literature review, analysis and interpretation of satellite images and normal weather of the area were done. We identified that the phenomena of land-sea breezes and local differences in the barometric ocean-land contrasts are responsible for important climatic differences in the area. This work of Regional Geography has filled a gap in scientific knowledge identified since the 1970s.

Keywords: Regional Geography, Regional Climatology, Northeastern Region, Northeastern Coast, Reef Coast.

Resumen

El texto trata de explicar diferenciaciones climáticas existentes en el este de la Región Nordeste de Brasil motivadas por fenómenos de circulación atmosférica local, influenciados por las diferencias de presión atmosférica en el estado medio de la atmósfera, fijándose en las interacciones ambiente-tierra-océano en el área. Se realizaron revisiones de literatura, análisis e interpretación de imágenes de satélite y de las normales climatológicas del área. Se identificó que los fenómenos de brisa tierra-mar y diferencias locales de los contrastes barométricos océano-tierra son responsables por importantes diferenciaciones climáticas en el área. Este trabajo de Geografía a escala regional llenó una brecha en el conocimiento científico identificada desde la década de 1970.

Palabras clave: Geografía Regional, Climatología Regional, Región Nordeste, Litoral del Nordeste, Costa de los Recifes.

Introdução

O setor leste da Região Nordeste do Brasil ou Nordeste oriental (ENEB) tem características climáticas bastante peculiares. A influência do Atlântico na climatologia dessa área é tão marcante que o oceano está inserido na própria denominação do tipo de clima da área intitulado “tropical litorâneo do Nordeste oriental” por Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

O clima dessa área é predominantemente úmido desde o Rio Grande do Norte até a Bahia, contudo existem áreas submetidas aos mesmos sistemas atmosféricos em latitudes semelhantes, mas com discrepâncias entre as taxas de precipitação média, em especial chama atenção o fato de Recife/PE registrar o dobro da precipitação média anual em relação à Coruripe/AL.

De forma sumária as massas e sistemas atuantes na área estão descritas abaixo.

São três as massas de ar: a Massa Polar Atlântica (MPA) que se origina sobre o Atlântico nas proximidades do extremo sul do continente sul-americano. Ela se desloca de sul para norte junto ao litoral brasileiro desde o extremo sul, provocando chuvas frontais em seu percurso que chega a atingir o município de Recife. No Nordeste sua atuação se dá principalmente no litoral baiano e durante o inverno.

As outras duas massas atuantes na região são formadas no Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), que gera os alísios de sudeste e leste. As massas geradas são denominadas Massa Equatorial Atlântica (MEA) de atuação mais setentrional e Massa Tropical Atlântica (MTA) de atuação mais austral em relação à anterior (PEREIRA, 2018). O conhecimento acerca da distinção entre essas massas ainda é bem limitado,

pois, alguns autores (NIMER, 1979; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007) até descrevem a MEA, contudo, não a analisam. Já a MTA é melhor descrita e analisada na literatura (NIMER, 1979; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Recentemente, Pereira (2018) desenvolveu um trabalho que deve se tornar referência para a compreensão da atuação da MEA e da MTA na Zona da Mata do Nordeste. A obra confirma a atuação da MEA ao norte do litoral baiano, tendo a MTA maior atuação no litoral da Bahia.

Em análise de simulação de ventos em superfície (Figura 01) é possível identificar duas massas de ar atingindo o ENEB, a MTA com maior atuação sobre o litoral ao sul do recôncavo da Bahia e a MEA atuando mais sobre a Costa dos Recifes (do Cabo do Calcanhar/RN ao recôncavo da Bahia, assim intitulada por Diniz e Oliveira, 2016).

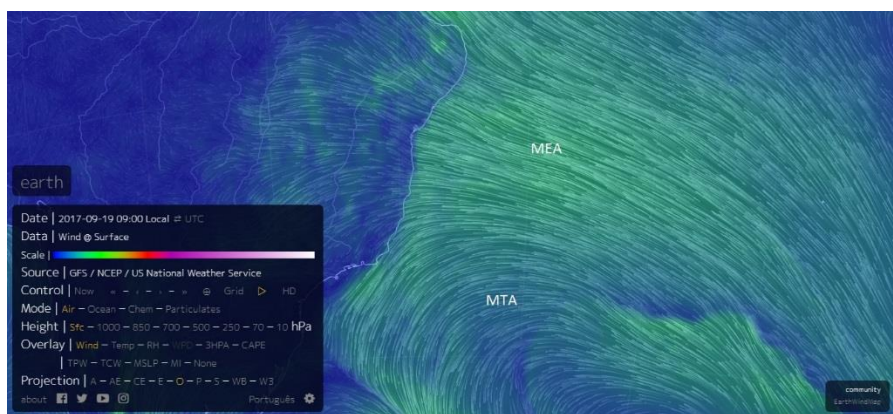


Figura 01: Simulação de ventos em superfície em 19 de setembro de 2017 as 10:12.

Fonte: <https://earth.nullschool.net/#current/wind/surface/level/orthographic=-35.97,-19.12,1148>

Existem três mecanismos de macroescala responsáveis por chuvas no ENEB: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atua principalmente no primeiro semestre do ano e no setor mais setentrional, com sua parte central chegando ao máximo austral em 5°S, podendo atingir o litoral de Sergipe quando forma uma banda secundária (mais austral) (MELO et al., 2009). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) atua principalmente no verão austral, atingindo o sul da Bahia, onde é responsável por chuvas primavera-verão nessa área. Já as frentes frias ocorrem no inverno e são mais intensas no sul do litoral baiano (PEREIRA, 2018). Seu ponto máximo de atuação ao norte é o município de Recife, mas poucas vezes ultrapassa o litoral da Bahia em sua marcha para o norte até a costa (MOLION; BERNARDO, 2002).

Existem ainda sistemas de mesoescala como Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), perturbações ondulatórias no campo dos alísios (POA), Linhas de Instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (MOLION; BERNARDO, 2002), que têm atuação incerta temporalmente e mais localizada

especialmente. Talvez o mais importante desses sistemas para a área em análise seja a POA que ao atingir o ENEB “se intensificam quando chegam à costa, devido ao aumento da convergência de umidade e ao contraste térmico entre o continente e o oceano” (MOLION; BERNARDO, 2002, p. 4). Os autores ainda comentam que em convergência com a brisa terrestre no período da noite e madrugada as POA provocam eventos de precipitação superiores aos 50 mm, fato identificado por Kousky (1980).

As brisas marinhas e terrestres, apesar de serem eventos locais, têm papel importante na distribuição da precipitação ao longo da área. Elas são responsáveis por variações de taxas médias de precipitação em determinados trechos da área. Essas brisas são formadas por gradientes de pressão atmosférica entre o continente e o oceano, nas áreas onde é maior o gradiente de pressão, tende a ser intensificada a convergência entre a brisa terrestre e os alísios de leste e sudeste. Essa convergência é conhecida na literatura por gerar elevação nos totais médios de precipitação pluviométricas nos trechos convexos do litoral do Nordeste (KOUSKY, 1980).

