Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DOS SISTEMAS CONVECTIVOS NO NORTE DO NORDESTE DO BRASIL

Influence of sea surface temperature in the occurrence and physical and morphological features of convective systems on the Northern Northeast Brazil

Influencia de la temperatura de la superficie del mar en la ocurrencia y características físicas y morfológicas de sistemas convectivos en el Norte Nordeste de Brasil

Felipe Jeferson de Medeiros
Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil
felipetkd_@hotmail.com

Weber Andrade Gonçalves
Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil
goncalves.weber@gmail.com

Resumo: Este estudo investiga a variabilidade interanual da ocorrência e características físicas e morfológicas dos Sistemas Convectivos (SC) durante o outono austral (MAM) no Norte do Nordeste do Brasil (NNEB) considerando-se diferentes cenários de atuação dos efeitos El Niño-Oscilação Sul (ENSO) e do Gradiente inter-hemisférico da superfície do mar do Atlântico (GradATL) no período de 1984-2008. Para tanto, foram utilizados dados de identificação dos SC provenientes do ISCCP-*Tracking* e de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região do Niño 3.4 (170°W-120°W, 5°S-5°N), Atlântico tropical norte (5-20°N, 60-30°W) e sul (0-20°S, 30°W-10°E) do NOAA_ERSST_V3. Os resultados indicaram alta variabilidade interanual na ocorrência dos SC, com as maiores (menores) ocorrências registradas em condições oceânicas totalmente favoráveis (neutras) à precipitação no NNEB. As características físicas e morfológicas dos SC nos padrões oceânicos favorável, El Niño/Grad_S e La Niña/Grad_N revelaram SC maiores, mais profundos e com maior atividade convectiva, que é um indicativo de provável maior taxa de precipitação associada. Em contraste, nos cenários desfavorável e neutro observou-se que os SC foram menores e menos convectivos.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Atividade convectiva. Temperatura de brilho.

Abstract: This study investigates the interannual variability of occurrence and physical features of Convective Systems (CS) during the autumn season (from March to May) over the Northern Northeast Brazil (NNEB). Five different scenarios were considered of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) effect as well as the inter-hemispheric gradient tropical of Atlantic (GradATL) from 1984 to 2008. For this, analyzes from ISCCP-Tracking database and monthly Sea Surface Temperature (SST) data for the area of Niño3.4 (170° W-120° W, 5°S-5°N), North (5-20°N, 60-30°W) and South (0-20°S, 30°W-10°E) Tropical Atlantic from NOAA_ERSST_V3 were used. Results show high interannual variability in the occurrence of CS, with the major (minor) detections when the oceanic conditions were favorable (neutral) to rainfall in NNEB. The physical features of CS in the favorable, El Niño/Grad_S and La Niña/Grad_N oceanic patterns indicated they were larger, deeper and had more convective activity, which is an indicative of probable higher rainfall rate associated. In contrast, in the unfavorable and neutral scenarios they were smaller and less convective.

Keywords: Remote sensing. Convective activity. Brightness temperature.

Resumen: Este estudio investiga la variabilidad interanual de la ocurrencia y características físicas y morfológicas de los Sistemas Convectivos (SC) durante el otoño austral (MAM) en el Norte del Nordeste de Brasil (NNEB), considerando diferentes escenarios de los efectos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y del Gradiente Interhemisférico de la Superficie del Mar Atlántico (GradATL) en el período 1984-2008. Para ello, se utilizaron datos de identificación del SC del ISCCP-Tracking y de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región del Niño 3.4 (170°W-120°W, 5°S-5°N), norte del Atlántico tropical (5-20°N, 60-30°W) y sur (0-20°S, 30°W-10°E) del NOAA_ERSST_V3. Los resultados indicaron una gran variabilidad interanual en la aparición de CS, registrándose las mayores (menores) ocurrencias en condiciones oceánicas totalmente favorables (neutras) a las precipitaciones en el NNEB. Las características físicas y morfológicas de los CS en los patrones oceánicos favorables de El Niño/Grad_S y La Niña/Grad_N revelaron CS más grandes y profundos con mayor actividad convectiva, lo que es indicativo de una probable mayor tasa de precipitación asociada. Por el contrario, en los escenarios desfavorable y neutro, los CS fueron más pequeños y menos convectivos.

Palabras-clave: Teledetección. Actividad convectiva. Temperatura de brillo.

Submetido em: 03/09/2023
Aceito para publicação em: 23/03/2024
Publicado em: 13/04/2024

1. INTRODUÇÃO

O Norte do Nordeste do Brasil (NNEB) apresenta uma alta variabilidade interanual e intrasazonal de precipitação, com mecanismos físicos que ocorrem na interface oceano-atmosfera controlando a ocorrência de eventos extremos (e.g., secas e enchentes) (Wainer e Soares, 1997; Mao et al., 2022). Vários sistemas meteorológicos atuam na região em diferentes escalas espaciais e temporais: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Utida et al., 2019; Medeiros et al., 2020a), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (Kousky e Gan, 1981), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) (Gomes et al., 2019), Linhas de Instabilidade (LI) (Kousky, 1980) e Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) (Jacinto et al., 2022).

Apesar de todos esses sistemas, a precipitação no NNEB restringe-se a poucos meses do ano, sendo a estação mais chuvosa o outono austral (março, abril, maio – MAM), em função principalmente do deslocamento meridional da ZCIT (Uvo et al., 1998; Marengo et al., 2013; Hounsou-gbo et al., 2015; Medeiros et al., 2020b), que atinge sua posição mais ao sul entre os meses de março e abril (Hastenrath e Lamb, 1977). Sua posição e intensidade são sensíveis as condições dinâmicas e termodinâmicas associadas ao Gradiente inter-hemisférico de temperatura da Superfície do Mar no Atlântico (GradATL) (Moura e Shukla, 1981). A ocorrência de Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) positivas no setor norte do equador no Atlântico tropical favorece o posicionamento da ZCIT mais ao norte da sua posição climatológica, que em geral, associam-se com anos secos no NNEB (Uvo et al., 1998; Hastenrath, 2006; Pereira et al., 2020). Anos chuvosos são normalmente observados quando ATSM com padrões opostos estão presentes.

Além da importância do Oceano Atlântico tropical, o Oceano Pacífico equatorial também desempenha um papel fundamental na precipitação no NNEB. De fato, anos com anomalias positivas (negativas) de precipitação em relação à climatologia tem sido atribuído a episódios de La Niña (El Niño) (Hastenrath, 2012; Medeiros e Oliveira, 2021). Vários estudos têm mostrado que a variação do regime de precipitação em MAM no NNEB está relacionada com padrões de anomalia de circulação atmosférica em escala global associado com as fases quente (El Niño) e fria (La Niña) do fenômeno climático global El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e pelas anomalias do GradATL (Moura e Shukla, 1981; Lucena et al., 2011; Mao et al., 2020). Trabalhos como o de Alves et al., (1997); Ferreira e Mello, (2005) mostraram que, quando o El Niño acontece conjuntamente com o GradATL apontando para o norte (GradATL_N), anos

secos ou muito secos são verificados no NNEB, já quando se tem a atuação de La Niña associada ao GradATL apontando para sul (GradATL_S), normalmente são verificados anos chuvosos ou muito chuvoso na região.

