

RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE E A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DO ATLÂNTICO TROPICAL

RELATIONSHIP BETWEEN THE RAINFALL IN THE SEMI-ARID OF RIO GRANDE DO NORTE STATE AND THE SURFACE TEMPERATURE IN THE TROPICAL ATLANTIC

Matheus Henrique Bezerra de Melo

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Mestrando em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: matheushbm10@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8267-5938>

Eduardo Almeida da Silva

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande e Mestrando em Ciências Climáticas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: eduardometeorologistaufrn@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5809-0454>

Albert Smith Feitosa Suassuna Martins

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: albert.suassuna.018@ufrn.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0333-3997>

Daniel Felipe da Silva

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

E-mail: dani.alucard25@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5080-5347>

Resumo

A proposta do presente trabalho foi de avaliar projeções da Temperatura da Superfície do mar (TSM) sobre o oceano Atlântico Tropical Norte e a precipitação sobre o semiárido do Rio Grande do Norte, bem como a relação entre essas duas variáveis para os experimentos *historical* e RCP 6.0 do AR5/IPCC para o recorte temporal de 2006 a 2017 dos modelos. Dessa forma, pode-se inferir o quanto as projeções destes experimentos podem ser usadas como ferramentas para análise do estado futuro da TSM sobre o Atlântico tropical e sobre a precipitação no semiárido do RN. Utilizou-se os *softwares* *RStudio* e o *Microsoft Excel* 2017 para as análises estatísticas de precipitação, calculando o desvio padrão dos dados. Levando em consideração os resultados obtidos observou-se que nos meses em

que a TSM sobre o atlântico tropical sul está mais aquecida e menos na porção Norte do oceano atlântico tropical é possível notar um aumento nas médias mensais e anuais de precipitação registrados. Desse modo, quando a região da TSM do Atlântico Sul está mais aquecida, a pressão em superfície diminui, assim, ocorre maior evaporação do conteúdo de água do oceano e corrobora a intensificação de movimentos ascendentes que intensificam a convergência de massa favorecendo a formação de nuvens e precipitação.

Palavras-chave: Oceano Atlântico; Precipitação; Semiárido Nordeste, Modelagem; Modelo ESM2G.

Abstract

The purpose of this work was to evaluate the projections of Sea Surface Temperature (SST) over the North Tropical Atlantic Ocean and the exclusion over the semiarid region of Rio Grande do Norte, as well as the relationship between these two variables for the experiments historical an RCP 6.0 of the AR5 / IPCC for the time frame from 2006 to 2017 of the models. Thus, it can be inferred how the projections of these experiments can be used as tools for analyzing the future state of TSM over the tropical Atlantic and on the transformation in the semiarid region of RN. RStudio software and Microsoft Excel 2017 are used for the analysis calculating the standard deviation of the data. Taking into account the results, it is observed that in the months when a SST over the southern tropical Atlantic is more forgotten and less in the northern portion of the tropical atlantic ocean it is possible to notice an increase in the monthly averages and recorded years of reserve. Thus, when the TSM region of the South Atlantic is more heated, the pressure on the outer surface, there is greater evaporation of the water content of the ocean and corroborates the intensification of upward movements that intensify the mass convergence, favoring the formation of clouds and precipitation.

Keywords: Atlantic Ocean; Precipitation; Semiarid Northeastern; Modeling; ESM2G model.

1. Introdução

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos Tropicais Pacífico e Atlântico é a principal variável física influenciadora das condições climáticas em várias áreas do globo (ALVES et al., 2006). No Pacífico Tropical, a presença de eventos quentes (frios) denominados de El Niño (La Niña), com anomalias positivas (negativas) da TSM, causam fenômenos climáticos diferenciados em várias áreas do globo (ROPELEWISK E HALPERT, 1996 E 1997)

De acordo com a classificação de Koppen-Geiger regiões semiáridas apresentam precipitação entre 250 mm a 750 mm/ ano. Outras observações são analisadas nessas regiões, no que se diz respeito aos baixos níveis de umidade, escassez de chuvas, irregularidade no ritmo da precipitação ao longo

dos anos, prolongados períodos de deficiência hídrica e ausência de rios perenes (AB´SABER, 2006).

