



**Análise de Índices de Extremos Climáticos no
Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013**
Analysis of Climate Extreme Indices in the Northeast
Brazil and the Brazilian Amazon in the Period from 1980 to 2013

Pollyanne Evangelista da Silva; Cláudio Moisés Santos e Silva;
Maria Helena Constantino Spyrides & Lára de Melo Barbosa Andrade

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas.
Avenida Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, 59078-970, Natal/RN/Brasil*

E-mail: pollyanne.es@gmail.com; claudiom8@gmail.com; mhspyrides@gmail.com; lara.ufrn@gmail.com

Recebido em: 27/03/2018 Aprovado em: 15/08/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_137_148

Resumo

No Brasil, para as regiões da Amazônia (AMZ) e Nordeste do Brasil (NEB) os eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais (inundações e cheias) e secas severas, se alternam numa distribuição espacial e temporal. As enchentes ou inundações e secas afetam a qualidade e acesso a água que por sua vez podem agravar a saúde da população através de doenças, além dos aspectos sociais e econômicos. Dessa forma, o objetivo do estudo é analisar as tendências de indicadores de extremos climáticos relacionados a temperatura do ar e precipitação na AMZ e NEB. Os resultados revelaram possíveis mudanças climáticas local para determinados locais da AMZ e NEB, sendo as maiores mudanças para os índices de temperatura. Observou-se que 48 mesorregiões indicam aumento para os índices TXx (valor mensal máximo de temperatura máxima diária), seguido do índice TX90p (dias quentes), com 47 mesorregiões, TNx (valor mensal máximo de temperatura mínima diária) e redução para TX10p (dias frios) com 42 mesorregiões. Em relação aos índices de precipitação para AMZ e do NEB, observou-se que houve mudanças em 20 ou mais mesorregiões, principalmente para os índices R20mm (dias com precipitação ≥ 20 mm), CDD (dias consecutivos secos), R95p (dias úmidos) e PRECPTOT (precipitação total anual em dias úmidos) com tendência positiva e RX5day (máxima de precipitação em 5 dias consecutivos) com tendência negativa. A região do NEB apresenta as maiores reduções para os índices de precipitação e o maior aumento para a temperatura e, dias e noites quentes. Ainda de acordo com os resultados, dos 21 índices selecionados de acordo com as características da AMZ e NEB, foi possível observar que a mesorregião com os maiores indícios de mudanças climáticas trata-se do Sertão Sergipano com ocorrência 20 índices significativos, seguido do Sul de Roraima com 16 índices. No entanto, há um somatório de fatores como o desmatamento, mau uso do solo, dentre outros, que devem ser considerados que podem estar trazendo implicações no clima local destas regiões em estudo.

Palavras chave: *Climdex*; precipitação intensa; seca; temperatura

Abstract

In Brazil, climate extreme events in the Amazon (AMZ) and Northeast (NEB) regions, such as heavy rainfall (floods and flash floods) and severe drought, alternate both in space and time. Floods, flash floods and droughts affect water quality and access which may impact public health through the proliferation of diseases, in addition to social and economic aspects. Thus, the objective of this study is to analyze trends in air temperature and rainfall climate extreme indices in the AMZ and the NEB. Meteorological data used in this study were from a joint project between the University of Texas (USA) and the Federal University of Espírito Santo (Brazil), made available on the website: <https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IJOC-DATA> and arranged in a $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ grid, for the period from 01 January 1980 to 31 October. 11 extreme air temperature indices and 10 extreme rainfall indices obtained from Climdex were used. Results showed possible local climate change in certain areas of the AMZ and the NEB, with the most important changes occurring in the temperature indices. It was observed that 48 mesoregions indicate an increase for the TXx index (maximum monthly maximum daily temperature), followed by the index TX90p (warm days), with 47 mesoregions, TNx (monthly maximum daily minimum temperature) and reduction for TX10p (cold days) with 42 mesoregions. Regarding rainfall indices in the AMZ and the NEB, it is noted that there have been changes in 20 or more mesoregions, especially in the R20mm (annual count of days when rainfall ≥ 20 mm), CDD (dry spell), R95p (wet days) and PRECPTOT (annual total precipitation on wet days) with positive trend and RX5day (Monthly maximum consecutive 5-day precipitation) indices with positive trend. Results also showed that from 21 indices selected according to the characteristics of the AMZ and the NEB, the mesoregion with the best evidence of climate change is the Outback of Sergipe with the occurrence of 20 statistically significant indices, followed by the South of Roraima with 16 indexes. However, there is a conjunction of factors such as deforestation, inefficient land use, among others, that should be taken into consideration and may be impacting the local climate of the studied regions.

Keywords: *Climdex*; heavy rainfall; drought; temperature

1 Introdução

Eventos extremos de tempo ou clima são anormalidades que ocorrem em escalas de tempo que podem variar de dias até milênios, os eventos extremos de curta duração tem tido maior interesse para os cientistas na área de clima, devido os modelos climáticos, em alguns casos, indicarem aumento maiores frequências e intensidades desses eventos (Marengo *et al.*, 2016).

Estudos como Houghton *et al.* (2001), Klein Tank & Können (2003), Solomon *et al.* (2007) e Shrestha *et al.* (2017) apontam mudanças no comportamento dos eventos climáticos extremos. Esses eventos climáticos extremos podem ser observados através da redução de dias frios, aumento da duração das ondas de calor, elevação na frequência de chuvas intensas ou de secas severas os quais causam expressivos impactos na sociedade e nos ecossistemas e as consequências são sentidas no ambiente econômico, ambiental e social (Meehl *et al.*, 2000; Frich *et al.*, 2002).

Resultados científicos publicados no quinto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, sigla em inglês IPCC (2013), indica mudanças globais e regionais para fenômenos associados a temperatura e precipitação, sendo notório o aumento do número de dias e noites quentes e diminuição do número de dias e noites frias, e quanto aos eventos de precipitação intensa ocorrerá um aumento em regiões da América do Sul (Donat *et al.*, 2013; Skansi *et al.*, 2013).

O NEB é uma região com elevada variabilidade climática em função de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos de diferentes escalas (Oliveira *et al.*, 2014; 2017), apresentando acentuada variabilidade interanual, particularmente na precipitação, com anos extremamente secos alternando-se com anos chuvosos (Cavalcanti, 2009). Na AMZ, o regime de chuva é também não homogêneo, associado à influência de diferentes sistemas de escala local, mesoescala e grande escala (Santos *et al.*, 2015, 2017). Essas regiões são propícia a extremos de secas e precipitação, a qual trazem consequências socioeconômicas importantes para os vários setores

da região tal como na agricultura, transportes, recursos hídricos, saúde e habitação (Alves *et al.*, 2013).

Quantificação da variabilidade e/ou mudanças climáticas são realizadas através de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas. As tendências destas variáveis para um determinado local podem ser indicadores para verificar a ocorrência de mudanças no clima local. Assim, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou um grupo de trabalho que elaborou índices de detecção de mudanças climáticas que trata da Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* – ETCCDMI). Ao todo foram definidos 27 (vinte e sete) índices, sendo que alguns destes são aplicados para latitudes médias, outros para os trópicos e parte deles são válidos para qualquer local (NÓBREGA *et al.*, 2015). A partir dessas definições, uma série de estudos foram realizados em vários locais do mundo, incluindo estudos na América do Sul e Brasil (Haylock *et al.*, 2006; Santos & Brito, 2007; Santos *et al.*, 2009; Satyamurty *et al.*, 2010; Skanzi *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2017; Santos & Oliveira, 2017).