Em relação aos totais médios de precipitação, Nimer (1977, p. 66-68) já havia identificado que “a periferia oriental se constitui na área mais úmida da Região [Nordeste]. De fato, ao longo do litoral, apenas no Rio Grande do Norte e na foz do rio São Francisco a seca dura até quatro meses”.

Entretanto, a menor duração da estação chuvosa e menor precipitação média dessas áreas ainda são lacunas - que objetivamos preencher através desse trabalho - no conhecimento científico.

Metodologia

A área desta pesquisa é o ENEB, entretanto a análise se deu com maior ênfase nos limites da Costa dos Recifes, com detalhe especial para as áreas apontadas por Nimer (1977) como sendo de 4 meses secos. A área ao sul do Recôncavo Baiano recebeu menor ênfase, pois tem clima constante e não apresenta estação seca, conforme já identificado por Diniz et al. (2016) e Pereira (2018).

Para iniciar a investigação foi levantada uma hipótese de que essas áreas do Rio Grande do Norte (RN) e da foz do São Francisco teriam ventos mais intensos. Após a consulta dos dados essa hipótese foi falseada, uma vez que isso não ocorre na foz do São Francisco.

A segunda hipótese afirmava que nas áreas de maior influência da maritimidade (até 100 km de distância da costa) existem trechos onde é maior o gradiente de pressão entre continente e oceano. Nesses trechos há uma elevação nos totais pluviométricos médios, o oposto ocorreria nos trechos de menor gradiente de pressão. Essa hipótese foi corroborada pelos dados disponíveis no teste de falseamento.

Para o teste foi necessário estimar os dados da pressão atmosférica no ENEB. É amplamente conhecido na literatura especializada que a pressão atmosférica diminui cerca 11 hPa a cada 100 m de altitude

A pressão atmosférica em superfície foi estimada adotando como padrão o valor de 1013 hPa ao nível do mar na área. Este valor se refere à normal aferida na estação do INMET de Aracaju, a de menor altitude dentre todas as estações do Nordeste, sendo a normal nesta estação de 1013,4 hPa e a altitude é de 4,7 m (INMET, 2009), assim foi elaborada a Equação 1 para a estimativa de pressão atmosférica média na superfície da Costa dos Recifes.

$$PE = 1013 - \left(\frac{A}{100} * 11 \right)$$

(1)

Onde:

PE = pressão atmosférica estimada na superfície em hPa

A = Altitude em metros

A equação foi testada (Quadro 1) em comparação com a normal aferida em todas as estações litorâneas e algumas outras em áreas mais elevadas e a oeste da costa (nos municípios de Cruzeta, Campina Grande, Monteiro, Garanhuns e Itabaianinha) Foi identificado um desvio inferior a 0,004 em todas as estações, o que permite afirmar que a equação 1 é útil para estimar a pressão atmosférica média em superfície no leste do Nordeste Brasileiro.

Quadro 01: Normais climatológicas e pressão atmosférica estimada nas estações meteorológicas do ENEB e adjacências.

Estação	Temperatura média (°C)	Altitude (m)	Pressão aferida (hPa)	Pressão estimada (hPa)	Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Vento - intensidade (m/s)	Direção resultante vento (graus)	Latitude	Longitude
Ceará Mirim/RN	25,2	61,4	1004,8	1006,2	79,3	1343,8	***	***	05°39'S	35°39'W
Ceará Mirim/RN	25,2	61,4	1004,8	1006,2	79,3	1343,8	***	***	05°39'S	35°39'W
Natal/RN	26	48,6	1009,6	1007,6	77,3	1465,4	4,41	132	05°55'S	35°12'W
Campina Grande/PB	22,4	547,6	951,1	952,8	83,2	875,4	3,25	109	07°13'S	35°53'W
João Pessoa/PB	26,1	7,4	1010	1012,2	77,7	2145,4	2,77	139	07°06'S	34°52'W
Monteiro/PB	23,7	603,7	944,7	946,6	69,1	712,5	2,44	107	07°53'S	37°04'W
Garanhuns/PE	20,6	822,8	920,3	922,5	81,8	874,4	3,75	121	08°53'S	36°31'W
Recife/PE	25,5	10	1012,2	1012	79,8	2417,6	2,82	131	08°03'S	34°57'W
Coruripe/AL	25,2	56,1	1013	1006,8	82,9	1179,5	1,48	96	10°09'S	36°10'W
Maceió/AL	24,8	64,5	1006,6	1005,9	78,5	2070,5	3,69	109	09°40'S	35°42'W
Porto de Pedras/AL	***	50	*1009,3	1007,5	***	***	***	***	09°11'S	35°26'W
Aracaju/SE	26	4,7	1013,4	1012,5	78,2	1695,2	3,12	114	10°57'S	37°03'W
Itabaianinha/SE	23,9	208	989,4	990,12	82,4	1206,4	3,26	108	11°07'S	37°49'W
Propriá/SE	25,4	19,9	**1012	1010,8	80,2	1301,8	3,53	121	10°12'S	36°52'W
Salvador/BA	25,3	51,4	1008,2	1007,3	80,9	2144	2,28	123	13°00'S	38°30'W

Fonte: INMET (2009). *calculada pelas médias disponíveis (janeiro a novembro); **calculada com base nas médias dos anos disponíveis (1978 a 2003); *** ausência de dados.

Não foram registrados desvios consideráveis de temperatura média nas estações litorâneas, que têm variação inferior a 1°C normalmente. A estação mais ao norte no município de Ceará Mirim (05°39'S) tem temperatura média anual de 25,2°C, a estação mais ao sul em Salvador (13°S) tem média anual de 25,3°C (Quadro 01). Foi observado ainda que as estações mais ao interior têm temperatura média mais baixa.

Depois de validada a equação foram traçadas, por meio de vetorização, isóbaras pelas linhas de altitude na área. Essas isolinhas foram vetorizadas suavizando as linhas geradas pelo modelo de elevação do relevo, este por sua vez foi gerado no software ArcGis 10.4, versão acadêmica, utilizando imagens de radar da Missão Topográfica Radar Shuttle, (sigla SRTM em inglês). As imagens utilizadas têm resolução espacial de 30 m, o que permitiu o mapeamento em escala de 1:250.000 das isóbaras médias anuais estimadas.

Após gerado o modelo do relevo e vetorizadas as isóbaras foram geradas figuras JPEG editadas no software CorelDraw X7. Setas com o ângulo perfeito da incidência dos ventos resultantes e sua direção foram inseridas. O cálculo da angulação foi feito no editor de imagens.