Grande parte da região Nordeste do Brasil (NEB) é considerada semiárida com variações seja ela temporal ou espacial da precipitação e elevadas temperaturas ao longo do ano (AZEVEDO *et al.*, 1998). O Semiárido do Nordeste do Brasil (SANEB) apresenta uma variabilidade na precipitação média anual com valores registrados entre 400 e 800 mm/ano, evapotranspiração acima de 2000 mm/ano e temperaturas médias mensais superiores a 23°C.

De acordo com Nobrega; Santiago e Soares (2016) as regiões semiáridas brasileiras são mais vulneráveis as mudanças no clima, devido ao aumento da temperatura e mudanças no regime de precipitação dessa localidade.

A região Semiárida do Rio Grande do Norte - RN é a área de estudo do presente trabalho e está contida no sertão nordestino. Baseado no Censo Demográfico do IBGE de 2010, 92,97% do território do RN está na porção semiárida (MEDEIROS, 2012). A quadra chuvosa da região do semiárido do RN concentra-se entre os meses de fevereiro a maio e o trimestre mais seco ocorre entre agosto e outubro e a média de precipitação anual na região central do semiárido do RN é de 630,4 mm, na região agreste é de 639,1 mm, com médias de temperaturas entre 23 a 27°C (EMPARN, 2018).

De acordo com Molion e Bernardo (2002) a região do NEB há uma grande variabilidade no regime de precipitação. Os principais sistemas meteorológicos causadores de precipitação nessa região são: Vórtices Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Linha de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas (Marítima e Terrestres).

Sabe-se que o VCAN é um dos sistemas meteorológicos atuantes na distribuição de precipitação sobre a região do NEB. É um sistema fechado de baixa pressão, de escala sinótica, que se forma na alta troposfera (Gan e Kousky, 1981). Ramirez (1997) definiu a climatologia e características dos VCAN que ocorrem no NEB, com frequência de ocorrência no período de dezembro a fevereiro. Com uma variação de tempo de vida na ordem de 4 a 11 dias (Ramirez et al., 1999).

Outro sistema meteorológico que atua no semiárido do RN é a Zona de Convergência Intertropical. A ZCIT é o maior sistema meteorológico para região do NEB, pois esse sistema é responsável pelo regime da estação chuvosa do NEB. A ZCIT tem um deslocamento médio de 14°N (agosto-setembro) e de 2°S(março-abril). Entre os meses de março a abril tal sistema sua maior atividade convectiva mais intensa. De acordo com Melo et al. (2009) o deslocamento da ZCIT, seja mais ou sul ou mais ao norte, associa-se mais enfraquecimento ou fortalecimento dos ventos alísios de sudeste ou de nordeste, determinando dessa forma a estação chuvosa do NEB.

De acordo com Marengo et al. (2011) a dinâmica do mecanismo da ZCIT responsável pelas chuvas da região semiárida se dar entre os meses de fevereiro a maio. Segundo Xavier et al. (2003) a precipitação do NEB é vulnerável aos sistemas atmosféricos, como por exemplo: El Niño Oscilação Sul (ENOS). Quando a água do Atlântico Tropical Norte está mais quente, ocorre o inverso no Atlântico Equatorial e Tropical Sul (águas frias), isso se deve a fase positiva do Dipolo do Atlântico. Essa dinâmica pode ser compreendida com os movimentos descendentes que transportam ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera terrestre em direção a região setentrional, central e sertão do NEB, portando seguindo essa dinâmica há uma inibição de formação de nuvens de chuva e consequentemente afetando a distribuição de precipitação, podendo ser uma das causas de secas nessa região.

Por outro lado, há uma dinâmica da fase Negativa do Dipolo que se dar quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes, contribuindo dessa forma com o aumento dos movimentos ascendentes sobre essas regiões, intensificando a formação de nuvens de chuva e aumentando a precipitação dessa região (NÓBREGA; SANTIAGO; SOARES, 2016).

Diante do exposto esse trabalho tem por objetivo avaliar as projeções da TSM sobre o Atlântico Tropical e a precipitação sobre o semiárido do Rio Grande do Norte e também analisar as relações entre essas duas variáveis no experimento historical e RCP 6.0 do AR5/IPCC para os anos de 2006 a 2019 dos modelos, pois é o período abrangente do RCP 6.0. Dessa forma, pode ser inferido o quão as projeções deste experimento do IPCC podem ser usadas como ferramentas para análise do estado futuro da TSM sobre o Atlântico tropical e sobre a precipitação no semiárido do RN.