Os estudos de detecção de mudanças climáticas na AMZ e NEB podem ser úteis no sentido orientar atividades em setores como a defesa e proteção civil, a agricultura, a saúde, o planejamento urbano, o gerenciamento de recursos hídricos, entre outros. Neste contexto, o objetivo do presente estudo é analisar as tendências de indicadores de extremos climáticos relacionados a temperatura do ar e precipitação na AMZ e NEB.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A abrangência do estudo trata-se das mesoregiões da Amazônia e Nordeste do Brasil. Amazônia brasileira possui uma área de cerca de 5.217.423 km², correspondendo a 61% da área total do Brasil. Localiza-se na região equatorial entre 5°N-18°S e 42°W-74°W e contempla nove estados, sendo sete da região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), um dos estados do Centro-Oeste (Mato Grosso) (Borma *et al.*, 2013).

O regime de precipitação da Amazônia é determinado por três principais sistemas convectivos de grande escala e escala sinótica: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), bem definida nos oceanos Atlântico e Pacífico, responsável pela precipitação máxima durante o outono (De Souza & Rocha, 2006); a Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS) que atua principalmente na região sul e sudoeste da Amazônia, responsável pela precipitação máxima no final da primavera e no verão (Grimm, 2011) e a Alta da Bolívia (AB) que favorecem o cavado do nordeste (Rolim, *et al.*, 2006), que está associada a eventos de precipitação durante o verão (Lenters & Cook, 1997).

O NEB abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, ocupando uma área de 15.558.196 km². É banhada ao norte e a leste pelo oceano Atlântico, limitada a oeste aproximadamente pelo meridiano de 47°W e ao sul pelo paralelo de 18°S (Kayano & Andreoli, 2009). Apesar de sua localização, a região não apresenta uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais. Caracteriza-se, basicamente, por três tipos climáticos, com a precipitação variando de 300 a 2.000 mm: clima litorâneo úmido caracterizado no litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte, tropical em áreas dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí e, por fim, o clima do semiárido que se localiza em todo o sertão nordestino (Barbosa & Correia, 2005). A diversidade de clima no NEB é decorrente de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos, como por exemplo, a geografia, relevo, natureza da superfície e os sistemas de pressão atuantes na região (Oliveira *et al.*, 2014; 2017).

2.2 Dados

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo foram disponibilizados por um projeto conjunto entre a Universidade do Texas (USA) e Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil). Os dados são de domínio público e disponível no site: <https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IJOC-DATA>. A metodologia para a obtenção dessa base de dados é descrita por Xavier *et al.* (2016). São disponibilizadas as seguintes variáveis meteorológicas: precipitação, vento,

temperatura mínima e máxima, umidade relativa e evapotranspiração. Estão dispostos em uma grade regular de 0,25 ° × 0,25 ° e cobrem todo o território brasileiro; entretanto, para a pesquisa, utilizamos dados sobre a bacia amazônica e o nordeste do Brasil. A amostragem é diária e, no presente estudo, utilizaremos o período de 01 de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2013.

Os índices de extremos de temperatura do ar e precipitação foram obtidos a partir do *Climdex*, desenvolvido por (Zhang & Yang, 2004). Seguiu-se a metodologia de (Zhang *et al.*, 2005 e Haylock *et al.*, 2006), aplicada a estudos locais que auxiliam no monitoramento e na detecção de mudanças climáticas, o qual é desenvolvido para a linguagem computacional R e está disponível gratuitamente para download no portal <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>.

Dos 27 índices de extremos climáticos disponível 6 não se enquadraram nos dados da Amazônia e Nordeste do Brasil, sendo estes: dias de geada (dias em que temperatura mínima diária < 0°C), número de dias de congelamento (dias em que temperatura máxima diária < 0°C), número de dias com pelo menos 6 dias de temperatura média diária > 5°C e < 5°C, dias com pelo menos 6 dias consecutivos quando temperatura noturna < 10º percentil, dias com pelo menos 6 dias consecutivos quando temperatura máxima > 90º percentil e dias em que precipitação ≥ quantidade de chuva em mm.

Portanto, analisou-se 21 índices, sendo 10 relativos aos dados de precipitação e 11 aos dados de temperatura (Tabela 1). O *Climdex* fornece algumas informações estatísticas para cada índice: tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor p) obtido através do método de Fisher, coeficiente de determinação (R²), erro padrão de estimativa e os gráficos das séries anuais (Zhang & Yang, 2004).

Os índices de extremos climáticos foram calculados para 62 mesorregiões (Figura 1), sendo 20 para AMZ e 42 para o NEB. Esses índices de extremos climatológicos possibilitam observar se houve alguma mudança climática nos últimos 33 anos nas mesorregiões de estudo. Com isso, foi selecionado

Índice	Definição	Unidade
SU	Número de dias quando TX (temperatura máxima diária) > 25°C	dias
TR	Número de dias com noites em que TN (temperatura mínima diária) > 20°C	dias
TX _x	Valor mensal máximo de temperatura máxima diária	°C
TN _x	Valor mensal máximo de temperatura mínima diária	°C
TX _n	Valor mensal mínima de temperatura máxima diária	°C
TN _n	Valor mensal mínima de temperatura mínima diária	°C
TX10 _p	Porcentagem de dias quando TX < 10 percentil (dias frios)	%
TX90 _p	Porcentagem de dias quando TX > 90 percentil (dias quentes)	%
TN10 _p	Porcentagem de dias quando TX < 10 percentil (noites frias)	%
TN90 _p	Porcentagem de dias quando TX > 90 percentil (noites quentes)	%
DTR	Amplitude térmica diária: diferença média mensal entre TX e TN	°C
SDII	Média de precipitação com dias de chuvas ≥ 1 mm	mm/dia
R10mm	Número de dias com precipitação ≥ 10 mm	dias
R20mm	Número de dias com precipitação ≥ 20 mm	dias
RX1day	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	mm/dia
RX5day	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias consecutivos	mm/dia
CDD	Número máximo de dias consecutivos com precipitação < 1 mm (dias consecutivos secos).	dias
CWD	Número máximo de dias úmidos consecutivos (nº de dias consecutivos em que a precipitação foi superior ou igual a 1mm)	dias
R95p	Precipitação anual que excedeu o percentil 95 no período de 1980 a 2013 (percentil: dias úmidos).	mm
R99p	Precipitação anual que excedeu o percentil 99 no período de 1980 a 2013 (percentil: dias extremamente úmidos).	mm
PRECPTOT	Precipitação total anual em dias úmidos	mm

Tabela 1 Definições dos 21 índices de extremos climáticos do Climdex referentes à temperatura e à precipitação compreendidos no estudo.

um ponto de grade para representar cada mesorregião como mostra a Figura 1. Um estudo sobre mesorregiões pode ser importante para planejamento regionais na construção de indicadores demonstrando a situação dessas mesorregiões nos aspectos sociais, econômicos e de saúde.