A influência conjunta dos oceanos tropicais no regime de precipitação no NNEB é bem aceita pela comunidade científica, entretanto, vários estudos têm buscado investigar qual oceano é mais relevante na variabilidade de precipitação no NNEB (Andreoli e Kayano, 2007; Mahajan et al., 2010; Amorim, 2016). Os resultados têm indicado que a variabilidade da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico, especialmente a bacia do Atlântico Sul, é a forçante dominante das anomalias de precipitação no NNEB (Pereira et al., 2020). Enquanto que a influência remota do Pacífico, em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outros casos pode ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas (Kayano et al., 2013).

No Nordeste do Brasil, a precipitação é resultante tanto de Sistemas Convectivos (SC) quanto de nuvens estratiformes. Os SC são bandas de nuvens geradas pela interação de células convectivas, podendo ocorrer em diversas escalas espaciais e temporais. SC apresentam fortes correntes ascendentes e descendentes, enquanto os estratiformes apresentam movimento vertical relativamente fraco e precipitação leve (Hong et al., 2000). Especificamente sobre o NNEB, Palharini e Vila (2017) comentaram que a ocorrência de nuvens com perfil vertical estratiforme é elevada, mas a taxa de precipitação associada é pequena. Por outro lado, as nuvens provenientes dos SC apesar da menor ocorrência relativa, apresentam alta taxa de precipitação.

Essa elevada taxa de precipitação dos SC tem potencial para causar enchentes e consequentemente deslizamentos de terra, conforme apresentado por Alcântara et al., (2023) para o município de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. Por outro lado, é importante destacar que a região Nordeste do Brasil sofre historicamente com problemas de secas (Finan e Nelson, 2001), e essas elevadas taxas de precipitação dos SC tornam-se fundamental para a recarga tanto das águas subterrâneas como superficiais da região (Getirana 2016; Medeiros et al., 2022).

Além da importância na precipitação, os SC também recebem destaque nas trocas de calor e momento entre a troposfera e a tropopausa (Gonçalves, 2013), troposfera e a estratosfera (Schoder et al., 2006) e no balanço de vapor de água (Gamache e Houze JR, 1983).

Devido a esses e diversos outros fatores, o rastreamento dos SC passou a ser uma ferramenta operacional bastante útil em diversos centros de meteorologia no Brasil e no Mundo.

Apesar de todos esses fatores que mostram a importância dos SC para a previsão de curto prazo (*nowcasting*) e entendimento do tempo e clima na região, verifica-se na literatura que são escassos os estudos que analisam a relação entre ATSM com a ocorrência de SC no NNEB. A maioria dos trabalhos restringem-se a analisar como a distribuição espacial e temporal da precipitação é alterada de acordo com padrões oceânicos (Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1996; De Souza et al., 2005; Andreoli e Kayano, 2007; Lucena et al., 2011; Kayano et al., 2013; Tedeschi e Collins, 2016).

Sendo assim, os objetivos deste trabalho são: (1) Compor cenários de padrões oceânicos relacionados com ATSM dos oceanos Pacífico e Atlântico no período de 1984 a 2008; (2) Quantificar os SC atuantes no NNEB durante o outono austral de acordo com esses padrões oceânicos; (3) Analisar as propriedades físicas e morfológicas desses SC.

2. METODOLOGIA

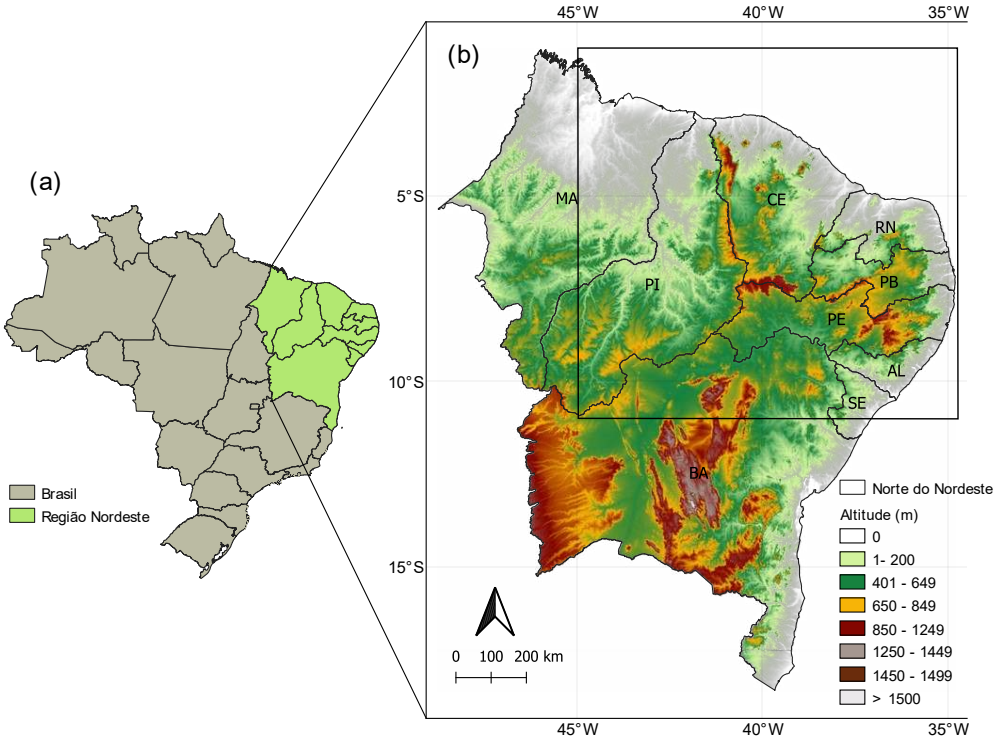
2.1 Material

2.1.1 Área de estudo

A região de estudo compreende as latitudes de 2° e 11°S e as longitudes de 45° e 34,7°W (Figura 1). Esta área chamada de Norte do Nordeste do Brasil (NNEB) engloba, totalmente ou parcialmente, os noves estados da região Nordeste do Brasil: Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). Apesar de estar localizado na região tropical, o NNEB não apresenta uma distribuição de chuvas típicas das áreas equatoriais. Conforme descrito por Kayano e Andreoli (2009) e reforçado por Alvares et al., (2013) a precipitação no NNEB varia de 300 a 2.000 mm com a presença de três tipos de clima: clima litorâneo úmido, clima tropical e clima tropical semiárido.

Ainda de acordo com Kayano e Andreoli (2009) o NNEB apresenta valores de temperatura cuja média anual varia de 20 a 28°C. Nas áreas situadas acima de 200 m e no litoral leste, as temperaturas variam de 24° a 26°C. As médias anuais inferiores a 20°C encontram-se nas áreas mais elevadas da Chapada Diamantina e do Planalto da Borborema.

Figura 1 - Localização geográfica da região Nordeste do Brasil (a), com destaque para a área de estudo aqui definido como Norte do Nordeste do Brasil (NNEB) (b).