Materiais e Métodos

Para a elaboração do presente estudo foram utilizados os experimentos Historical e RCP60 dos modelos ESM2G e ESM2M do *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*, nos quais referem-se ao laboratório geofísico de dinâmica dos fluidos, que faz parte do National Oceanic and Atmospheric Administration e do escritório de Pesquisa Oceânica e Atmosférica.

Os modelos ESM2M e o ESM2G demonstram fidelidade de escala geral semelhante, eles têm diferenças importantes em suas características termoclinais, circulação profunda, padrões de ventilação e variabilidade do El Niño que sugerem papéis críticos para detalhes da configuração do oceano no sistema climático de carbono acoplado.

O experimento "historical" caracteriza-se por rodadas anteriores ao ano de 2005 e considera-se como representação do sistema climático com níveis de CO₂ observados até esse ano em análise. No experimento RCP 6.0 considera-se que as projeções são baseadas em um cenário de altas

emissões.

O experimento RCP 6.0 foi criado através da modelagem AIM do NIES (National Institute for Environmental Studies) do Japão. Trata-se de um cenário de estabilização em que a forçante radiativa total é estabilizada pouco depois de 2100, através da aplicação de uma série de tecnologias e estratégias para amenizar as emissões de gases de efeito estufa.

No experimento historical (pode ser denominado por período histórico) do CMIP5, a “rodada” (jargão para simulação) histórica é feita de 1850 a 2005, forçando os modelos com as mudanças nas composições atmosféricas observadas (refletindo ambas as fontes, antrópica e natural), incluindo as mudanças no uso e ocupação do solo, e emissões antrópicas de aerossóis no passar desse período.

No experimento historical/ESM2G o período de tempo considerado para a análise dos dados de precipitação sobre o semiárido do RN é de 30 anos (1976-2005). Com o auxílio do Software RStudio, foram calculadas as médias das precipitações mensais e anuais, já no experimento RCP 60/ESM2G esse período é de 14 anos (2006-2019) e também foram realizadas as análises da precipitação, determinando as médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação com o uso do *Software RStudio*, sendo o *Software RStudio* um software livre de ambiente de desenvolvimento integrado para R, uma linguagem de programação para gráficos e cálculos estatísticos.

Resultados e Discussão

O período chuvoso no semiárido do Rio Grande do Norte - RN na simulação Historical (Figura 1 e Tabela 1) ocorre nos meses de janeiro (330,77 mm), fevereiro (275,72 mm), março (325,83 mm), abril (360,32), maio (158,86) e dezembro (103,55mm), com período de seca entre junho (36,31 mm), julho (23,13 mm), agosto (18,68 mm), setembro (14,49 mm), outubro (12,08 mm) e novembro (9,66 mm).

No experimento RCP 60 (Figura 2 e Tabela 1) o período chuvoso também ocorre em janeiro (333,88 mm), fevereiro (279,63 mm), março (311,90 mm), abril (318,16), maio (145,52) e dezembro (156,06 mm). Com período seco em junho (31,75 mm), julho (20,26 mm), agosto (18,28mm), setembro (14,52 mm), outubro (12,25 mm) e novembro (10,21 mm).

Sobrinho et al. (2011) avaliando os resultados de uma série de precipitações mensais de 110 anos (1900-2010) da cidade de Mossoró-RN, observa-se que a média dos totais mensais de chuva variou entre 1,9 mm em outubro e 167,9 mm no mês de março. E ao relacionar com os resultados dos experimentos/modelagem, observa-se que as médias dos experimentos RCP 60 ESM2G e a simulação historical ESM2G superestimam as médias, com valores máximos e mínimos, respectivamente, de 360,32 mm em abril e 9,66 mm em novembro na simulação historical ESM2G e 333,88 mm em

janeiro e 10,21 mm em novembro no experimento RCP 60 ESM2G.

Figura 1. Precipitação média mensal (mm/mês) da simulação Historical (1976-2005) do modelo ESM2G/GFDL.