3 Resultados e Discussão

Apresenta-se na Figura 2 e Tabela 2 as tendências dos índices de temperatura como SU, TR, TX_x, TN_x, TX_n, TN_n, TX10_p, TX90_p, TN10_p, TN90_p e DTR, enquanto a Figura 3 e Tabela 3 exibem as tendências dos índices de precipitação Rx1day, Rx5day, SDII, R10mm, R20mm, CDD, CWD, R95p, R99p e PRECPTOT. Considerou-se no estudo as tendências estatisticamente significantes ao nível de significância de 1%, 5% e 10%. A análise detectou tendências climáticas no padrão de temperatura (Figura 2), em que é possível verificar tendência positivas a mudanças climáticas locais para o índice SU para as mesorregiões da região semiárida do NEB, com destaque para o Leste (1,59 dias) e Agreste Alagoano (1,17 dias), por outro lado, houve uma redução nas mesorregiões do Sudoeste Paraense (-0,04 dias) região semiárida e litoral do nordeste, sobressaindo o Centro Norte Baiano (-0,83 dias) e Borborema (-0,72 dias).

Os resultados evidenciam que o número anual de dias em que a temperatura mínima do ar foi superior a 20°C (TR) está aumentando para as mesorregiões da Amazônia ocidental e oriental, sendo que as mesorregiões Madeira-Guaporé (2,35 dias), Vale do Acre (2,46 dias) destacam-se com por indicarem as maiores tendências. No NEB, o aumento ocorreu no sertão, meio norte e zona da mata, sendo que tendências muito mais elevadas foram observadas no Leste Sergipano com 7,55 dias, Agreste Alagoano com 7,47 dias, Sertão Sergipano com 6,69 dias, Leste Alagoano com 5,57 dias, e Sertão Alagoano (5,65 dias), em contrapartida, apenas as mesorregiões Sul Amazonense (-0,59 dias) e Centro Norte Baiano (-3,22 dias) foi evidenciado uma redução do número de noites que a temperatura mínima ultrapassava 20°C (Figura 2 e Tabela 2). Essas mudanças podem provocar alterações no volume de chuvas que podem levar a ocorrência eventos extremos, como secas e inundações. Estes fenômenos climáticos impactam

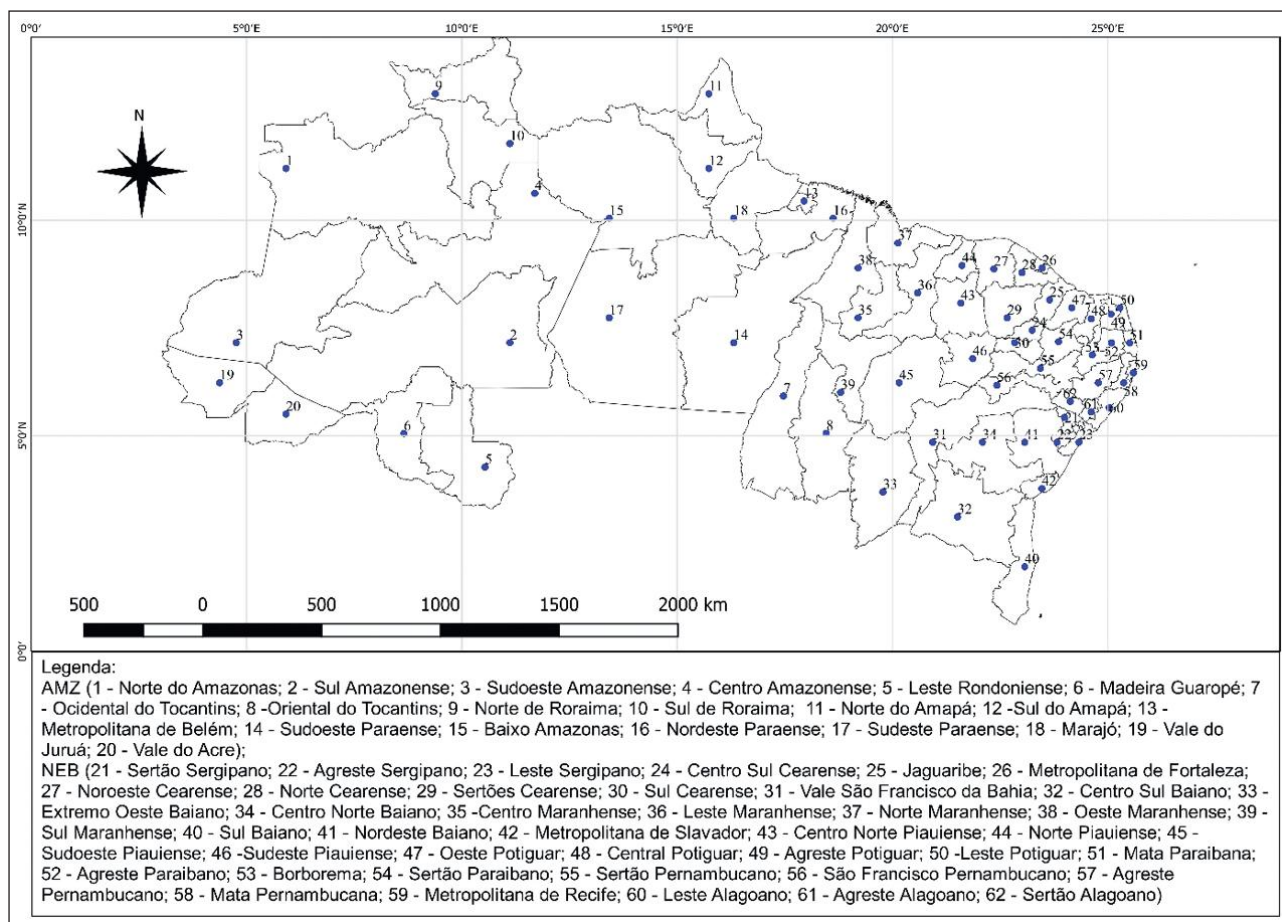


Figura 1 Localização dos 62 (sessenta e dois) pontos de grade representando as mesorregiões da Amazônia (AMZ) e Nordeste do Brasil (NEB).

na irrigação, na perda do potencial de pesca e na redução da produção agrícola, afetando diretamente a segurança alimentar das populações que vivem nessas regiões.

O índice dos máximos valores das temperaturas máximas diárias (TXx) revelou um aumento para 44 mesorregiões estudadas (Figura 2 e Tabela 2) corroborando com o relatório do IPCC (2013) e Skansi *et al.* (2013). As maiores tendências foram observadas no Agreste Alagoano com 0,16°C, seguido das mesorregiões Sertão Sergipano com 0,14°C, Sertão Alagoano com 0,12°C e Leste Alagoano com 0,11°C. É possível observar comportamento similar para o índice do valor máximo da temperatura mínima diária (TNx), no qual 37 mesorregiões exibem tendência de aumento, sobressaindo o Agreste Alagoano com tendência de aumento 0,11°C aproxima-

damente, exceto as mesorregiões Sul Amazonense (-0,04°C), Centro Norte Baiano (-0,05°C), Agreste Paraibano e Borborema (-0,04°C) que revelaram tendências negativas.