2.1.2 Sistemas convectivos

As características físicas e morfológicas dos SC analisadas para o outono austral sobre o NNEB são provenientes da base de dados do *International Satellite Cloud Climatology Project* (*ISCCP-Tracking*), que contém dados disponíveis desde julho de 1983 até junho de 2008, com resolução temporal e espacial de 3 horas e 30 km, respectivamente (Schiffer e Rossow, 1985). Compõem essa base de dados cinco satélites meteorológicos geoestacionários: *Geostationary Operational Environmental Satelllite East (GOES-E), Geostationary Operational Environmental Satelllite West (GOES-W), Meteosat, Indian National Satellite System (INSAT)* e *Geostationary Meteorological Satellite (GMS)*.

O *ISCCP-Tracking* utiliza dois limiares de temperatura de brilho para identificação dos SC. O primeiro limiar T_{IR} < 245 K identifica os SC, enquanto o outro T_{IR} < 220 K é para encontrar áreas de convecção severa no interior dos SC. A partir da identificação dos SC, de acordo com a temperatura de brilho, algumas características físicas e morfológicas foram analisadas, conforme apresentado na tabela 1. Essas variáveis foram selecionadas pois

permitem analisar, dentre outros aspectos, a profundidade, a intensidade da convecção, e a expansão dos sistemas convectivos.

Tabela 1 - Variáveis do ISCCP-*Tracking* analisados para cada SC.

Variáveis	
Temperatura Média (SC)	(K)
Temperatura Mínima (SC)	(K)
Fração Convectiva	(%)
Raio	(km)

Devido à disponibilidade dos dados e os meses de estudo serem MAM, o período utilizado foi de março 1984 a maio de 2008, totalizando mais de 24 anos completos de dados. Dos cinco satélites geoestacionários do *ISCCP-Tracking*, dois realizavam a cobertura espacial sobre o NNEB, GOES-E e Meteosat. No entanto, devido a problemas com as imagens do GOES-E em alguns anos, apenas o satélite Meteosat foi utilizado.

2.1.3 Temperatura da superfície do mar

Os dados mensais de TSM para a região do Niño 3.4 (170°W-120°W, 5°S-5°N), Atlântico Tropical Norte (ATN) (5-20°N, 60-30°W) e Sul (ATS) (0-20°S, 30°W-10°E) foram obtidos do *National Oceanic and Atmospheric Administration – Extended Reconstructed Sea Surface Temperature V3b (NOAA_ERSST_V3)* (Smith, 2008).

Especificamente neste estudo foram utilizados a TSM do Niño 3.4, pois apenas seu índice é suficiente para fornecer a intensidade e as ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña (Trenberth, 1997; Chen e Chung, 2015). A escolha das áreas do Atlântico foi em concordância com trabalhos anteriores que calcularam o GradATL para aplicações diversas (Servain, 1991; De Souza et al. 2005; Amorim, 2016; Medeiros et al. 2020b). O termo GradATL é definido como a diferença entre a TSM do ATN-ATS. Estas áreas são utilizadas pelo *Climate Prediction Center* (CPC) para monitoramento mensal da TSM nos trópicos.

2.2 – Métodos

Para selecionar os eventos ENSO e GradATL utilizou-se os critérios definidos por De Souza et al., (2005). Segundo os autores, episódios de El Niño (La Niña) são identificados por

ATSM ≥ 0,5°C (≤ -0,5°C) no período de novembro a fevereiro na região do Niño 3.4 no Pacífico, enquanto as manifestações do GradATL_N (GradATL_S) são identificadas por ATSM ≥ 0,2°C (≤ -0,2°) no período de março a maio no Atlântico. Para os anos neutros considerou-se os valores de ATSM compreendidos entre o intervalo > -0,5° e < 0,5°C no Niño 3.4 e > -0,2 e < 0,2°C no GradATL.

Definido os limiares de ATSM para classificação dos eventos conforme proposto por De Souza et al., (2005), os seguintes padrões oceânicos foram selecionados para analisar as influências das condições oceânicas nos SC sobre o NNEB:

i) Desfavorável (DESF), i.e., quando ocorre a manifestação simultânea de El Niño no Pacífico e GradATL apontando para o norte;

ii) Favorável (FAV), i.e., manifestação simultânea de La Niña no Pacífico e GradATL apontando para o sul;

iii) Neutro (NEU), i.e., ausência de El Niño e La Niña, assim como de GradATL Norte e Sul;

iv) El Niño e GradATL_S (El Niño/Grad_S), i.e., manifestação de El Niño no Pacífico e GradATL apontando para o sul;

v) La Niña e GradATL_N (La Niña/Grad_N), i.e., manifestação de La Niña no Pacífico e GradATL apontando para o norte.

A última etapa da metodologia consistiu em classificar quais anos entre o período de 1984 a 2008 se enquadrava nos padrões oceânicos descritos acima. Após a classificação dos cenários nos diversos anos presentes na série de dados do *ISCCP-Tracking*, a ocorrência e as características físicas e morfológicas dos sistemas convectivos foram avaliadas a partir de estatísticas simples, tais como média e desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O outono austral (MAM) é a estação mais afetada pelas variabilidades interanuais no NNEB e a que apresenta os maiores acumulados pluviais (Marengo et al., 2013; Hounsou-gbo et al., 2015). Buscar compreender como os sistemas convectivos se comportam em diferentes condições oceânicas pode ser uma ferramenta que auxilie no entendimento dessa variabilidade. Neste sentido, esta sessão apresenta uma avaliação das características físicas e

morfológicas dos SC em MAM e suas relações com os padrões de ATSM sobre os Oceanos tropicais. As anomalias de ATSM na região do Niño 3.4 e do GradATL no período de 1984-2008 são apresentadas na Figura 2 e os anos selecionados de acordo com as condições dos Oceanos Pacífico e Atlântico estão destacados na Tabela 2.

Figura 2 - Série temporal da ATSM nas áreas do Niño 3.4 (preto) e GradATL (vermelho). Os valores médios das anomalias de novembro a fevereiro são plotados para o Niño3.4 e os valores de março a maio representam o GradATL. As linhas tracejadas em suas respectivas cores indicam os limiares para classificação das ATSM em El Niño e La Niña no Pacífico e GradATL_N e GradATL_S no Atlântico.