Foram geradas isoietas dos estados de Alagoas e Sergipe com base nos dados das normais calculadas pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande - DCA/UFCG (online) obtidos dos postos pluviométricos da SUDENE (1990). Os dados foram georreferenciados e as isolinhas foram vetorizadas no software ArcGis 10.4 e posteriormente foram inseridas as isóbaras traçadas para cruzamento dos dados.

Os perfis do relevo foram traçados do litoral para o interior no software Global Mapper. Tais perfis foram transformados em figuras JPEG que foram ilustradas no CorelDraw x7.

As normais climatológicas das estações da área (INMET, 2009) foram utilizadas ao longo do trabalho para teste da hipótese proposta.

Resultados e Discussão

A componente meridional do vento é positiva quando predomina a forçante para norte dos ventos, no caso da costa dos Recifes os ventos predominantes (alísios) têm origem no ASAS. Desse modo sua componente meridional provém do gradiente de pressão entre a latitude onde atua o anticiclone e o cavado equatorial, sendo defletido para oeste pela força de Coriolis, gerando os ventos de leste e sudeste que atuam na região. Assim a componente meridional tenderia a ser positiva em toda área, fato que se confirma em termos médios anuais, contudo a participação do relevo é responsável pela ocorrência de componente meridional levemente negativa na primavera-verão em Coruripe (Quadro 2), exatamente nos meses de outubro a fevereiro, quando ocorre o enfraquecimento do ASAS. Esta é também a estação de estiagem na área. Neste período do ano o vale do São Francisco “atrai” o ar do litoral para si com maior intensidade,

gerando essa componente negativa. Coruripe é a única estação com direção resultante dos ventos de leste (96°) em toda a Costa dos Recifes (Quadro 01, Figura 02).

Quadro 02: Normais climatológicas da componente meridional do vento em m/s nas estações meteorológicas do ENEB e adjacências.

Estação	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	Set	out	nov	dez	ano
Cruzeta	0,25	0,31	0,15	0,61	1,25	1,97	2,4	2,48	1,8	0,82	0,25	0,13	1,03
Natal/RN	1,75	1,88	1,57	1,89	2,84	3,28	3,44	3,81	3,51	2,58	2,01	1,74	2,52
Campina Grande/PB	0,57	0,61	0,58	0,79	0,92	1,16	1,34	1,1	0,86	0,53	0,53	0,42	0,78
João Pessoa/PB	1,64	1,57	1,44	1,27	1,79	2,18	2,29	2,49	2,35	1,78	1,5	1,49	1,82
Garanhuns/PE	0,97	1,01	0,96	1,5	2,16	2,35	2,87	2,52	2,29	0,84	-0,02	0,48	1,49
Recife/PE	1,12	1,05	0,97	1,26	1,52	1,76	2,09	2,15	2,01	1,25	0,81	0,77	1,4
Coruripe/AL	-0,23	-0,02	0,08	0,14	0,36	0,31	0,35	0,32	0,25	-0,01	-0,1	-0,09	0,11
Maceió/AL	-0,16	0,06	0,48	1	1,65	2,45	2,41	2,1	1,31	0,07	-0,88	-0,6	0,82
Aracaju/SE	0,43	0,58	0,95	1,18	1,48	1,85	1,88	1,63	1,34	0,5	0,05	0,13	1
Itabaianinha/SE	0,02	0,46	0,79	1,01	1,35	1,62	1,63	1,38	1,06	0,38	-0,16	-0,15	0,78
Propriá/SE	1,37	1,45	1,33	1,38	1,21	1,48	1,45	1,58	1,96	1,83	1,24	1,34	1,47
Salvador/BA	0,15	0,38	0,61	1,16	1,38	1,41	1,69	1,41	1,01	0,4	0,13	0,04	0,81

Fonte: INMET (2009).

A componente meridional é também enfraquecida nas estações do interior se comparadas com as do litoral, sendo em médias anuais de 2,52 m/s em Natal, contra 1,03 m/s em Cruzeta; e de 1,82 m/s em João Pessoa, contra 0,78 m/s em Campina Grande (Quadro 2), como exemplos. A exceção mais uma vez está no vale do São Francisco onde a componente meridional é de 1,47 m/s em Propriá, contra 1 m/s em Aracaju. Isso demonstra mais uma vez a participação do relevo e do gradiente de pressão oceano-terra como direcionador das massas de ar após elas adentrarem ao continente. No oceano essa componente é basicamente influenciada pelo gradiente de pressão entre as diferentes latitudes. No caso de Propriá percebe-se na figura 2 que a direção resultante dos ventos é exatamente a direção do canal principal do rio São Francisco (divisa SE/AL), o que reforça o argumento na canalização dos ventos e massas de ar no vale, por isso a maior componente meridional de Propriá em relação a Maceió e Aracaju.

Intitulou-se depressão do baixo São Francisco (DBSF) toda a área afastada até cerca de 200 km da costa, dentro da isoípsa de 300 m e isóbara (estimada) de 980 hPa. O deslocamento de ventos e massas de ar entre Maceió e Aracaju parece ser bastante influenciada pela DBSF, sendo a influência máxima percebida em Coruripe e Propriá, onde a direção resultante dos ventos tende a ser o centro do vale.