Quanto ao índice TXn evidencia-se que o valor mínimo da temperatura máxima diária tem aumentado em algumas mesorregiões da Amazônia oriental e ocidental e Sertão nordestino com destaque para o Agreste Alagoano que apresentou um aumento de 0,11°C. Apenas 5 mesorregiões revelaram redução do valor mensal mínimo da temperatura máxima diária (Figura 2 e Tabela 2): -0,02°C para o Agreste Potiguar, -0,07°C para Centro Norte Baiano, e -0,08°C para Vale do Acre, Agreste Paraibano e Borborema.

A distribuição espacial apresentada na Figura 2 e Tabela 2 para o índice TNn revela que a tempe-

ratura mínima está aumentando com maior relevância para Agreste Alagoano (0,11°C), e Leste Maranhense (0,08°C), Leste Sergipano (0,07°C) e Leste Alagoano (0,06°C). Por outro lado, mesorregiões como Norte do Amapá e Nordeste Baiano apresentam uma redução de -0,02°C, Centro Norte Baiano de -0,08°C e Extremo Oeste Baiano de -0,13°C (Figura 2 e Tabela 2).

No período estudado constatou-se (Figura 2 e Tabela 2) redução do índice de dias frios (TX10p), indicando menor porcentagem de dias com temperatura máxima abaixo do percentil 36 em 62 mesorregiões que engloba AMZ e NEB. Em contrapartida, o Sudeste do Paraense destacou-se por apresentar o maior aumento de dias muito frios no ano que corresponde a 0,65%. Por outro lado, 42 mesorregiões revelaram aumentos no índice dias quentes (TX90p), indicando maior porcentagem de dias com temperatura máxima acima do percentil 90 tendo as mesorregiões Sul do Amapá (1,03%) e Mata Pernambucana (1,18%) indicando tendências mais expressivas. Em 4 mesorregiões houve diminuição de dias quentes: Sul Baiano com -0,45%, Agreste e Leste Potiguar com -0,57% e -0,62% respectivamente, Fortaleza com -0,71%, Centro Norte Baiano com -0,93%.

O registro da porcentagem de dias com temperatura mínima abaixo do percentil 10, conhecido como índice de noites frias (TN10p) é mostrado na Figura 3 apresenta uma redução das noites frias para 36 mesorregiões e a maior redução ocorreu no Leste Sergipano (-1,53%), Agreste Alagoano e Sertão Sergipano (-1,44%), Sertão Sergipano (-1,26%), Mata Paraibana (-1,21%) e Agreste Sergipano (-1,07%), embora tenha observado um aumento do TN10p para as mesorregiões Norte do Amapá (0,70%) e Extremos Oeste Baiano (0,57%). O índice extremo denominado noites quentes (TN90p), o qual indica a porcentagem de dias com temperatura mínima acima do percentil 90 exibe o aumento em 34 mesorregiões nas noites quentes com maior magnitude no Norte Maranhense com 1,16%, Baixo do Amazonas com 1,03%, região metropolitana de Belém com 1,01% e Marajó com 1%, e uma diminuição para mesorregiões Centro Norte Baiano (-1,12%), Agreste Paraibano e Borborema (-0,64%). Porém, foi registrado uma diminuição de dias de noites quentes para Centro Norte Baiano (-0,93%), metropolitana de For-

teza (-0,71%), Leste Potiguar (-0,62%), Agreste Potiguar (-0,57%) e Sul Baiano (-0,45%). Para amplitude térmica (DTR) observou-se 38 mesorregiões com mudanças de variação como mostra a Figura 2 contribuindo com o estudo desenvolvido por Skansi *et al.* (2013) que apresenta os índices TN10p está diminuindo e TN90p aumentando na América do Sul (Figura 2 e Tabela 2).

Para os índices de extremos climáticos de precipitação (Figura 3 e Tabela 3) foi possível observar para precipitação máxima em 1 dia (Rx1day) que a intensidade de chuva pode causar inundações bruscas. A mesorregião Vale do Juruá exibe um acréscimo na precipitação máxima em 1 dia de 1,81mm/dia, seguido do Centro Maranhense com 1,15 mm/dia e Sul de Roraima com 1,12 mm/dia. A precipitação extrema muitas vezes está associada aos complexos convectivos de mesoescala, como mostra Cavalcanti (2012), observou que sistemas como ZCAS, sistemas frontais, distúrbios ondulatórios de leste, além das anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico e do Atlântico estavam associadas a anomalias mensais de precipitação e extremos na Amazônia e nordeste do Brasil. Enquanto, mesorregiões do Sudoeste Amazonense revelou a maior redução em torno de -1,13 mm/dia e nessa região eventos extremos de precipitação sobre essa mesorregião são bastante influenciados pelo comportamento das anomalias de TSM na região de Niño 4 como mostra os estudos de Santos *et al.* (2016).

A mesorregião Vale do Juruá revelou o maior aumento na tendência para o índice máximo mensal de precipitação em 5 dias consecutivos (RX5day) no valor de 3,11 mm/dia, seguido do Centro Maranhense com 2,29 mm/dia e uma maior diminuição para metropolitana de Belém (-3,39 mm/dia) e Sudoeste Amazonense (-2,25 mm/dia), e este índice indica possibilidade de deslizamento. Dessa forma, os resultados são indicativos de que os eventos chuvosos tendem ocorrerem de forma descontinuada (Figura 3 e Tabela 3).

O índice SDII que expressa a média de precipitação com dias de chuvas ≥ 1 mm exibe 9 mesorregiões com tendências positivas e 11 mesorregiões com redução na intensidade média da precipitação