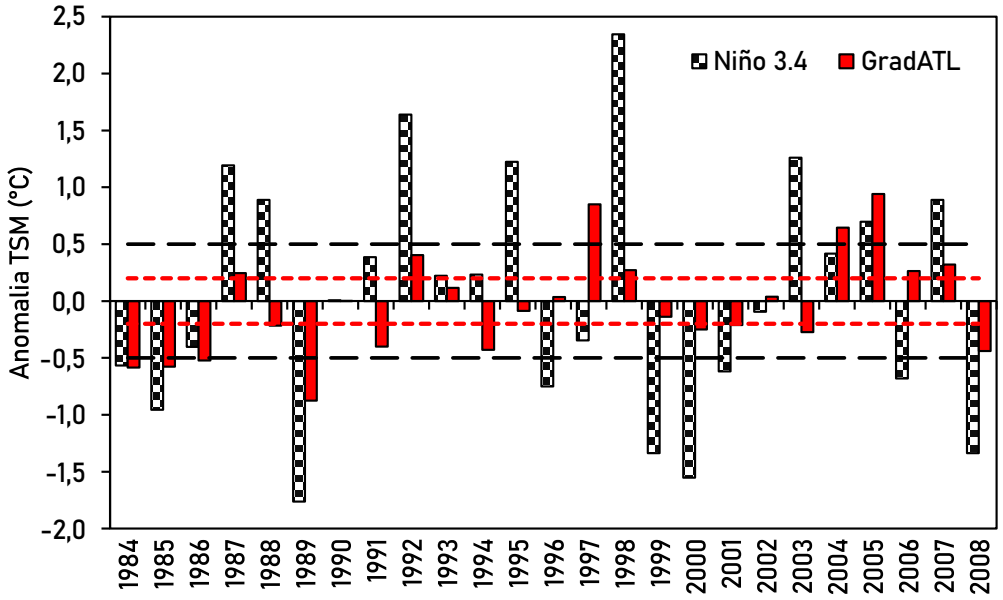


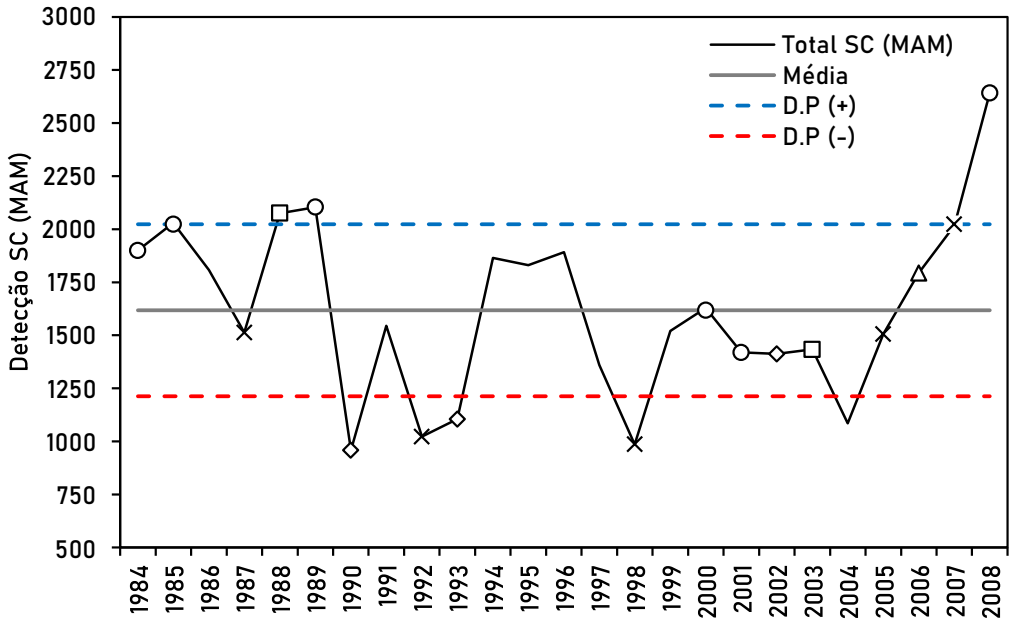
Tabela 2 - Anos selecionados em cada categoria de padrão oceânico de acordo com as manifestações do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e do Gradiente inter-hemisférico da superfície do mar do Atlântico (GradATL), considerando-se o período de 1984-2008.

Composições	**Anos de ocorrências**
DESF	1987, 1992, 1998, 2005, 2007
FAV	1984, 1985, 1989, 2000, 2001, 2008
NEU	1990, 1993, 2002
El Niño/Grad_S	1988, 2003
La Niña/Grad_N	2006

Contudo, antes de avaliar as características físicas e morfológicas será apresentada a evolução temporal da ocorrência dos SC durante MAM e os anos associados a cada categoria de padrão oceânico (Figura 3). Observa-se que os anos de máxima ocorrência de SC foram

1985, 1988, 1989 e 2008 e os mínimos 1990, 1992, 1993, 1998 e 2004. Nos anos de 1984, 1986, 1994, 1995, 1996, 2000, 2006 e 2007 a ocorrência de SC foi superior à média e inferior a um desvio padrão positivo [D.P(+)], enquanto em 1987, 1991, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003 e 2005 ficou abaixo da média e acima de um desvio padrão negativo [D.P(-)].

Figura 3 - Quantidade de Sistemas Convectivos (SC) detectados na estação do outono austral (MAM) no Norte do Nordeste do Brasil (NNEB). Os marcadores x (desfavorável), ○ (favorável), ◊ (neutro), □ (El Niño/Grad_S) e Δ (La Niña/Grad_N) representam os padrões oceânicos.



Alguns dos anos de máxima (mínima) ocorrência dos SC coincidem com o padrão oceânico FAV (DESF) às chuvas no NNEB, como é o caso por exemplo de 1985, 1989 e 2008 (1992 e 1998). Medeiros e Oliveira (2021) mostraram que durante o evento de El Niño forte de 1997/1998 uma anomalia negativa de precipitação superior a 400 mm foi registrada no extremo norte do Nordeste do Brasil durante o período de fevereiro a maio de 1998. Nesse ano o total de SC detectado durante MAM foi um dos menores registrados (986) (Figura 3). No entanto, outros anos considerados FAV ou DESF não apresentaram o mesmo comportamento, como em 1984, 2000, 2001 (FAV) e 1987, 2005, 2007 (DESF). No cenário El Niño/Grad_S o ano de 1988 apresentou o total de 2075 SC detectados, enquanto que em 2003 a ocorrência caiu para 1433. Uma possível explicação para este fato pode ser os maiores valores de ATSM no Oceano Pacífico na região do Niño 3.4 (Figura 2) que provavelmente

fortaleceu o ramo ascendente da circulação da célula de Walker no Oceano Pacifico, contribuindo para intensificar os movimentos descendentes da célula de Walker sobre o NEB, ocasionando uma menor ocorrência dos SC em 2003.

No cenário La Niña/Grad_N o total de SC detectado foi 1793. Já os anos neutros (1990, 1993, 2002) são caracterizados pela baixa ocorrência dos SC. Todos os anos nesse cenário apresentaram ocorrência abaixo da média, com a menor quantidade de SC em toda série temporal sendo observado no ano de 1990 (958), nos quais os padrões oceânicos do Pacífico e Atlântico encontravam-se próximos da normalidade (Figura 2).

Calculando a porcentagem de SC em MAM em comparação ao total anual (Tabela 3), observa-se que a porcentagem média no cenário FAV (48%) é superior a todos os demais padrões oceânicos, no entanto, as diferenças para os cenários de La Niña/Grad_N, El Niño/Grad_S e DESF são pequenas, na ordem de 3%. Ou seja, em média, aproximadamente 50% das ocorrências dos SC no NNEB ocorreram no outono austral, com exceção dos anos neutros, onde essa porcentagem de detecção cai para 39,6%.

Como em MAM o principal sistema meteorológico atuante no NNEB é a ZCIT (Hastenrath and Heller, 1977; Lucena et al., 2011; Utida et al., 2019) é possível relacionar essas porcentagens de SC em função da atividade convectiva da ZCIT mais ou menos ativa, corroborando com as discussões apresentadas por Lyra et al., (2020) e Jacinto et al., (2022). Portanto, o resultado acima reforça a importância da ZCIT, que mesmo em anos com padrões oceânicos na região tropical totalmente desfavoráveis a ocorrência de precipitação no NNEB, elevadas porcentagens de SC são provavelmente observadas em decorrência da convecção ocasionada pelas instabilidades atmosféricas em função da sua posição.