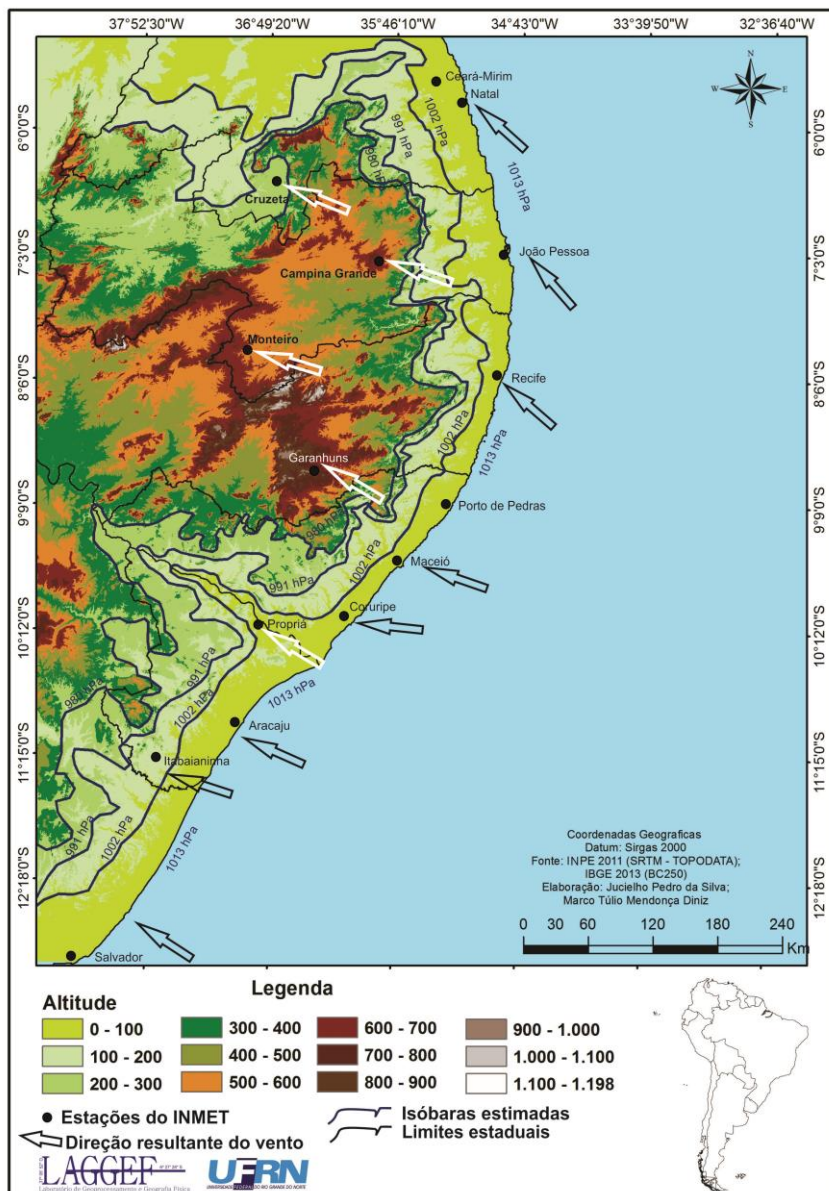


Figura 02: Modelo de elevação do relevo, isóbaras estimadas e direção resultante dos ventos na Costa dos Recifes e adjacências.

Fonte das normais: INMET (2009).

Na Figura 02 é possível perceber que a direção resultante do vento na linha de costa é E em Coruripe, ESE em Maceió e Aracajú, e sudeste ao sul de Aracajú e ao norte de Maceió. Nas estações costeiras em latitudes inferiores aos 8°6'S (Recife, João Pessoa e Natal) a direção resultante do vento é SE, mas nas estações do interior ao norte dessa latitude a direção é ESE (Monteiro, Campina Grande e Cruzeta), o que pode ser explicado novamente pela diminuição da força da componente meridional dos ventos (Quadro 02), que, por sua vez, é motivada pelo relevo e continentalidade. As massas de ar nessa área ao adentrarem o continente são impulsionadas mais para oeste pela força de Coriolis do que para norte pela Célula de Hadley, pois o gradiente de pressão oceano-continente “atrai” as massas de ar para o interior.

A direção resultante dos ventos em Coruripe é a mesma que predomina na foz do Rio São Francisco, fato que pode ser atestado ao se visualizar a direção de migração das dunas da área. Na figura 3 podem ser visualizadas diversas cristas barcanóides das dunas na aba norte do delta do São Francisco, em Piaçabuçu/AL, as pontas destas cristas apontam a direção dos ventos predominantes da área.

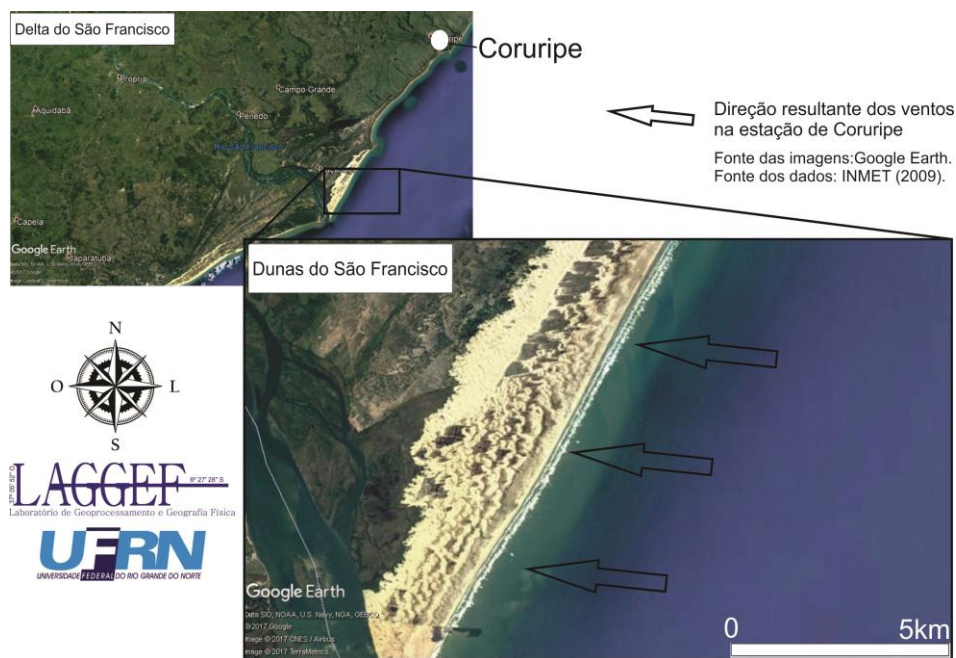


Figura 03: Direção das cristas das dunas do baixo São Francisco e direção resultante dos ventos na extraída da estação de Coruripe.

Fonte das normais: INMET (2009). **Fonte das imagens:** Google Earth. Imagem de 08/07/2017.