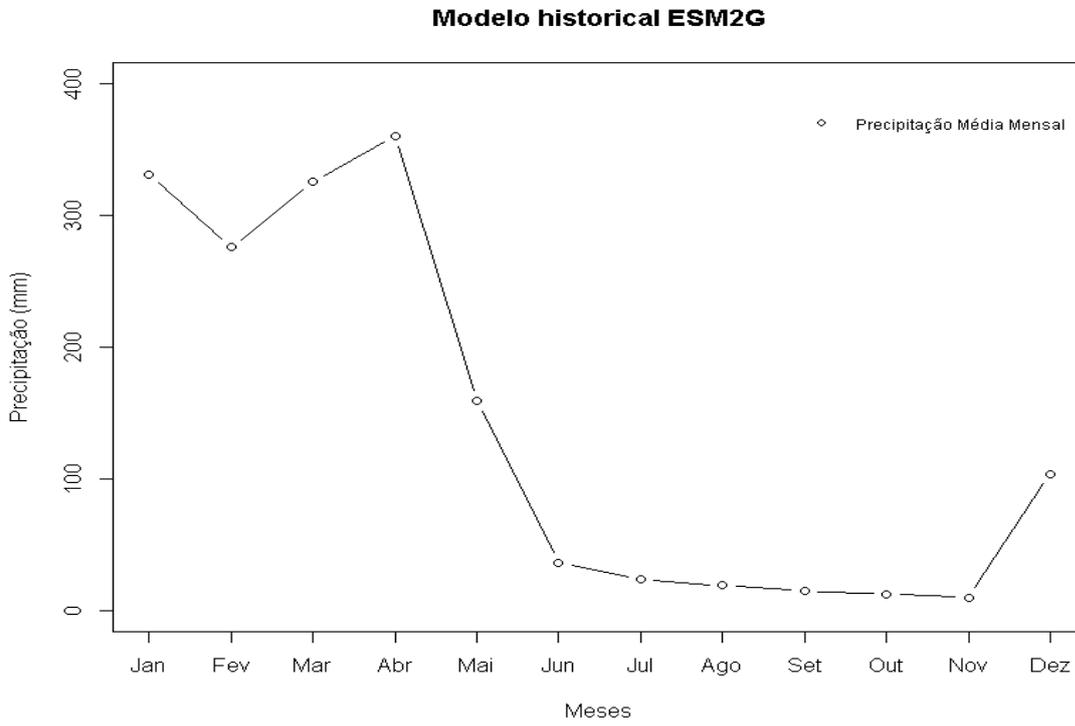


Figura 2. Precipitação média mensal (mm/mês) da simulação RCP (2006-2019; b) do modelo ESM2G/GFDL.