Tabela 3 - Porcentagem e média da ocorrência dos Sistemas Convectivos (SC) em MAM para cada cenário de padrão oceânico com as respectivas magnitudes das anomalias de TSM na região do Niño3.4 e GradATL. Os valores em parênteses correspondem à média das porcentagens dos SC. $\overline{SC}$ representa a quantidade média da ocorrência de SC em cada cenário.

	ANOMALIAS DE TSM						
	NDJF	MAM				(%)	
	LA NIÑA[1]/ EL NIÑO[2]	GradATL_S[1]/ GradATL_N[2]	DESF (45,1)	FAV (48,0)	NEU (39,6)	EL_NIÑO/Grad_S (46,0)	LA_NIÑA/Grad_N (46,5)
1984	-0,6[1]	-0,6[1]	–	51,8	–	–	–
1985	-1,0[1]	-0,6[1]	–	40,6	–	–	–
1986			–	–	–	–	–
1987	1,2[2]	0,2[2]	46,3	–	–	–	–
1988	0,9[2]	-0,2[1]	–	–	–	47,6	–
1989	-1,8[1]	-0,9[1]	–	46,5	–	–	–
1990			–	–	33,9	–	–
1991			–	–	–	–	–
1992	1,6[2]	0,4[2]	45,9	–	–	–	–
1993			–	–	40,0	–	–
1994			–	–		–	–
1995			–	–	–	–	–
1996			–	–	–	–	–
1997			–	–	–	–	–
1998	2,3[2]	0,3[2]	36,1	–	–	–	–
1999			–	–	–	–	–
2000	-1,6[1]	-0,3[1]	–	44,1	–	–	–
2001	-0,6[1]	-0,2[1]		42,9	–	–	–
2002			–	–	45,0	–	–
2003	1,3[2]	-0,3[1]	–	–	–	44,5	–
2004			–	–	–	–	–
2005	0,7[2]	0,9[2]	51,0		–	–	–
2006	-0,7[1]	0,3[2]			–	–	46,5
2007	0,9[2]	0,3[2]	46,1	–	–	–	–
2008	-1,3[1]	-0,4[1]	–	62,4	–	–	–
$\overline{SC}$			1409	1954	1158	1754	1793

É importante destacar que durante MAM outros sistemas meteorológicos, tais como VCAN, DOL, LI, SCM, brisas, afetam a convecção e distribuição da precipitação no NNEB (Kousky, 1980; Kousky e Gan, 1981; Gomes et al. 2019; Jacinto et al., 2022). No entanto, esta identificação dos sistemas meteorológicos não foi o objetivo desta pesquisa. Por esta razão, a discussão foi conduzida em função da possível ZCIT mais ou menos ativa, e não com afirmações conclusivas sobre a influência dos sistemas meteorológicos em si.

Ainda de acordo com a tabela 3 é possível notar uma alta variabilidade na porcentagem dos SC. Considerando os padrões oceânicos, o cenário DESF exibiu a maior porcentagem de SC no ano de 2005 (51%) e a menor em 1998 (36,1%). Neste ano (1998) teve-se a atuação de um dos El Niños mais fortes já registrados (ATSM igual a 2,3°C) (Li et al., 2019), de modo que a baixa porcentagem de SC provavelmente foi resposta as mudanças nos padrões de circulação da célula de Walker, haja visto que durante eventos de El Niño um de seus ramos descendentes concentra-se sobre o NNEB, favorecendo os movimentos subsidentes (Hastenrath, 2006; Medeiros e Oliveira, 2021).

No cenário FAV, a maior porcentagem de SC foi no ano de 2008 (62,4%) e a menor em 1985 (40,6%) (Tabela 3). No cenário neutro, observa-se as menores porcentagens de SC de toda a série temporal tanto no ano com maior porcentagem (2000, 45%) como no menor (1990, 33,9%). No cenário El Niño/Grad_S, as porcentagens de SC foram próximas, a maior porcentagem ocorreu em 1988 (47,6%) e a menor em 2003 (44,5%). Nestes anos o valor do GradATL foi similar, mas o valor da ATSM na região do Niño3.4 no ano de menor porcentagem de SC (2003) foi superior em 0,4°C (Figura 2), apontando para uma possível maior influência do oceano Pacífico na ocorrência dos SC. Apenas um ano se enquadrou no cenário La Niña/Grad_N (2006), então a porcentagem de SC corresponde à média (46,5%).

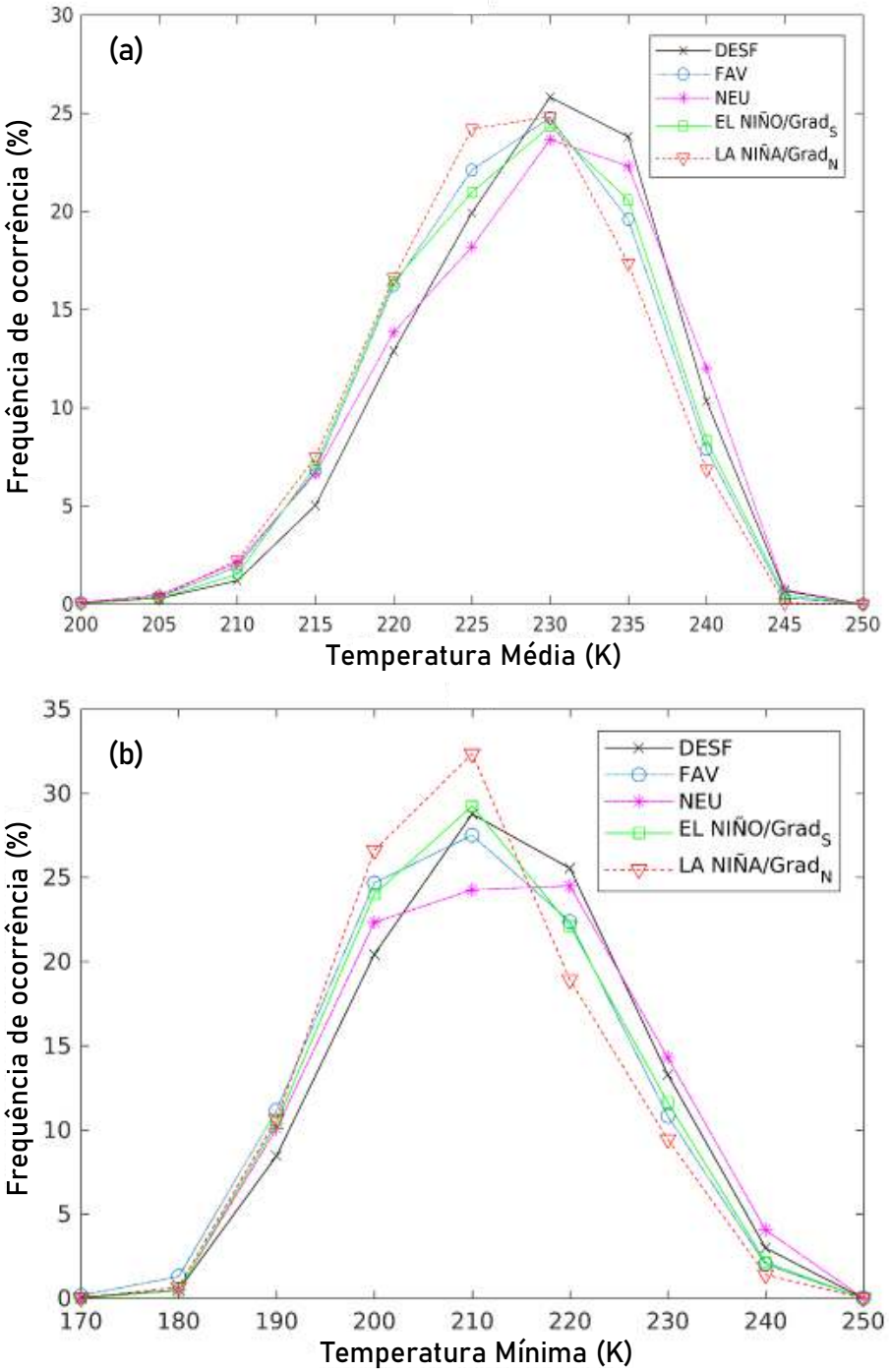
Transformando a ocorrência média dos SC de porcentagem para números inteiros, observa-se que a quantidade de SC nos anos neutros (1158) é 40,7% inferior em comparação aos anos FAV (1954) (Tabela 3). Já na comparação entre os anos neutros e desfavoráveis, observa-se que no cenário desfavorável (1409) a ocorrência de SC é 17,2% superior ao cenário neutro. Esse resultado realça a complexidade de trabalhar com sistemas convectivos, que diferentemente do verificado para a precipitação, por exemplo, não apresentou uma relação bem definida de acordo com os padrões oceânicos. A ausência de conhecimentos detalhados sobre o mecanismo de formação bem como a interação inter-escalas são alguns dos fatores