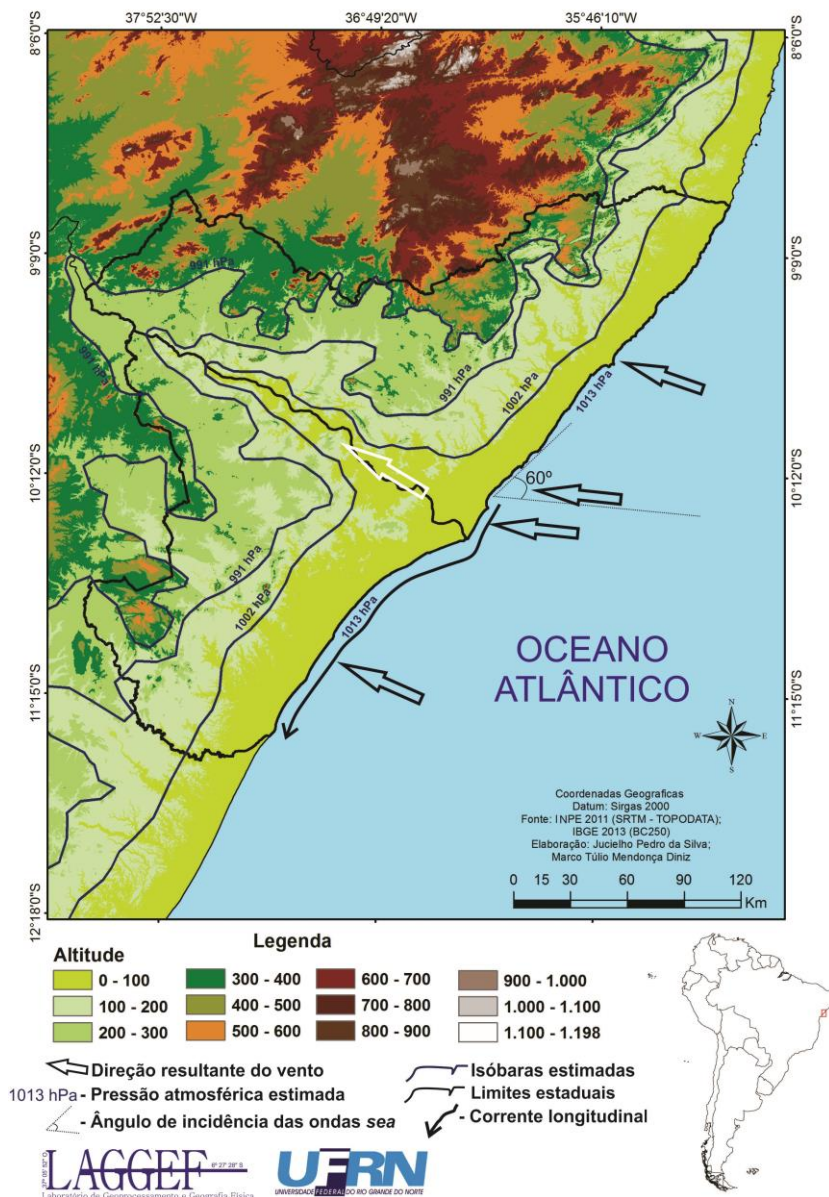


Figura 04: Modelo de elevação do relevo, isóbaras estimadas, direção resultante dos ventos, ângulo de incidência de ondas e corrente longitudinal em Sergipe e Alagoas e adjacências.

Fonte das normais: INMET (2009).

Os ventos predominantes de ESE têm participação mínima na direção da corrente longitudinal ao sul da foz do São Francisco, uma vez que eles atingem a costa em ângulo de 90° em Aracajú, o que anula o transporte longitudinal conforme equação apontada por Muehe (2008). Este fato já havia sido identificado por Diniz et al. (2016), desse modo, os ventos secundários de E como os que predominam em Coruripe são os responsáveis pela corrente longitudinal orientada preferencialmente para sul em todo o litoral ao sul de Coruripe, pois estes ventos atingem a costa em ângulo de cerca de 60° em Coruripe e Aracaju (Figura 4). Ondas *sea* atingindo a costa com essa angulação são favoráveis ao transporte longitudinal e geram corrente e deriva litorânea.

Os sistemas atmosféricos responsáveis pela precipitação pluviométrica na Costa dos Recifes são vários. Os sistemas de macro e mesoescala são os principais responsáveis por chuvas, contudo um sistema de circulação local tem atuação complexa e é responsável por acréscimo ou diminuição na precipitação da umidade carregada pelos sistemas de maior escala. Kousky (1980) identificou que existe um acréscimo de precipitação nos trechos convexos na Costa dos Recifes. Teixeira (2008) identificou o mesmo em Fortaleza, que está no centro da convexidade do litoral setentrional do Nordeste (Costa Semiárida Brasileira). Esse acréscimo ocorre devido a uma convergência entre os alísios e a brisa terrestre sobre a costa, que é responsável pela ascensão do ar úmido, seu resfriamento e precipitação na costa. Nos trechos côncavos essa convergência se dá sobre o oceano, provocando precipitação no mesmo e consequente diminuição da precipitação sobre a costa (KOUSKY, 1980).

Ao mapear as isoietas do litoral do Nordeste (Figura 05) Diniz et al. (2016) identificaram que existe uma diminuição na precipitação média nas duas áreas côncavas do litoral setentrional e no litoral sergipano (levemente côncavo) em comparação às suas adjacências. Ao se aumentar o detalhe do mapeamento é possível perceber o que fora apontado por Nímer (1977), além de serem as únicas áreas onde a seca dura quatro meses, a foz do São Francisco e o litoral oriental do Rio Grande são as únicas áreas onde chove abaixo dos 1250 mm/ano em média junto à linha de costa em todo ENEB.

Após a análise dos dados identificou-se que o fato se deve ao maior gradiente de pressão média da atmosfera entre o oceano e as áreas onde o planalto da Borborema está mais próximo do mar. Ao comparar as figuras 02 e 05 percebe-se que a área mais úmida da Costa dos Recifes ocorre entre as regiões da Mata Sul de Pernambuco e a Mata Norte de Alagoas, trecho onde a isóbara de 980 hPa chega a estar afastada apenas 35 km da linha de costa que tem pressão média de 1013 hPa (Figura 02). Esse maior gradiente de pressão faz com que o ar úmido (proveniente de qualquer dos sistemas atmosféricos), ao adentrar o continente impulsionado pelos alísios, ascenda constantemente sobre a costa como ilustrado na Figura 06.

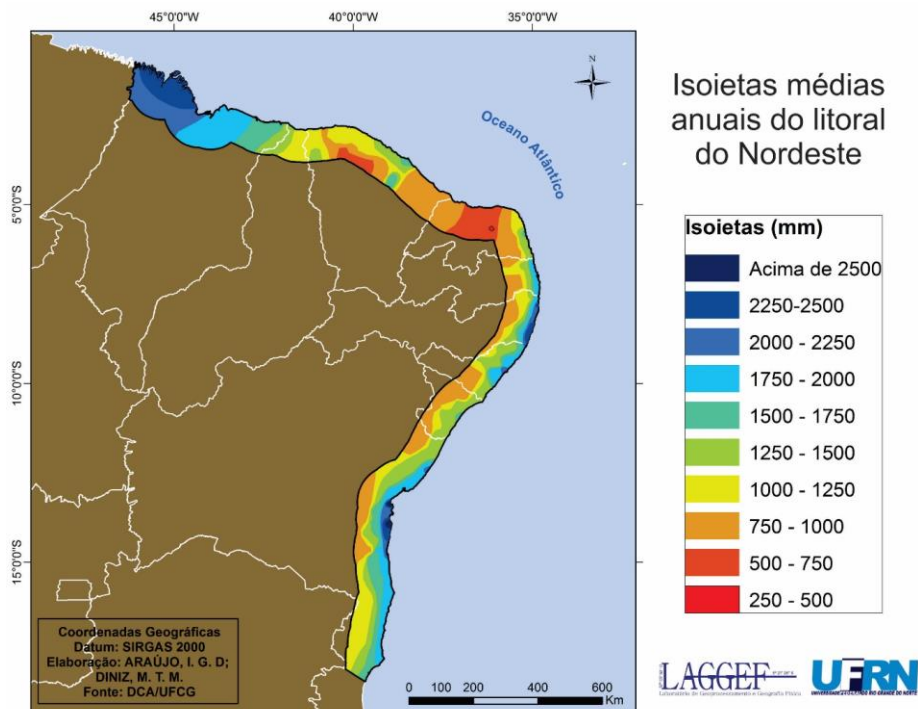


Figura 05: Isoietas médias anuais no litoral do Nordeste.