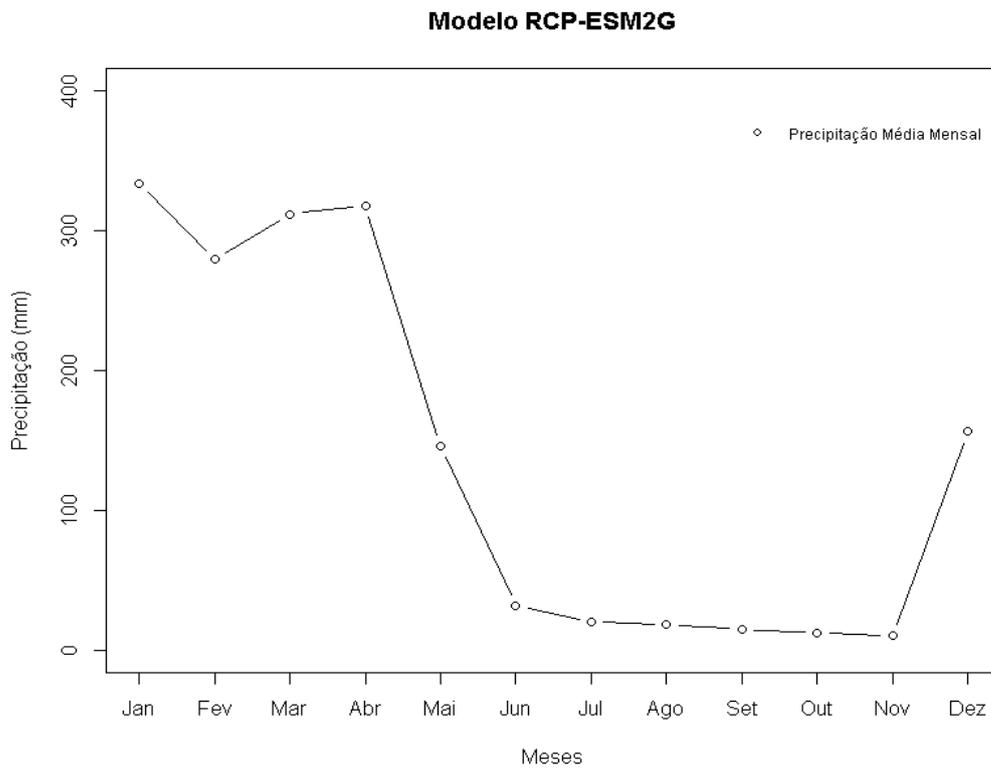


Tabela 1. Precipitação mensal (mm) nos experimentos Historical e RCP 60 do modelo ESM2G.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Historical	330.8	275.7	325.8	360.3	158.9	36.3	23.1	18,7	14.5	12.1	9.7	103.5
RCP 60	333.9	279.6	311.9	318.2	145.5	31.7	20.3	18.3	14.5	12.2	10.2	156.1

***Historical (1976-2005) e RCP60 (2006-2019)**

Como observado na Tabela 1 a diferença de precipitação entre os experimentos ESM2G historical e o ESM2G RCP 60 é positiva nos meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto. No mês de março em 13,9 mm (4,3%), em abril constatou 42,1 mm (11,7%), maio alcançou 13,4 mm (8,4%), em junho 4,6 (12,5%), no mês de julho ocorreu 2,8 mm (12,4%) e em agosto 0,4 mm (2,14%). Segundo o teste t Student há diferenças significativas entre os experimentos, teste este que, é uma distribuição de probabilidades semelhante à distribuição normal. No modelo historical ESM2G apresentou uma média de 153,85 mm e o experimento RCP60 ESM2G 140,98 mm.

A diferença de precipitação entre os experimentos citados acima é diferente nos meses de janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro. No mês de janeiro a diferença é de 3,1 mm, fevereiro obteve 3,9 mm, em setembro foi o mês no qual ocorreu a menor diferença que é de 0 mm, outubro foi constatado 0,1 mm, novembro teve 0.5 mm, dezembro foi obtido a maior diferença em termos absolutos e percentuais, nos quais, são 52,4mm. De acordo com o teste t student também ocorre diferenças significativas entre os experimentos. No experimento RCP 60 ESM2G tem média de 130,08 mm enquanto o experimento historical ESM2G a média é 124,38 mm.

Nos meses de janeiro, fevereiro e março no experimento historical ESM2G têm-se valores de desvio padrão da precipitação no semiárido do RN em aproximadamente de 100 mm, no mês de abril ocorre o maior desvio padrão (165,54 mm), no mês de maio o desvio padrão é em torno de 80 mm e em dezembro possui valores maiores que 50 mm (Fig. 3). Nos meses de junho a novembro, período seco na região, o desvio padrão varia de 12,16 mm em junho a 1,61 mm em novembro.

No experimento RCP 60 ESM2G, a variabilidade ou desvio padrão da precipitação na região considerada de 85,46 mm/mês a 107,84 mm/mês entre os meses de janeiro a maio. Enquanto nos períodos secos, os desvios padrão mensais foram abaixo de 10,41 mm/mês, similar ao observado no experimento historical.

Na Tabela 3, é disposto o desvio padrão anual e desvio padrão médio absoluto(mm) dos totais anuais dos experimentos historical (1976-2005) e RCP 60 (2006-2019) do modelo ESM2G/GDFL, o

desvio padrão anual historical é de 291,61 mm e o desvio padrão anual do experimento rcp 60 é de 214,60 mm. Também é visto o desvio padrão médio absoluto, no qual é 8,50 mm para o modelo historical e 14,07 para o experimento RCP 60.

Tabela 2. Coeficiente de variação (CV; %) e valores do desvio padrão (σ , mm) dos totais mensais dos experimentos historical (1976-2005) e RCP 60(2006-2019) do modelo ESM2G/GFDL.

Experimentos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Historical	CV	29.4	34.9	30.7	45.9	53.0	33.5	20.3	12.9	22.9	15.9	16.7	73.6
	σ	96.1	96.4	100.1	165.5	84.3	12.2	4.7	2.4	3.3	1.9	1.6	76.2
RCP 60	CV	32.3	26.7	37.5	27.9	58.7	32.8	18.3	17.6	18.8	19.1	25.9	57.1
	σ	107.8	74.7	116.9	88.6	85.5	10.4	3.7	3.2	2.7	2.3	2.7	89.2

Tabela 3. Desvio padrão anual e desvio padrão médio absoluto (mm) dos totais anuais dos experimentos historical (1976-2005) e RCP 60 (2006-2019) do modelo ESM2G/GFDL.