limitantes que poderiam auxiliar na discussão das diferenças aqui observadas entre as ocorrências dos SC, principalmente entre os cenários desfavorável e neutro. Nos demais cenários (La Niña/GradATL_N, El Niño/GradATL_S) a quantidade média dos SC foi 1793 e 1754, respectivamente (Tabela 3).

Para verificar se o padrão oceânico favorável (FAV) além de conter a maior quantidade média de SC, apresentava também as melhores condições para o desenvolvimento vertical e horizontal, computou-se a distribuição da frequência de 4 variáveis (Tabela 1) associadas as características físicas e morfológicas dos SC (Figuras 4 e 5).

Segundo Machado e Rossow (1993), quanto menor for a temperatura de brilho do sistema maior é a possibilidade de desenvolvimento vertical. Desta forma, com base na distribuição de frequência da temperatura média (Figura 4a) nota-se de modo geral para temperaturas inferiores a 225 K são observadas maiores frequências de ocorrência nos cenários FAV, La Niña/Grad_N e El Niño/Grad_S em comparação aos cenários DESF e NEU (predominância de SC com temperaturas superiores a 235K). Portanto, os SC foram mais profundos quando pelo menos um dos oceanos tropicais estava favorável a ocorrência de chuva no NNEB. Ainda de acordo com a temperatura média (Figura 4a), verifica-se que os SC mais frios foram registrados no cenário La Niña/Grad_N, enquanto no cenário neutro predominaram SC mais quentes.

Figura 4 - Distribuição de frequência da (a) Temperatura Média e (b) Temperatura Mínima dos SC no Norte do Nordeste do Brasil durante MAM nos diferentes padrões oceânicos da região tropical.



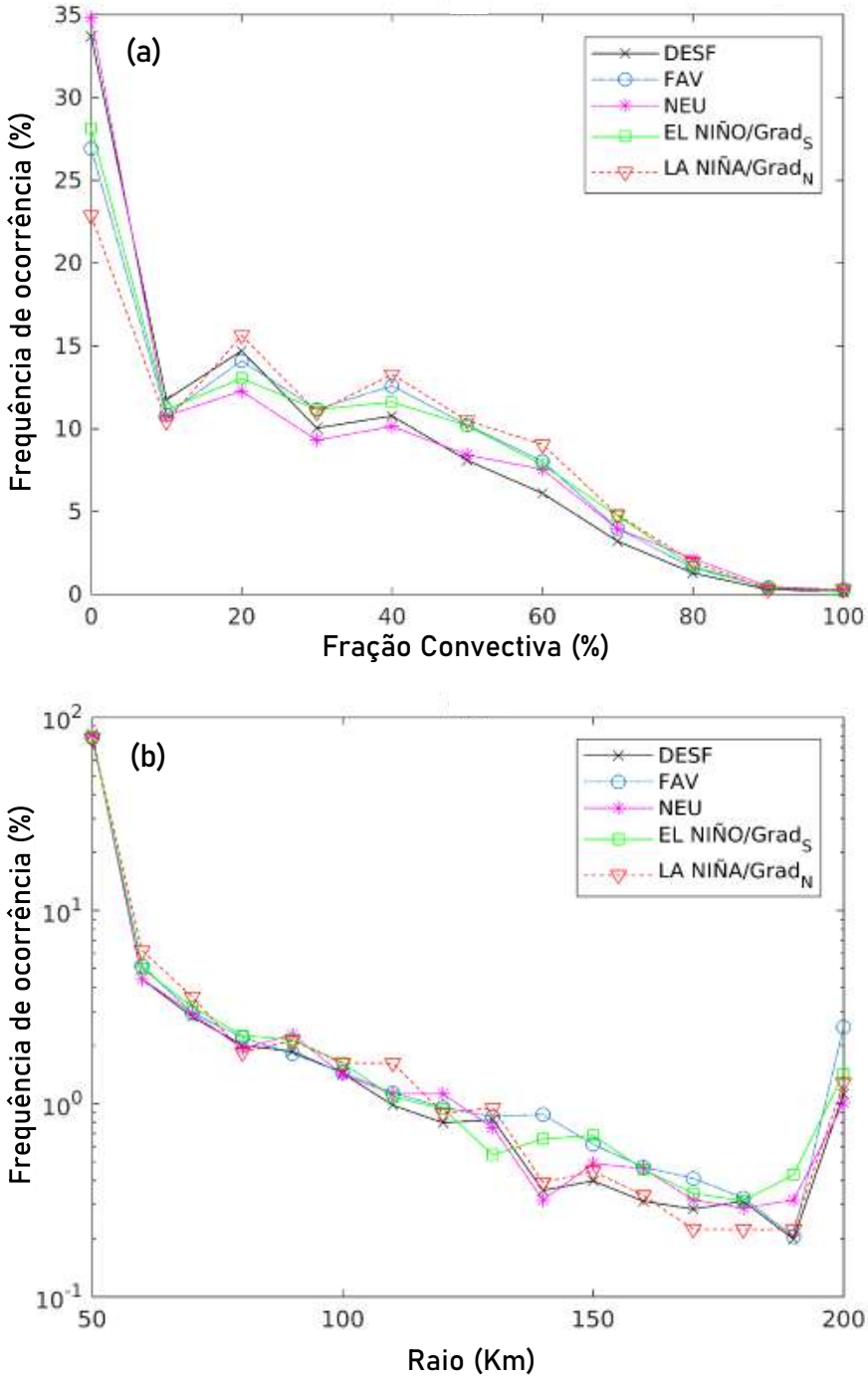
Na distribuição de frequência da temperatura mínima (Figura 4b), que é diretamente associada à maior elevação que o sistema pode atingir (Gonçalves, 2013), o comportamento foi semelhante ao da temperatura média (Figura 4a), isto é, os SC mais frios (quentes) continuaram sendo observados nos cenários FAV, La Niña/Grad_N e El Niño/Grad_S (DESF e

NEU). No entanto, percebe-se que os picos das distribuições ocorreram em temperatura menor (210 K) assim como o espaçamento entre as frequências de ocorrência tornaram-se levemente maiores. Novamente o cenário La Niña/Grad_N (NEU) foi o que apresentou os SC mais frios (quentes). Outro fato que merece destaque é que o pico da distribuição dos anos neutros (220 K) foi superior aos demais cenários (210K), reforçando que os SC observados foram mais rasos ou menos profundos.