Fonte: Diniz et. al. (2016).

O fenômeno aqui descrito é tanto mais intenso entre 21h e 9h no horário local, como já observado por Kousky (1980), em decorrência da convergência entre o fluxo médio do ar proveniente do oceano e a brisa terrestre. São comuns as chuvas durante o fim da noite, madrugada e início da manhã em quase toda a costa dos Recifes, especialmente nas áreas onde o planalto da Borborema está mais próximo da costa.

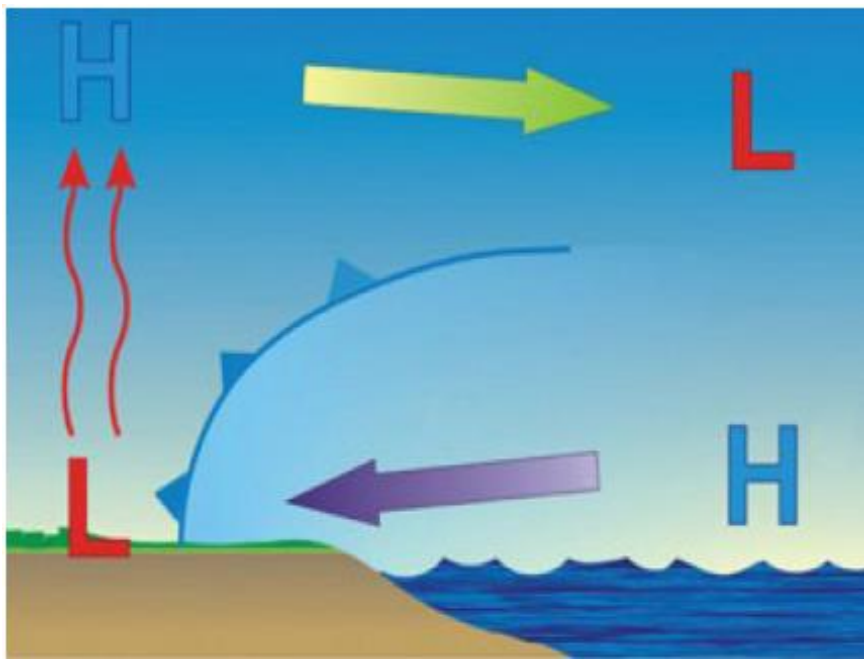


Figura 06: Esquema ilustrando a ascensão do ar úmido carregado do oceano para a costa.
Fonte: Mariano (2014).

O oposto do fenômeno descrito acima ocorre junto à foz do rio São Francisco, onde a linha de 980 hPa se encontra afastada até 200 km da costa, o que faz com que os dados das normais climatológicas de pressão atmosférica, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica das estações de Propriá/SE (afastada aproximadamente 55 km da linha de costa e em altitude de 19,9 m) sejam praticamente idênticos aos de Coruripe (afastada aproximadamente 3 km da linha de costa e em altitude de 56 m). Nessa área não existe gradiente de pressão, não havendo na DBSF o acréscimo de precipitação que se identifica na mata norte de Alagoas (isoípsa de 980 hPa afastada apenas 35 km da costa), por exemplo (Figura 04).

Cruzando os dados de isoietas normais e isoípsas estimadas nos estados de Alagoas e Sergipe (Figura 07) é possível identificar que na área onde não há contraste barométrico continente-oceano, ou seja, na DBSF a isoietas de chuvas abaixo de 1200 mm/ano chega junto à linha de costa, a média anual é de 1179,5 mm em Coruripe. Na área de maior contraste barométrico chove acima de 1900 mm média, na mata norte de Alagoas, onde há o acréscimo de precipitação dado pelo fenômeno explicado.

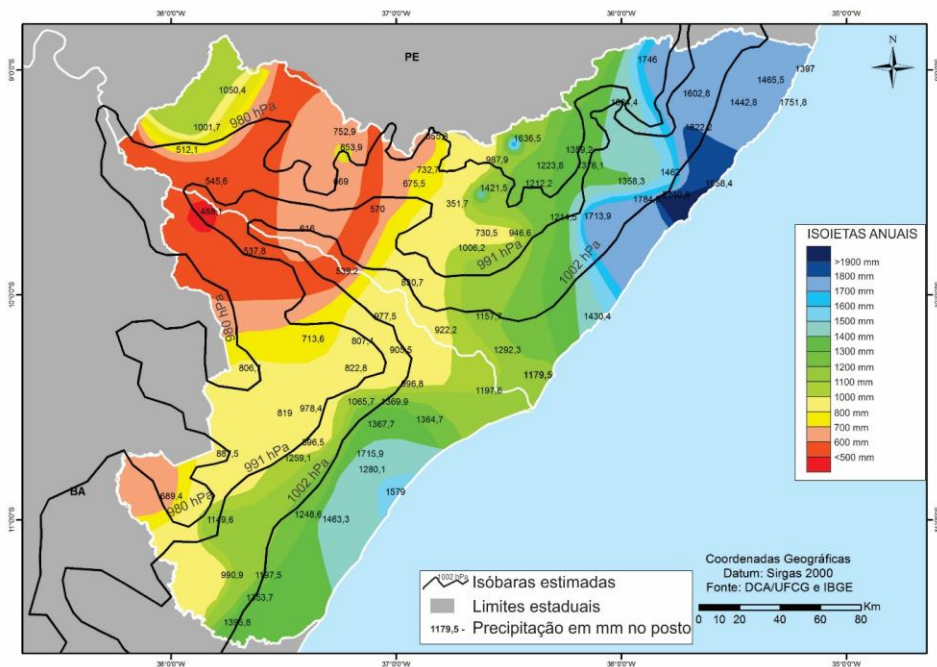


Figura 07: Isoietas médias anuais e isóbaras estimadas nos estados de Sergipe e Alagoas.
Fonte das normais: DCA/UFGC (online) com dados da SUDENE (1990). Elaboração: Isa G. D. Araújo e Marco T. M. Diniz.

Na Figura 07 é possível observar que existe uma relação direta entre a proximidade das isóbaras de 980 hPa e 991 hPa da costa e o aumento de precipitação média na área. O oposto também é identificado, pois quanto mais essas isolinhas se afastam da costa a taxa de precipitação média anual também diminui.

O fato descrito acima foi ilustrado em perfis topográficos longitudinais da costa para o interior a partir das estações pluviométricas de Maceió, Coruripe e Aracaju. Na Figura 8 se identifica que a ascensão e crescimento vertical de nuvens úmidas motivada por contraste barométrico ocorre mais próximo à costa em Maceió, secundariamente nas proximidades de Aracaju e não ocorre próximo a Coruripe. Isso justifica a maior precipitação média em Maceió (2070,5 mm/ano), em comparação com Aracaju (1695,2 mm/ano), e principalmente com Coruripe (1179,5 mm/ano), consideradas as normais pluviométricas (INMET, 2009).