Experimentos	Desvio padrão anual	Desvio padrão médio absoluto
Historical	291,61	8,50
RCP 60	214,60	14,07

A maior variabilidade da precipitação nos períodos chuvosos é percebida no coeficiente de variabilidade (CV) em comparação com os períodos secos, com os CV mais altos associados aos maiores valores de precipitação. No experimento historical ESM2G a média do CV do período chuvoso (44,58%) é maior do que a do período seco (20,36%), em aproximadamente 24%. O mês de dezembro apresenta o maior CV com uma alta de dispersão (73,55%) e mês de agosto obteve o menor CV registrando 12,96% associado a uma baixa dispersão dos valores de precipitação.

No experimento ESM2G RCP 60 a média de variabilidade também é maior no período chuvoso, com valor médio de aproximadamente 18%, com maior CV em maio (58,72%) e a menor no mês de agosto (17,55%). O CV no experimento historical ESM2G do período chuvoso é de aproximadamente 5% a mais do que no mesmo período do experimento RCP 60 ESM2G, já no período seco o experimento RCP 60 ESM2G atinge (22,08%) e o experimento historical ESM2G (20,36%), uma diferença de 2% a mais que o experimento historical ESM2G.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os boxplots da precipitação mensal (mm/mês) da simulação historical e do experimento RCP60 do modelo ESM2G/GFDL. No modelo historical e no RCP 60 do ESM2G é possível observarmos que todos os boxplots apresentaram uma variação sazonal

semelhante, com valores elevados de precipitação nos cinco primeiros meses e em dezembro e uma grande redução nos cinco meses posteriores (Figuras 3 e 4). Esta variação sazonal é definida pelos dois períodos distintos do regime de chuva que tem a região, sendo, os meses de dezembro a maio (período chuvoso) e os meses de junho a novembro (período menos chuvoso).

Os boxplots (Figuras 4 e 5) estão em conformidade com as Figuras 1 e 2 (precipitações da média mensais do modelo histórico ESM2G e do RCP 60 ESM2G). Uma vez que os valores da mediana (segmento de reta na caixa) está próximo ao valor da média observadas nas figuras citadas acima, a distribuição destes dados de precipitação no semiárido do RN pode se aproximar da distribuição normal. Neste caso, é possível se observar uma assimetria positiva, uma vez que linha da mediana está próxima ao primeiro quartil para os totais mensais de precipitação, assim como a média mensal (Tabela 1) apresentou-se superior à mediana em todos os meses do ano. Para os meses mais secos (junho a novembro), os boxplot's refletem os baixos valores e as baixas variabilidades deste no período seco.

Figura 4. Boxplots mensais de precipitação (mm/mês) da simulação histórica (1976-2005) do modelo ESM2G/GFDL.