Com o intuito de reforçar que os SC frios são um forte indicativo da intensidade da convecção associada, a variável fração convectiva que indica a porcentagem da área de SC que é coberto por aglomerados convectivos (T_{IR} < 220 K) foi utilizada (Figura 5a). Observa-se que os SC ocorreram com maior frequência relativa, superior a aproximadamente 25%, nos cenários La Niña/Grad_N, FAV e El Niño/Grad_S, enquanto que nos cenários DESF e NEU predominaram SC com baixa fração convectiva (inferior a 10%). Este padrão reforça que a convecção profunda observada nos cenários DESF e NEU restringe-se apenas a uma pequena porcentagem da área dos SC, indicando uma menor intensidade quando comparado aos demais padrões observados.

Com relação ao raio dos SC (Figura 5b), observa-se que para todos os cenários observados predominam ocorrências inferiores a 140 km. Para sistemas maiores do que este limiar predominam as ocorrências dos cenários FAV e El Niño/Grad_S. Portanto, pode-se afirmar que os SC nestes cenários, além de serem mais profundos (menores temperaturas médias e mínimas) também cobrem uma maior área na horizontal. Nos demais cenários, os SC não ocupam uma grande área na horizontal. É importante ressaltar que o cenário La Niña/Grad_N apresentou grande ocorrência de SC com temperaturas baixas (Figuras 4a e 4b), indicando maior intensidade, contudo, avaliando o raio (Figura 5b) destes sistemas observa-se que os mesmos não ocupam frequentemente grandes áreas.

Figura 5 - Distribuição de frequência da (a) Fração Convectiva e (b) Raio dos SC no Norte do Nordeste do Brasil durante MAM nos diferentes padrões oceânicos da região tropical.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou a variabilidade dos SC no NNEB durante o outono austral (MAM) considerando cinco padrões oceânicos na região tropical definidos como DESF (manifestação simultânea de El Niño no Pacífico e GradATL_N no Atlântico), FAV (manifestação simultânea de La Niña no Pacífico e GradATL_S no Atlântico), NEU (ausência de El Niño e La Niña, assim

como de GradATL_N e GradATL_S), El Niño/Grad_S (manifestação de El Niño no Pacífico e GradATL_S no Atlântico) e La Niña/Grad_N (manisfetação de La Niña no Pacífico e GradATL_N no Atlântico). Uma série de dados de 25 anos do satélite geoestacionário Meteosat, proveniente do ISCCP-*Tracking*, foi utilizada para realizar as análises da ocorrência de SC, bem como de suas características físicas e morfológicas.

Os resultados demonstraram que, apesar da alta variabilidade na ocorrência de SC em todos os padrões oceânicos, quando pelo menos um dos oceanos tropicais estava favorável a ocorrência de chuva no NNEB houve uma maior detecção de SC. Os resultados demonstraram que, apesar da alta variabilidade na ocorrência de SC em todos os padrões oceânicos, quando pelo menos um dos oceanos tropicais estava favorável a ocorrência de chuva no NNEB houve maior detecção de SC (em média a diferença excedeu o quantitativo de 340 SC). As maiores ocorrências de SC foram observadas no cenário favorável (1954) e as menores no cenário neutro (1158). Essa maior quantidade de sistemas convectivos deve estar relacionada às variações nas células de Walker e Hadley, que favorecem movimentos convectivos mais concentrados sobre o NNEB nos anos favoráveis. A análise das diferenças entre os SC nos cenários La Niña/Grad_N e El Niño/Grad_S mostrou que o ENOS parece ser mais importante do que o GradATL, diferentemente de alguns estudos que apontam o inverso para a precipitação (Kayano et al., 2013. Pereira et al., 2020). No entanto, devido aos poucos anos enquadrados nesses cenários essa informação deve ser analisada com cautela, sendo necessários estudos posteriores com base de dados maiores.

A partir da base de dados utilizada, ISCCP-*Tracking*, verificou-se que em média cerca de 50% da ocorrência dos SC em praticamente todos os padrões oceânicos ocorreram no outono austral (MAM), com exceção dos anos neutros (39,6%). Uma alta variabilidade interanual foi observada entre os padrões oceânicos, com porcentagens de SC chegando a variar de 33,9%, a 62,4% nos cenários neutro e favorável, respectivamente. Por outro lado, reafirmou-se a importância da ZCIT para a região, que mesmo em anos totalmente desfavoráveis à ocorrência de chuvas, chega a ser responsável por cerca de 51% de todos os SC verificados ao longo do ano. Outros sistemas meteorológicos e transientes também podem influenciar a ocorrência de SC no NNEB durante o outono austral, dentre eles, destaca-se as Linhas de Instabilidade (LI) que atuam na costa norte do Brasil com maior frequência de abril a agosto (Cohen et al., 1995). Desta maneira, o papel dos sistemas transientes para a

variabilidade sazonal da atividade convectiva no NNEB precisa ser investigado em estudos futuros.

Os SC além de apresentarem maior ocorrência nos cenários FAV, La Niña/Grad_N e El Niño/Grad_S mostraram-se também mais profundos do que os SC nos cenários DESF e NEU. De modo geral, predominaram nesses últimos cenários (DESF e NEU) nuvens menos profundas. Nos demais cenários, apesar dos SC serem mais intensos em La Niña/Grad_N, eles não ocupam frequentemente grandes áreas, ou seja, são SC mais rasos do que os verificados nos cenários FAV e El Niño/Grad_S. Como as características físicas e morfológicas dos SC está relacionado com as correntes ascendentes e descendentes e é um indicativo da taxa de precipitação associada, os resultados aqui expostos podem ser especialmente úteis para os centros regionais e nacional de meteorologia, uma vez que os profissionais podem utilizar os resultados para aprimorar o entendimento da variabilidade da atividade convectiva no NEB e na elaboração da previsão sazonal de precipitação para o outono austral.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Enner; MARENGO, José; MANTOVANI, José; LONDE, Luciana; SAN, Rachel; PARK, Edward; LIN, Yunung; WANG, Jingyu; MENDES, Tatiana; CUNHA, Ana Paula; PAMPUCH, Luana; SELUCHI, Marcelo; SIMÕES, Silvio; CUARTAS, Luz Adriana; GONCALVES, Demerval; MASSI, Klécia; ALVALÁ, Regina; MORAES, Osvaldo; FILHO, Carlos Souza; MENDES, Rodolfo; NOBRE, Carlos. Deadly disasters in southeastern South America: flash floods and landslides of February 2022 in Petrópolis, Rio de Janeiro. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.23, p.1157-1175, 2023.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, n.6, p.711–728, 2013. https://doi. org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ALVES, Jose Maria Brabo; DE SOUZA, Everaldo; REPELLI, Carlos; VITORINO, Maria; FERREIRA, Nelson. Episódios de La Niña na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a Distribuição de Chuvas no Setor Norte do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.12, p.63-76. 1997.