Dessa forma, não só a pequena concavidade do litoral sergipano explica sua menor pluviosidade em relação ao litoral baiano e à mata norte de alagoas, mas o fato de seus modestos planaltos estarem mais afastados da costa quando comparados à proximidade do Planalto da Borborema com a costa.

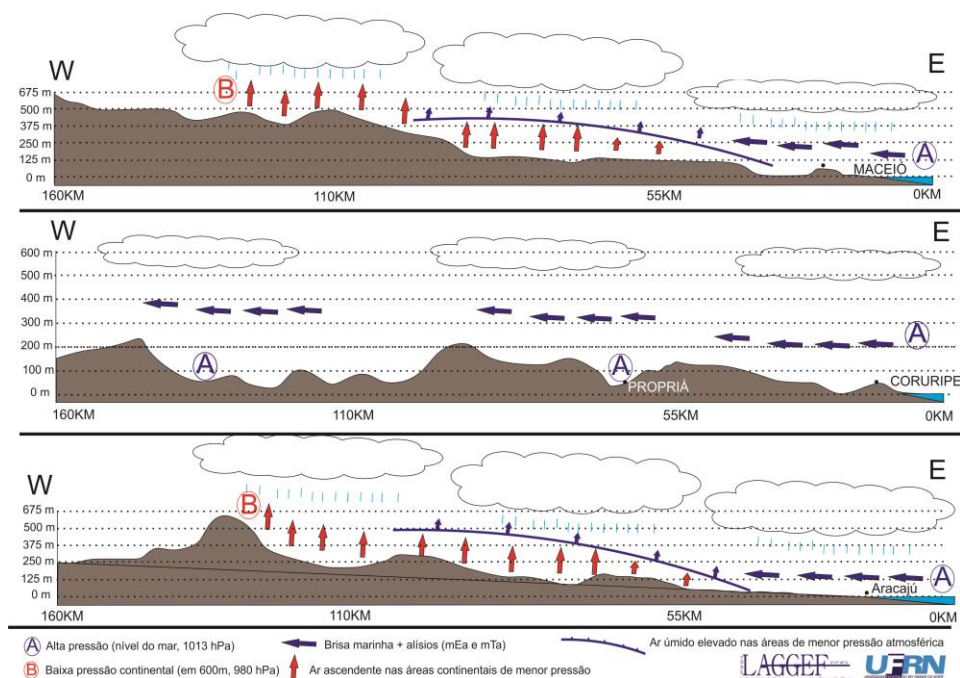


Figura 08: Perfis topográficos longitudinais da costa para o interior a partir das estações pluviométricas de Maceió, Coruripe e Aracaju.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A menor precipitação registrada na DBSF repercutiu no componente da paisagem mais sensível às alterações do potencial ecológico, ou seja, a vegetação. São poucos os mapeamentos sistemáticos de vegetação original de Sergipe e Alagoas, contudo no mapeamento realizado pelo projeto RADAMBRASIL para a folha SC 24/25 Aracaju/Recife existe um mapa de distribuição de fitoclimas da área (Figura 9, GONÇALVES; ORLANDI, 1983). Neste mapa é possível perceber que o tipo “ombrófilo – período de 0/2 meses secos” junto à linha de costa só ocorre fora da área de influência da DBSF, ao sul de Aracaju e ao norte de Maceió. A floresta ombrófila se encontra em pequenas reservas ainda na mata norte de Alagoas, uma vez que essa mata foi devastada pela secular atividade canavieira da área de ocupação mais antiga do país.

Junto à foz do rio São Francisco ocorre o tipo “estacional/semiárido – período de 4/6 meses secos”. Nestas áreas ocorrem formações pioneiras e restingas em porte herbáceo-arbustivo, com aspecto pais próximo ao das savanas. De fato, ao analisar as normais climatológicas de Coruripe, a estação seca dura em média 5 meses nessa área - de outubro a fevereiro - sendo o único trecho ao sul de Natal onde se tem mais de 4 meses secos em todo o Nordeste oriental, devido à ausência do acréscimo de precipitação que seria dado pelo contraste barométrico, como já explicado. Entre a foz do rio São Francisco e Aracaju ao sul, e Maceió ao norte, ocorre o tipo

“ombrófilo/estacional – 2/4 meses secos” onde predominavam florestas estacionais ou semidecíduais.

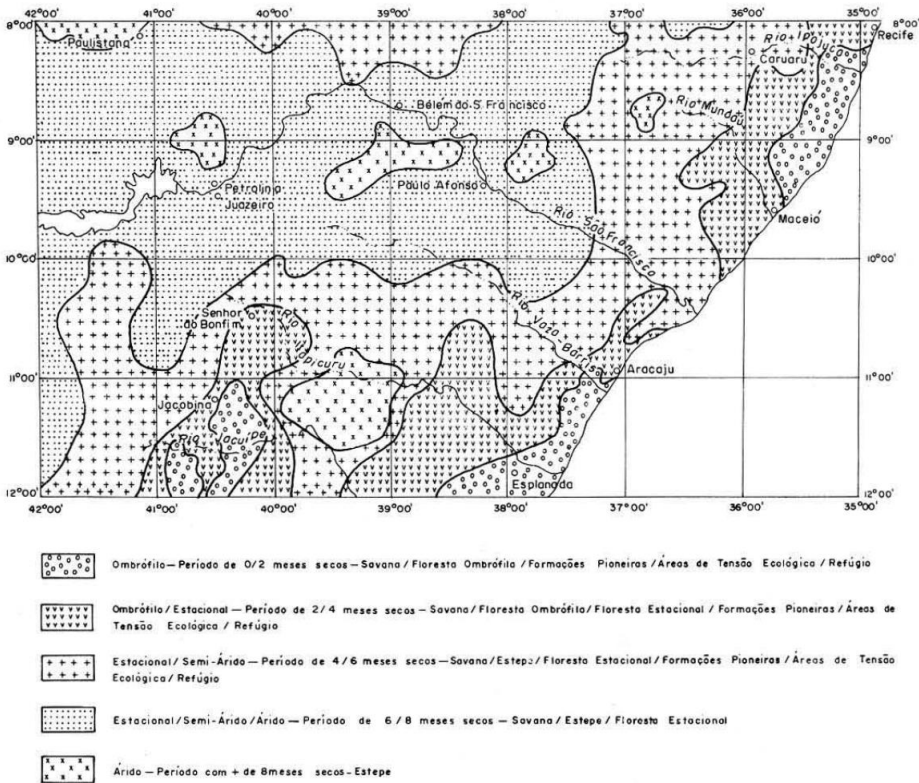


Figura 09: Mapa de fitoclimas das Folhas Aracaju/Recife do Projeto RADAMBRASIL.
Fonte: Gonçalves e Orlandi (1983).