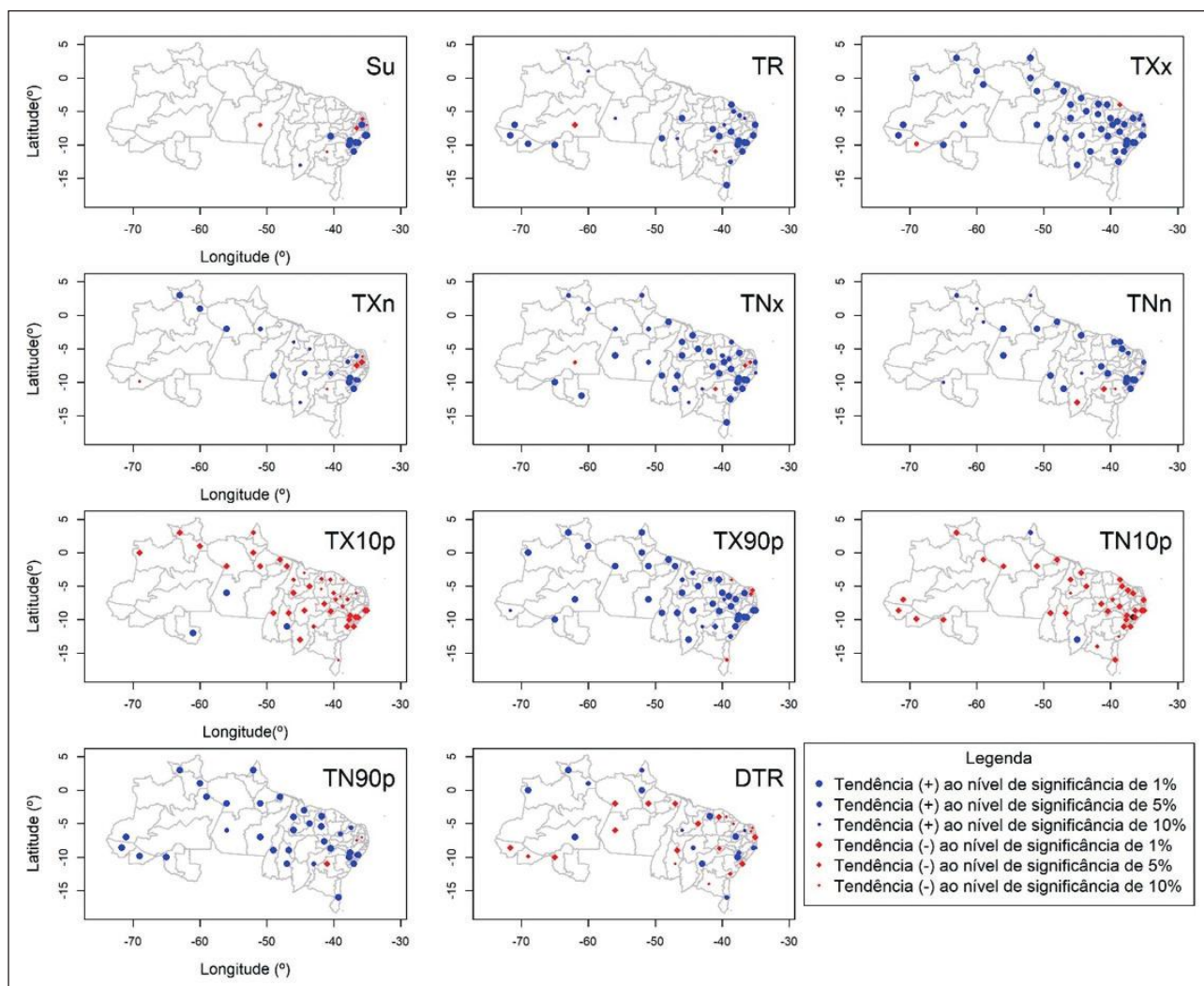


Figura 2 Distribuição espacial das tendências dos índices de extremos climáticos (Su, TR, TXx, TXn, TNx, TNn, TX10p, TX90p, TN10p, TN90p e DTR) baseados na temperatura diária para as mesorregiões da AMZ e NEB, no período de 1980 a 2013.

durante o ano como mostra a Figura 3. Estudos como Bezerra et al (2018) desenvolvido para bacia do rio São Francisco colabora os resultados encontrados para o NEB onde possível encontrar para este índice mudanças regionais.

O índice R10 mm exibe um aumento no número de dias com precipitação ≥ 10 mm com destaque para as mesorregiões da AMZ para o Centro Amazonense (0,81 dia/ano), Norte de Roraima e Baixo do Amazonas (0,72 dia/ano). Porém, mesorregiões como o Agreste Sergipano (-0,57 dia/ano), Vale do Acre (-0,45 dia/ano), metropolitana de Salvador (-0,44 dia/ano) e Sudoeste Amazonense (-0,43 dia/ano) destacaram-se por apresentarem uma redução

no número dias com precipitação acima de 10mm (Figura 3 e Tabela 3). Para o índice R20mm nota-se de forma geral um aumento no número de dias com precipitação ≥ 20 mm para AMZ e NEB com destaque para o Nordeste Baiano (1,22 dia/ano) e Centro Amazonense (0,62 dia/ano).

Analisando a Figura 3 e Tabela 3, observa-se tendências significantes positivas e negativas, de mudanças dos dias consecutivos secos (CDD), as quais mesorregião como Sul Cearense (1,49 dias), Noroeste Cearense (1,26 dias), Centro Sul Cearense e Baiano (1,23 dias) destacaram-se por registrarem aumento de dias consecutivos, enquanto, mesorregiões como São Francisco Pernambucano (-1,48 dias)

Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013
Pollyanne Evangelista da Silva; Cláudio Moisés Santos e Silva; Maria Helena Constantino Spyrides & Lára de Melo Barbosa Andrade

Mesorregião	Su	Tr20	TXx	TXn	TNx	TNn	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	DTR
Norte Amazonense	-	-	0,08	-	-	-	-0,34	0,82	-	-	0,06
Sul Amazonense	-	-0,59	0,05	-	-	-	-	0,55	-	-	-
Sudoeste Amazonense	-	1,87	0,07	-	-	-	-	0,57	-0,53	0,73	-
Centro Amazonense	-	-	0,06	-	-	-	-	0,67	-0,58	0,67	-
Leste Rondoniense	-	-	-	-	-	-	0,29	-	-	-	-
Madeira Guaporé	-	2,35	0,06	-	0,05	-	-	0,49	-0,66	0,88	-0,04
Ocidental do Tocantins	-	1,51	0,07	-	0,06	0,06	-0,34	0,58	-0,89	0,71	-
Oriental do Tocantins	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	-	-	-
Norte Roraima	-	-	0,06	0,06	-	-	-0,47	0,71	-0,50	0,79	0,03
Sul Roraima	-	-	0,05	0,05	-	-	-0,40	0,63	-	0,68	-
Norte do Amapá	-	-	0,06	-	-	-	-	0,86	-	0,58	-
Sul do Amapá	-	-	0,05	-	-	-	-0,58	1,03	-	-	0,03
Metropolitana de Belém	-	-	0,04	-	0,05	0,02	-0,47	0,70	-0,55	1,01	-
Sudoeste Paraense	-	-	0,04	-	-	-	-	0,49	-	0,90	-
Baixo Amazonas	-	-	-	0,05	-	0,05	-0,26	0,45	-	1,03	-0,02
Nordeste Paraense	-	-	0,05	-	-	-	-0,48	0,69	-	-	0,03
Sudeste do Paraense	-	1,02	-	-	0,03	0,05	0,65	-	-	-	-0,04
Marajó	-	-	0,04	-	-	0,05	-0,35	-	-0,94	1,00	-0,03
Vale do Juruá	0,84	6,69	0,15	0,09	0,11	0,09	-1,07	0,62	-1,44	0,58	-
Vale do Acre	-	-	0,06	-	-	-	-0,40	0,33	-1,07	-	-
Sertão Sergipano	0,77	7,55	-	0,07	0,09	0,13	-0,84	-	-1,53	0,91	-0,08
Agreste Sergipano	-	-	0,05	-	-	-	-0,35	-	-	-	-
Leste Sergipano	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-
Centro Sul Cearense	-	0,43	-	-	-	0,05	-	-	-0,63	-	-
Jaguaribe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metropolitana de Fortaleza	-	-	0,07	-	-	-	-	0,79	-	-	0,07
Noroeste Cearense	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte Cearense	-	-	0,05	-	0,03	-	-	-	-	-	-
Sertões Cearenses	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,03
Sul Cearense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vale São Franciscano da Bahia	-	-	0,08	-	-	-0,13	-0,48	0,50	0,57	-	0,09
Centro0Sul Baiano	-	-	-	-	-	-0,08	-	-0,93	-	-1,12	-
Extremo Oeste Baiano	-	0,92	0,06	-	0,06	-	-	0,59	-	0,75	-
Centro Norte Baiano	-	-	0,09	-	0,06	-	-0,60	0,71	-0,53	0,66	-
Centro Maranhense	-	-	0,05	-	0,05	0,05	-	-	-0,72	1,16	-0,02
Leste Maranhense	-	-	0,07	-	0,04	-	-0,49	-	-0,57	0,87	-
Norte Maranhense	-	-	0,06	-	0,04	-	-0,36	0,55	-0,37	0,30	0,02
Oeste Maranhense	-	2,69	-	-	0,07	0,11	-	-	-0,67	0,51	-0,07
Sul Maranhense	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	0,03
Sul Baiano	-	-	0,07	-	0,04	-	-	-	-	-	-
Nordeste Baiano	-	1,60	0,04	-	-	-	-	-	-0,51	0,57	-
Metropolitana de Salvador	-	2,46	-	-	-	-	-	-	-	0,58	-0,05
Centro Norte Piauiense	-	-	0,05	-	0,04	-	-	-	-	0,66	-
Norte Piauiense	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	0,05
Sudoeste Piauiense	-	-	0,06	-	-	-	-0,37	0,59	-	-	-
Sudeste Piauiense	-	2,21	0,08	-	0,07	0,06	-0,40	0,67	-0,80	0,90	-
Oeste Potiguar	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-0,44	-	-
Central Potiguar	-	-	0,06	-	-	-	-	0,57	-	-	-
Agreste Potiguar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste Potiguar	-	-	-0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Mata Paraibana	-	1,60	-	-	-	-	-	-	-1,21	-	-0,04
Agreste Paraibano	-0,72	-	-	-0,08	-	-	-	-	-	-	-
Borborema	-0,72	-	-	-0,08	-	-	-	-	-	-	-
Sertão Paraibano	-	-	0,06	-	-	-	-	0,84	-	-	0,05
Sertão Pernambucano	-	2,44	0,05	-	0,05	-	-	0,67	-0,64	-	-
São Francisco Pernambucano	-	3,48	0,05	-	0,06	0,06	-0,45	0,47	-0,96	0,91	-
Agreste Pernambucano	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,49	-	-
Mata Pernambucana	0,18	2,03	0,10	-	-	-	-0,60	1,18	-0,83	-	-
Metropolitana de Recife	-	-	-	-	-	-	-0,36	0,71	-0,33	-	-
Leste Alagoano	1,59	5,57	0,11	-	0,05	0,08	-1,00	0,42	-1,20	-	-
Agreste Alagoano	1,17	7,47	0,16	0,11	0,13	0,10	-1,15	0,63	-1,44	0,63	-
Sertão Alagoano	-	5,65	0,12	-	0,11	0,08	-0,68	0,85	-1,26	-	-