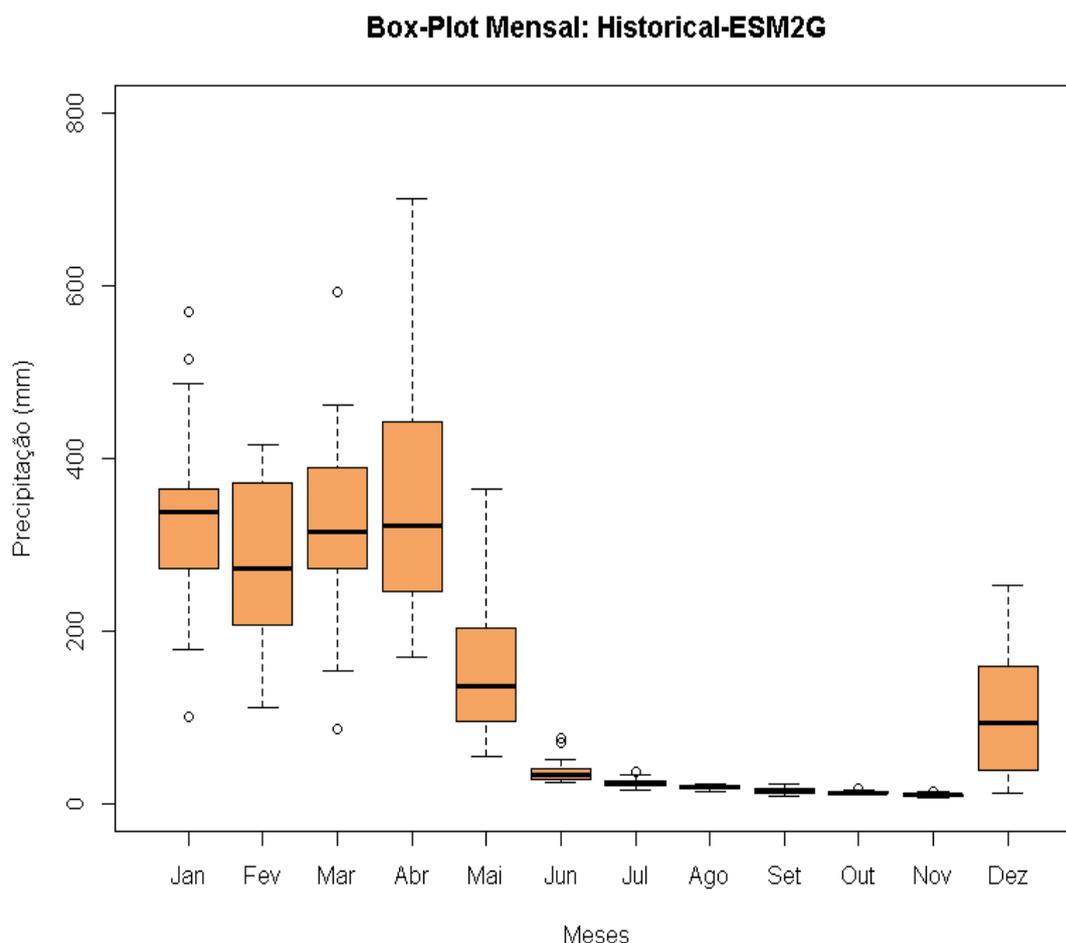
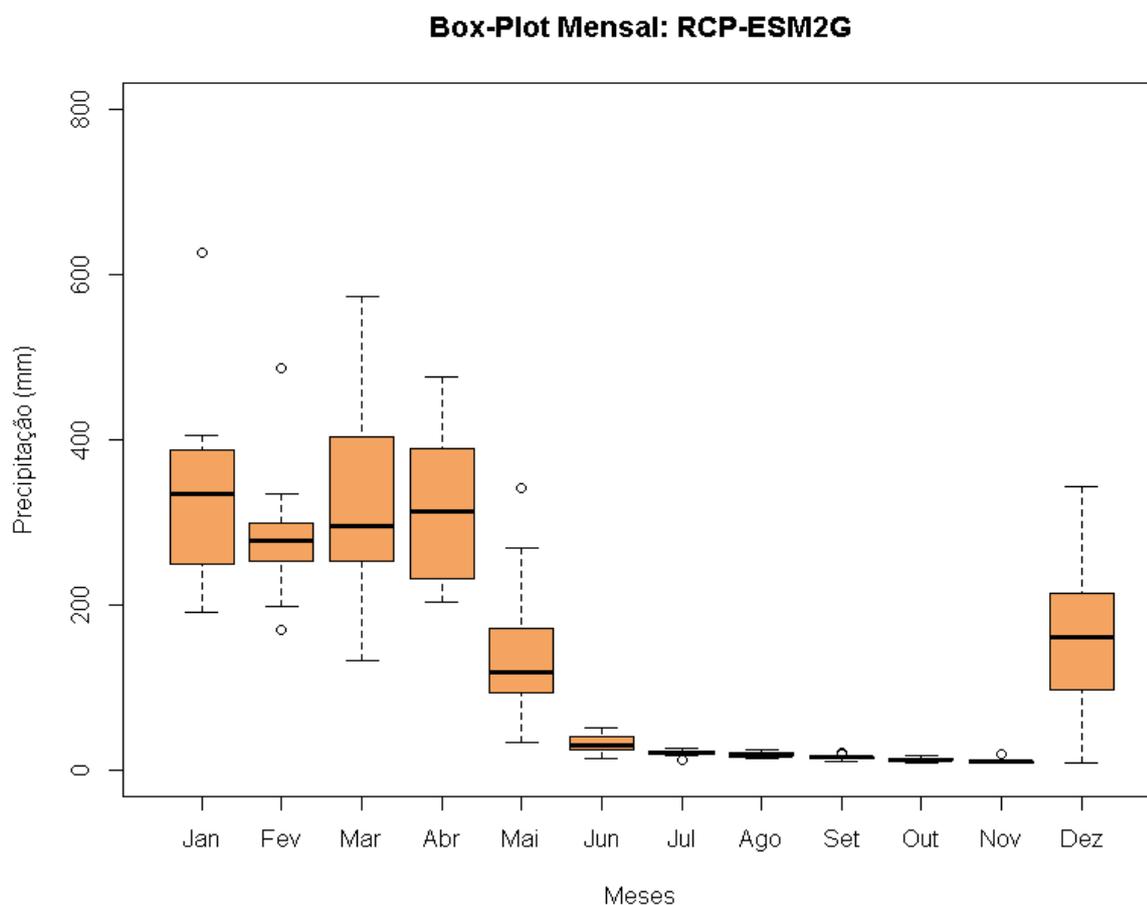