Essa característica climática foi responsável por vários aspectos da ocupação humana no Nordeste oriental. A atividade canavieira que foi a pioneira para a colonização definitiva do Nordeste, e, portanto, do Brasil, se deu principalmente no Recôncavo Baiano e na área de influência de Recife/Olinda – entre João Pessoa e a mata norte de Alagoas. As demais áreas do Nordeste oriental tiveram ocupação periférica em relação a essas áreas mais produtivas (ANDRADE; ANDRADE, 2003).

Voltando a tratar do estado do Rio Grande do Norte, nesta área o planalto da Borborema atinge sua posição máxima ao norte aproximadamente na latitude de Natal (05°55'S, Figura 2, Quadro 1), exatamente ao sul de Natal é que são registradas chuvas acima de 1400 mm em média junto à costa, em Touros, no extremo norte da Costa dos Recifes, a média anual é de apenas 1037,1 mm (SUDENE, 1990) na área ao norte de

Natal praticamente não há contraste barométrico oceano-continente. Essa característica climática foi também importante para o aspecto periférico da atividade canavieira no Rio Grande do Norte em relação à Recife/Olinda desde o início da colonização até a industrialização de Natal no século XX. A atividade canavieira no RN se deu de forma dispersa no litoral oriental de Ceará-Mirim (1343,8 mm/ano de chuvas em média, INMET, 2009) para o sul. No Rio Grande do Norte a maior parte da população se dedicou à criação de gado bovino e à cotonicultura - atividades tipicamente sertanejas - esta última proporcionou que os coronéis do sertão dominassem a economia e política do estado desde o século XIX até meados do século XX (GOMES, 1997; DINIZ; BERNARDINO; OLIVEIRA, 2016).

Considerações finais

Os fenômenos de brisas marinhas e terrestres são de circulação atmosférica local (de micro escala), desse modo, eles não são responsáveis em si por carregar umidade para a costa, porém são preponderantes localmente em acréscimos de eventos de precipitação uma vez que causam a ascensão de ar úmido junto à costa, seja por convergência entre o fluxo médio de ar proveniente do oceano e a brisa terrestre sobre o continente nas áreas de costa convexa (a convergência ocorre sobre o oceano nos trechos de costa côncava), seja por ascensão de ar úmido sobre o litoral nas áreas onde há maior contraste barométrico entre o oceano e o continente, ou seja, nos trechos onde o Planalto da Borborema e outros planaltos mais se aproximam da linha de costa.

A DBSF, junto ao trecho ao norte de Natal são as únicas áreas de toda a Costa dos Recifes onde chove menos de 1200 mm/ano em média junto à linha de costa. Nessas áreas a isóipsa de 300 m e a isóbara de 980 hPa se encontram afastadas até 200 km de distância do oceano.

A climatologia influenciou de forma decisiva a ocupação do litoral oriental do Nordeste, de modo que as áreas mais úmidas foram as mais prósperas para sucrocultura e onde as florestas foram praticamente extintas. Esse processo deu origem às cidades mais ricas e influentes da Região desde o início da colonização do país até meados do século XX – Recife e Salvador, esta última foi a capital da colônia por séculos.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído com o conhecimento na escala de análise geográfica regional.

Os resultados deste artigo apresentaram uma explicação que visou preencher, mesmo que provisoriamente, uma lacuna do conhecimento científico acerca da precipitação média na Costa dos Recifes reconhecida desde a década de 1970.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de pós-doutorado do primeiro autor que financiou essa pesquisa.

Referências

- DCA/UFCG. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). *Clima*. Campina Grande, [20--?]. Disponível em <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/>>. Acesso em 10 ago. 2012.
- DINIZ, M. T. M.; BERNARDINO, D. S. M.; OLIVEIRA, G. P. Condicionantes naturais e distribuição espacial das economias fundantes do Rio Grande do Norte: sucrocultura e pecuária nos séculos XVII E XVIII. *Revista GEOUECE*. v.4, p.126 - 152, 2015.
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.17, p.565 - 590, 2016.
- DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, Fábio Perdigão; OLIVEIRA, G. P.; BERNARDINO, D. S. M. *Geografia Costeira do Nordeste: bases naturais e tipos de uso*. Curitiba: CRV, 2016, v.1. p.135.
- GOMES, R. C. C. *Fragmentação e Gestão do Território no Rio Grande do Norte*. 1997. 225 f. Tese (Doutorado em Geografia)- Universidade Estadual Paulista: Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Claro, 1997.
- GONÇALVES, L. M. C.; ORLANDI, R. P. Vegetação: as regiões fitogeográficas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. *Projeto RADAMBRASIL folhas SC.24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1983.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília, DF: INMET, 2009.
- KOUSKY, V. E. Diurnall rainfall variation in the Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, Boston, v.108, n.4, p. 488 – 498. 1980.
- MARIANO, G. L. *Pressão e movimentos atmosféricos*. Pelotas, UFPEL: [s.n.], 2014. Disponível em <<http://wp.ufpel.edu.br/glaubermariano/files/2014/01/Unidade-III-Press%C3%A3o-e-movimentos-atmosf%C3%A9ricos.pdf>>. Acesso em 19 set. 2017.
- MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F de A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 26-42.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

- MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 253-308.
- NIMER, E. Clima. In: BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Geografia do Brasil: Região Nordeste*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro/RJ: IBGE, 1979. p. 421.
- PEREIRA, M. D. B. *Dinâmica climática e as chuvas na região da Zona da Mata, Nordeste do Brasil*. 2018. 208 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. *Dados pluviométricos mensais do Nordeste*. Recife, 1990. (Série Pluviometria 1 a 10).
- TEIXEIRA, R. F. B. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza-CE. In: *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.3, 2008.

Marco Túlio Mendonça Diniz

Possui graduação (licenciatura), mestrado e doutorado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará. Realizou estágio de pós-doutorado em Geografia Física na Universidade Federal de Sergipe. Atualmente é Professor Adjunto III do Departamento de Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e docente permanente dos Programas de Pós-Graduação em Geografia da UFRN.

E-mail: tuliogeografia@gmail.com

Rosemeri Melo e Souza

Possui graduação (licenciatura) e mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe. Doutora em Desenvolvimento Sustentável pela UnB, com pós-doutorado em Biogeografia na EHESS/UQ na Austrália. Atualmente é Professora Associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe e docente permanente do PPGEO-Programa de Pós-Graduação em Geografia.

É Pesquisadora do CNPq e da FAPUTEC/SE, líder do GEOPLAN - Grupo de Pesquisa em Geocologia e Planejamento Territorial

E-mail: rome@ufs.br

Recebido para publicação em maio de 2018
Aprovado para publicação em novembro de 2018