Tabela 2 Tendências significativas ao nível de significância de 1% para os índices de extremos climáticos (Su, TR, TXx, TNx, TXn, TNn, TX10p, TX90p, TN10p, TN90p e DTR) baseados na temperatura diária para as mesorregiões da AMZ e NEB, no período de 1980 a 2013.

e Norte de Roraima (-0,58 dias) destacaram-se por apresentarem maiores registros de redução de CDD. De modo geral, observa-se que ocorreu um aumento no número de dias consecutivos secos, resultando na evidência de uma mudança local na precipitação.

Para o índice CWD nota-se que apenas 11 mesorregiões indicam mudanças significativas para o número de dias consecutivos chuvosos, o qual as mesorregiões Noroeste Cearense (-0,61 dias) e Sudeste do Paraense (-0,46 dias) revelaram tendências negativas mais expressivas, ou seja, ocorrendo uma diminuição dos dias consecutivos com chuvas como mostra a Figura 3 e Tabela 3. E um maior aumento para o Marajó e Mata Pernambucana com 0,57 dias aproximadamente.

Investigando o índice dias muito úmidos (R95p) observou-se mudanças significativas para 11 mesorregiões da AMZ e 12 do NEB como mostra a Figura 3 e Tabela 3, ocorrendo uma maior redução dos dias muito úmidos na AMZ em 5 mesorregiões com valores mais elevados para região metropolitana de Belém (-38,17mm) e Norte Amazonense (-18,93mm) e maior aumento no Vale do Juruá com 29 mm, Sul, Centro Amazonense e Sul de Roraima 13mm aproximadamente. Enquanto, o índice R99p apresenta 62 % das mesorregiões com mudanças na precipitação para os dias muito úmidos com uma maior redução para Norte do Amazonense com -11,83mm, Sudoeste Amazonense e metropolitana de Belém com -11mm, e uma maior aumento para Vale do Juruá com 12,15mm.

A distribuição espacial das tendências (mm/ano) da precipitação total anual (Precptot), apresentada na Figura 3 e Tabela 3, revela que das 62 mesorregiões em estudo 22 apresentaram mudanças. Sendo aumento de precipitação anual em 15 mesorregiões das regiões AMZ e NEB com destaque para Vale do Juruá com 28,03mm, Centro Amazonense e Norte de Roraima com 20mm validando o estudo desenvolvido por Skansi *et al*, (2013), e redução mais expressiva na AMZ nas mesorregiões como metropolitana de Belém com -43,82mm e Sudoeste Amazonense com -22,49 mm. Estudos como Santos *et al* (2016) revelaram para mesorregiões Sudoeste Amazonense forte correlações negativas entre os índices R20mm,

R50mm, R95p, R99p e PRECPTOT com o Niño 4 indicado que anomalia positiva na Temperatura da superfície do mar (TSM) dessa região do Pacífico reduz os eventos de precipitação intensa e a precipitação total.

A configuração dos resultados da Figura 3 e Tabela 3 para o NEB está de acordo com os estudos de Haylock *et al*, (2006) e Santos & Brito (2007), que também observaram tendência de aumento na precipitação total anual. De uma maneira geral, os índices apontaram para um aumento dos dias úmidos, da precipitação total anual e dos dias consecutivos secos. Porém, isto não é uniforme para as duas regiões em estudo, pois, observa-se variação espacial das tendências nesses índices, oscilando entre negativas e positivas corroborando com os estudos de Santos *et al*, (2009).

4 Conclusão

A discussão sobre as alterações no clima tem levado os pesquisadores a estudar os extremos de tempo e clima. Neste contexto, este estudo apresenta uma análise das tendências de 21 índices de extremos de temperatura e precipitação anual para AMZ e NEB baseada em séries históricas de 33 anos de observações.