Figura 5. Boxplots mensais de precipitação (mm/mês) do experimento RCP60 (2006-2019) do modelo ESM2G/GFDL.



Considerações Finais

O período chuvoso no semiárido do Rio Grande do Norte para os dois experimentos ocorrem nos meses de dezembro a maio, conforme esperado, a diferença encontra-se nos valores máximos.

O experimento historical superestima (subestimativa) a precipitação na região semiárida do NEB quando comparado ao experimento ESM2G RCP 60 nos meses de meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto (janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro). A variabilidade da precipitação é menor para os meses chuvosos no experimento RCP60 e sem diferença significativa nos meses secos.

Entre o intervalo de março a julho no Hemisfério Sul a TSM do Atlântico Sul apresenta maiores valores de anomalias em semelhança as águas tropicais do Atlântico Norte. Já no período de agosto a dezembro, as anomalias da TSM do Atlântico Norte estão mais altas. Posto que as anomalias da TSM do Atlântico Norte apresentam menores (maiores) médias as do Atlântico Sul apresentam maiores (menores). Esta análise também explica o posicionamento da Zona de Convergência

Intertropical (ZCIT). Seu deslocamento está conectado a temperatura das águas do atlântico tropical, tendo sua posição mais ao norte (sul) durante o período de maiores anomalias no Atlântico Norte, ou seja, quando as águas estão mais quentes.

Referências

ALVES, J. M. B.; Souza, R. O. ; CAMPOS, J. N. B. . Previsão da Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical com o Uso da Equação da Difusão de Temperatura. **Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)**, Cachoeira Paulista-SP, v. 1, n.3, p. 01-14, 2006.

AB' SÁBER, A. N. **Paisagens de Exceção**: o litoral e o Pantanal Mato – grossense: patrimônios básicos. Cotia – SP: Ateliê Editorial, 2006.

KAYANO, M.T; ANDREOLI, R.V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: Cavalcanti, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.P.S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p.213-233, 2009.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. L. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic**. Tellus, v. 33, p. 538-551. 1981. DOI: <https://doi.org/10.3402/tellusa.v33i6.10775>.

MARENGO, J. A. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: IJUSA, 2011.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; M. Assunção F. da Silva Dias; M. Gertrudes A. Justi da Silva. **Tempo e Clima no Brasil**. 01 ed. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 25-41.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: **Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no nordeste do Brasil. **Revista brasileira de climatologia**, v. 18, n. 12, 2016.

RAMIREZ, M.C.V. Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil. São José dos Campos, 1997. p.104, Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

RAMIREZ, M. C. V. KAYANO, M. T.; FERREIRA, N. J. **Statistical analysis of upper tropospheric vortices in the vicinity of northeast Brazil during the 1980-1989 period**. Atmosfera., v.12, p. 75-88, Apr. 1999.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v.115, p.1606-1626. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2).

REPELEWSKI, C. F; HALPERT, M., 1996: Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships. **Journal of Climate**, v.9, p.1043-1059. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1997\)010<2277:QSOPRF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1997)010<2277:QSOPRF>2.0.CO;2).

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; SILVA-DIAS, M. A. F.; SILVA-DIAS, P. L. Interrelações entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 111-126, 2003. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p111-126>.