Os resultados mostraram que, há evidências de mudanças climáticas local para determinados locais da AMZ e NEB. De acordo com os resultados, as maiores mudanças ocorreram para os índices de temperatura. Para 48 mesorregiões evidencia-se aumento para os índices temperatura máxima (TXx), seguido de dias quentes (TX90p), com 47 mesorregiões com aumento temperatura noturna (TNx) e diminuição de dias frios (TX10p) com 42 mesorregiões. No que se refere à precipitação da AMZ e do NEB, os índices de extremos climáticos, os resultados mostram que houve mudanças em 20 ou mais mesorregiões, para os índices foi registrado aumento do número de dias com precipitação maior que 20mm (R20mm), dias consecutivos secos (CDD), dias úmidos (R95p) e precipitação total em dias úmidos (PRECPTOT) e diminuição para precipitação em 5 dias consecutivos (RX5day). No geral, o NEB apresenta as maiores reduções para os índices

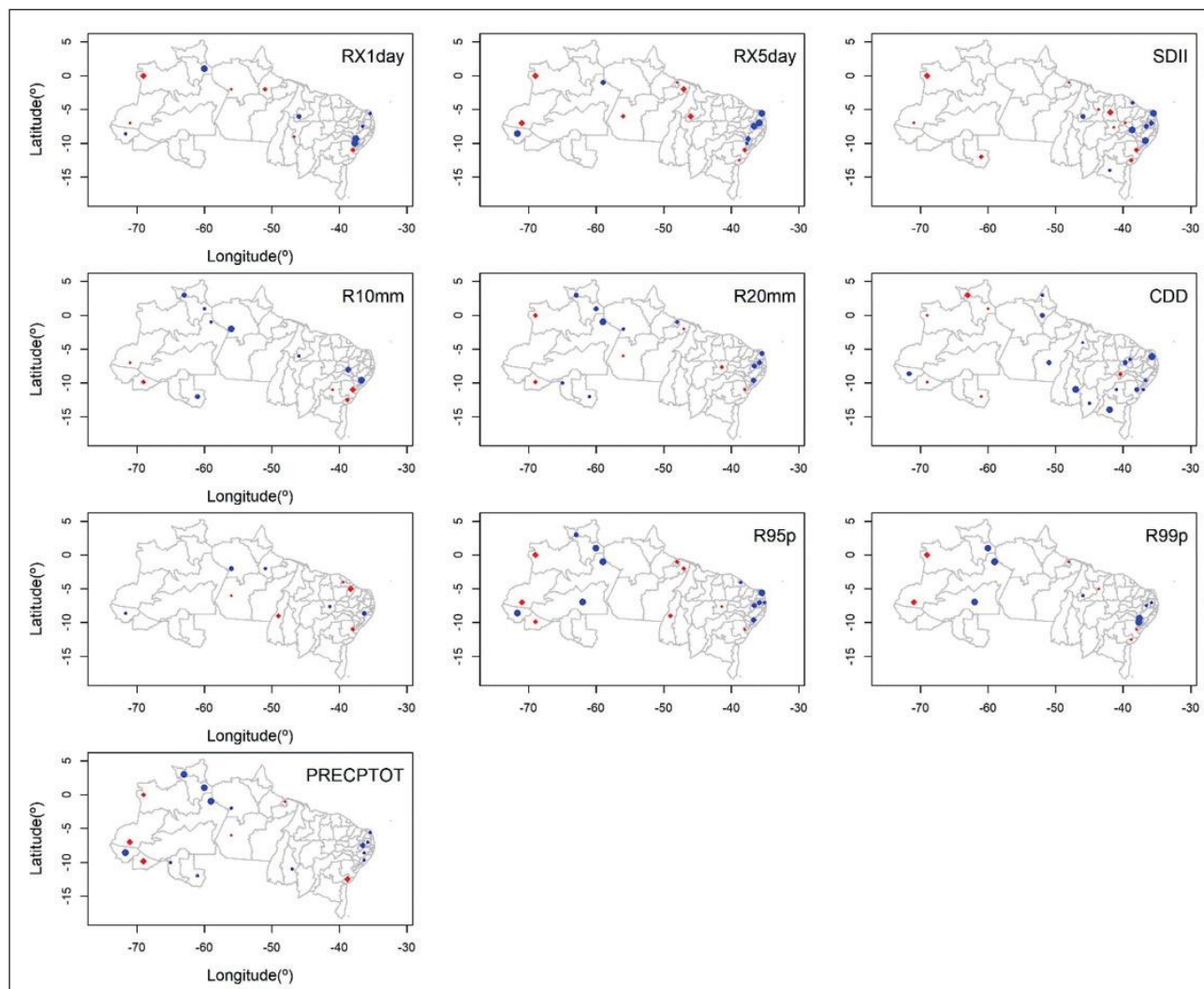


Figura 3 Distribuição espacial das tendências dos índices de extremos climáticos (RX1day, RX5day, SDII, R10mm, R20mm, CDD, R95p, R99p e PRECPTOT) baseados na precipitação diária para as mesorregiões da AMZ e NEB, no período de 1980 a 2013.

de precipitação e o maior aumento para a temperatura e dias e noites quentes.

Dos 21 índices selecionados de acordo com as características da AMZ e NEB, foi possível observar que a mesorregião com os maiores índices de mudanças climáticas trata-se do Sertão Sergipano com ocorrência 20 índices significativos, seguido do Sul de Roraima com 16 índices, Norte de Roraima, Agreste Sergipano, Centro Maranhense, Vale do Juruá e Leste Alagoano com 15 índices.

Analisando os índices de extremos climáticos referente a precipitação o Sertão e Agreste indicam as maiores mudanças locais. Segundo Rocha (2017),

Sergipe é um estado que pertence ao NEB e vem sofrendo com a seca desde 2010, considerada a mais severa registrada das últimas décadas e os índices de temperatura do *Climdex* mostraram aumento para temperaturas máximas e mínimas, além da redução dos dias frios (TX10p) e noites frias (TN10p), em contrapartida, os índices de precipitação RX1day, RX5day, CDD e R99p apresentaram tendências positivas indicado o aumento da precipitação máxima em 1 dia, em 5 dias consecutivos, dias consecutivos secos e em dias extremamente úmidos.

Para análise de extremos de temperatura os maiores índices de mudanças ocorrem Norte de

Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013
Pollyanne Evangelista da Silva; Cláudio Moisés Santos e Silva; Maria Helena Constantino Spyrides & Lára de Melo Barbosa Andrade

Mesorregião	Rx1day	Rx5day	SdII	R10mm	R20mm	Cdd	Cwd	R95p	R99p	PRECPTOT
Norte Amazonense	-0,95	-	-0,07	-	-	-	-	-	-11,83	-
Sul Amazonense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudoeste Amazonense	-1,13	-2,25	-	-	-	-	-	-	-10,70	-22,49
Centro Amazonense	-	-	-	0,81	0,62	-	-	-	-	20,36
Leste Rondoniense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madeira Guaporé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocidental do Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oriental do Tocantins	-	-	-	-	-	1,27	-	-	-	-
Norte Roraima	-	-	-	-	-	-0,58	-	-	-	20,03
Sul Roraima	1,13	-	-	-	-	-	-	-	7,87	21,16
Norte do Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sul do Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metropolitana de Belém	-	-3,39	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudoeste Paraense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baixo Amazonas	-	-	-	0,72	-	-	-	-	-	-
Nordeste Paraense	-	-1,42	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudeste do Paraense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marajó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vale do Juruá	0,75	-	-	-	-	-	-	-	2,85	-
Vale do Acre	-	-	-	-0,57	-	-	-	-	-	-14,78
Sertão Sergipano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2,86
Agreste Sergipano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste Sergipano	-	-	-	-	-	-	-0,34	-	-	-
Centro Sul Cearense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jaguaribe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metropolitana de Fortaleza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noroeste Cearense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte Cearense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sertões Cearenses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sul Cearense	-	-	-	-	-	1,23	-	-	-	-
Vale São Franciscano da Bahia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro0Sul Baiano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Extremo Oeste Baiano	-	2,29	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro Norte Baiano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centro Maranhense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste Maranhense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte Maranhense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oeste Maranhense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sul Maranhense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sul Baiano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-13,64
Nordeste Baiano	1,81	3,11	0,12	-	1,22	-	-	28,60	12,15	28,03
Metropolitana de Salvador	-	-	-0,05	-	-	-	-	-	-	-10,91
Centro Norte Piauiense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte Piauiense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudoeste Piauiense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sudeste Piauiense	-	-	-0,09	-	-	-	-	-	-	-
Oeste Potiguar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Central Potiguar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agreste Potiguar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste Potiguar	-	2,24	0,11	-	-	-	-	9,66	-	-
Mata Paraibana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agreste Paraibano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borborema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sertão Paraibano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sertão Pernambucano	-	-	-0,10	-	-	-	-	-	-	-
São Francisco Pernambucano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agreste Pernambucano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mata Pernambucana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metropolitana de Recife	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste Alagoano	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-
Agreste Alagoano	0,78	-	-	-	-	-	-	-	2,60	-
Sertão Alagoano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 3 Tendências significativas ao nível de significância de 1% para os índices de extremos climáticos (RX1day, RX5day, SDII, R10mm, R20mm, CDD, CWD, R95p, R99p e PRECPTOT) baseados na precipitação diária para as mesorregiões da AMZ e NEB, no período de 1980 a 2013.

Roraima, Sertão Sergipano, São Francisco Pernambucano, Leste, Agreste e Sertão Alagoano. Embora este estudo tenha considerado um período de 33 anos de análise, seriam necessárias séries mais longas que possibilitem atribuir estas tendências observadas às variações globais. No entanto, há um somatório de fatores como o desmatamento, mau uso do solo, dentre outros, que devem ser considerados que podem estar trazendo implicações no clima local destas regiões em estudo.

5 Referências

- Alves, L. M.; Marengo, J. A. & Cavalcanti, I. F. A. 2013. *Histórico de secas na Amazônia*, In: BORMA, L.S. & NOBRE, C.A. (eds.). *Secas na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo: Oficina de Textos, p. 21-27.
- Barbosa, T.F. & Correia, M.F. 2005. Sistemas convectivos intensos no semiárido brasileiro: O controle da grande escala, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(3): 395-410.
- Bezerra, B. G.; Silva, L. L.; e Silva, C. M. S. & De Carvalho, G. G. 2018. Changes of precipitation extremes indices in São Francisco River Basin, Brazil from 1947 to 2012. *Theoretical and Applied Climatology*, p. 1-12.
- Borma, L.S.; Tomasella, J.; Roballo, S.T.; Cuartas, L. A.; Rodriguez, D.A.; Marengo, J.A. & Nobre, C. A. 2013. *Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos, desastres naturais e ações da defesa civil*, Secas na Amazônia, Oficina de Textos, São Paulo.
- Cavalcanti, I.F.A. 2009. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de textos. 464 p.
- Cavalcanti, I.F.A. 2012. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case studies for the first decade of the 21st century, *Atmospheric Research*, 118: 27-40.
- De Souza, E.B. & Rocha, E.J.P. 2006. Diurnal variation of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristic and extremes events. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3): 142-152.
- Donat, M. G.; & Alexander, L. V. 2012. The shifting probability distribution of global daytime and night-time temperatures. *Geophysical Research Letters*, 39(14):1-5.
- Frich, P.; Alexander, L.V.; Della-Marta, P.; Gleason, B.; Haylock, M.; Klein Tank, A.M.G.; & Peterson, T. 2002. Observed Coherent Changes in Climatic Extremes during the Second Half of the Twentieth Century. *Climate Research*, 19: 193–212.
- Haylock, M.R.; Peterson, T.C.; Alves, L.M.; Ambrizzi, T.; Anunciação, Y.M.T.; Baez, J. & Corradi, V. 2006. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of climate*, 19(8): 1490-1512.
- Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; Van Der Linden, P.J. & Xiaosu, D. 2001. *The Scientific Basis: Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, p. 881.
- Grimm, A.M. 2011. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4): 537-554.
- Kayano, M. T. & Andreoli, R. V. 2004. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C11).
- Klein Tank, A.M.G. & Können, G.P. 2003. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16: 3665–3680.
- Lenters, J.D. & Cook, K.H. 1997. On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American climate. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 54(5): 656-678.
- Oliveira, P.T.; Santos e Silva, C.M. & Lima, K.C. 2014. Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil. *Atmospheric Science Letters*, 15:172-177.
- Oliveira, P.T.; Silva, C.S. & Lima, K.C. 2017. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1-2): 77-90.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. *Climate Change 2013: a base da ciência física*. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BIX, V. & MIDGLEY, P.M. (Orgs). 2013. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Marengo, J.A.; Torres, R.R. & Alves, L.M. 2016. Drought in northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(3-4): 1189-1200.
- Meehl, G.; Karl T.; Easterling, D.; Changnon, S.; Pielke, R.; Changnon, D.; Evans, J.; Groisman, P.; Knutson, T.; Kunkel, K.; Mearns, L.; Parmesan, C.; Pulwarty, R.; Root, T.; Sylves, R.; Whetton, P. & Zwiers, F. 2000. An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events: Observations, Socioeconomic Impacts, Terrestrial Ecological Impacts and Model Projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81: 413–416.
- Nóbrega, R.S.; Farias, R.F.L.; & Santos, C.A.C. 2015. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(2): 171-180.
- Rocha, A. F. 2017. Panorama da seca no Estado de Sergipe: Impactos e ações de enfrentamento. *Parcerias Estratégicas*, 22 (4):181-200.
- Rolim, P.; Santos, D. & Rocha, E. 2006. Variabilidade da precipitação na Amazônia: implicações socioeconômicas. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14. *Anais*. Florianópolis, 10.
- Santos, C.A. & Brito, J. I. B. 2007. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22(3): 303–312.
- Santos, C.A.C.; Brito, J. I. B. & Rao, T. V. R.; Meneses, E.A. 2009. Tendências dos Índices de precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24(1): 39–47.
- Santos, C.A.C. & Oliveira, V.G.D. 2017. Trends in Extreme Climate Indices for Pará State, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32(1): 13-24.
- Santos, C.A.C.; Melo, M.M.M. & Brito, J.I.B. 2016. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(1): 1-10.
- Satyamurty, P.; Castro, A.A.; Tota, J.; Silva Gularte, L. E. & Manzi, A.O. 2010. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2): 139-148.
- Shrestha, A.B.; Bajracharya, S.R.; Sharma, A.R.; Duo, C. & Kulkarni, A. 2017. Observed trends and changes in daily temperature and precipitation extremes over the Koshi river basin 1975–2010. *International Journal of Climatology*, 37(2): 1066-1083.
- Skansi, M.M.; Brunet, M.; Sigró, J.; Aguilar, E.; Groening, J.A.A.; Bantancour, O.J. & Rojas, C.O. 2013. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*, 100: 295-307.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M. & Miller, H. L. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 996.
- Xavier, A.C.; King, C.W. & Scanlon, B.R. 2016. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *International Journal of Climatology*, 36(6): 2644–2659.
- Zhang, X. & Yang, F. 2004. RCLimDex (1,0) user manual. Climate Research Branch Environment Canada, 22.
- Zhang, X.; Hegerl, G.; Zwiers, F.W. & Kenyon, J. 2005. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes. *Journal of Climate*, 18(11): 1641-1651.