AMORIM, Ana Cleide Bezerra. Influência de subregiões do Atlântico tropical na precipitação no leste do nordeste brasileiro. **Tese de doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, 144pp, 2016.

ANDREOLI, Rita Valéria; KAYANO, Mary Toshie. A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, p.63-74, 2007.

CHEN, Ji; CHUNG, ChiHang. Representation of global precipitation anomalies using four major climate patterns. **Science China Technological Sciences**, v.58, n.5, p.927-934, 2015.

COHEN, Julia; SILVA DIAS, Maria Assunção; NOBRE, Carlos. Environmental Conditions Associated with Amazonian Squall Lines: A case Study. **Monthly Weather Review**. v.123, p.3163-3174. 1995.

DE SOUZA, Everaldo Barreiros; KAYANO, Mary Toshie; AMBRIZZI, Tercio. Intraseasonal and submonthly variability over the Eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v.81, p.177-191, 2005.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacifico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. 2005.

FINAN, Timothy; NELSON, Donald. Making rain, making roads, making do: public and private adaptations to droughts in Ceara, Northeast Brazil. **Climate Research**, v.19, n.2, p.97–108, 2001.

GAMACHE, John; HOUZE JR, Robert. Water Budget of a Mesoscale Convective System in the Tropics. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.40, p.1835-1850, 1983.

GETIRANA, Augusto. Extreme water defcit in Brazil detected from space. **Journal of Hydrometeoology,** v.17, n.2, p.591-599, 2016. https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0096.1

GOMES, Helber; AMBRIZZI, Tercio; SILVA, Bruce; HODGES, Kevin; SILVA DIAS, Pedro Leite., HERDIES, Dirceu; SILVA, Maria Cristina; GOMES, Heliofábio. Climatology of easterly wave disturbances on the tropical South Atlantic. **Climate Dynamics**, v.53, p.1393–1411, 2019.

GONÇALVES, Weber Andrade. Uma avaliação do efeito dos aerossóis na organização e estrutura das nuvens convectivas. **Tese de doutorado**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 158 pp, 2013.

HASTENRATH, Stefan; HELLER, Leon. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v.103, p.77-92, 1977.

HASTENRATH, Stefan. Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. **Progress in Oceanography**, v.70, n.2–4, p.407–415, 2006.

HASTENRATH, Stefan. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review. **Climatic Change**, v.112, n.2, p.243–251, 2012.

HONG, Ye; HAFERMAN, Jeffrey; OLSON, William; KUMMEROW, Chistian. Microwave brightness temperatures from tilted convective systems. **Journal of. Applied Meteorology**, v.39, p.983–998. 2000.

HOUNSOU-GBO, Gbekpo Aubains; ARAUJO, Moacyr; BOURLÈS, Bernard; VELEDA, Doris; SERVAIN, Jacques. Tropical Atlantic Contributions to Strong Rainfall Variability Along the Northeast Brazilian Coast. **Advances in Meteorology**, 13 pp, 2015.

HOUZE JR, Robert. Structure of atmospheric precipitation system: A global survey. **Radio Science**, v.16, n.5, p.671-689. 1981.

JACINTO, Leandro Valente; ELOI, Waleska Martins; SAKAMOTO, Meiry Sakamoto. Características climatológicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.37, n.1, p.69-80, 2022.

KAYANO, Mary; ANDREOLI, Rita. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N.J.; Silva, M. G. A. J.; Dias M. A. F. S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. 1ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, v.1, p. 213-233, 2009.

KAYANO, Mary; ANDREOLI, Rita; SOUZA, Rodrigo. Relations between ENSO and the South Atlantic SST modes and their effects on the South America rainfall. **International Journal of Climatology**, v.33, p.2008-2023, 2013.

KOUSKY, Vernon. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, n.108, p.488–498, 1980.

KOUSKY, Vernon; GAN, Manoel Alonso. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, p.538–551, 1981.

LI, Xiaofan; HU, Zeng-Zhen; HUANG, Bohua. Contributions of atmosphere–ocean interaction and low-frequency variation to intensity of strong El Niño events since 1979. **Journal of Climate**, v.32, n.5, p.1381–1394, 2019. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0209.1

LYRA, Matheus José Arruda; FEDOROVA, Natalia; LEVIT, Vladimir; FREITAS, Ismael Guidson Freitas. Características dos complexos convectivos de mesoescala no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p.727-734, 2020.

LUCENA, Daisy Beserra; SERVAIN, Jacques; FILHO, Manoel Francisco Gomes. Rainfall Response in Northeast Brazil from Ocean Climate Variability during the Second Half of the Twentieth Century. **Journal of Climate**, v.24, p.6174-6184, 2011.

MACHADO, Luiz Augusto Toledo; LAURENT, Henri. Convective System Area Expansion and its Relationship with precipitation Intensity. São José dos Campos: INPE, 2004.

MACHADO, Luiz Augusto Toledo; ROSSOW, W. B. Structural Characteristics and Radiative Properties of Tropical Cloud Cluster. **Monthly Weather Review**, v.121. p.3234-3260. 1993.

MADDEN, Roland; JULIAN, Paul. Detection of a 40–50 day oscillation in the zonal wind in the Tropical Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.28, p.702–708, 1971.

MADDEN, Roland; JULIAN, Paul. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50 day period. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.29, p.1109–1123, 1972.

MAHAJAN, Salil; SARAVAN, R; CHANG, Ping. Free and Forced Variability of the Tropical Atlantic Ocean: Role of the Wind-Evaporation-Sea Surface Temperature Feedback. **Journal of Climate**, v.23, p.5958-5977, 2010.

MAO, Y.; ZOU, Y., ALVES, Lincoln Muniz, MACAU, E. E. N.; TASCHETTO, Andréa; SANTOSO, Agus; KURTHS, J. Phase coherence between surrounding oceans enhances precipitation shortages in Northeast Brazil. **Geophysical Research Letters**, v.49, n.9, e2021GL097647, 2022.

MARENGO, Jose; ALVES, Lincoln; SOARES, Wagner; R.; RODRIGUES, Daniel; CAMARGO, Helio; RIVEROS, Marco Paredes; PABLÓ, Amelia Diaz. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and drought in Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v.26, p.9137-9154, 2013.

MEDEIROS, Felipe Jeferson; GOMES, Rafaela dos Santos; COUTINHO, Mayte Duarte Leal; Lima, Kellen Carla. Meteorological drought and water resources: historical and future perspective for Rio Grande do Norte state, Northeast Brazil. **Internatiounal Journal of Climatology**, v.42, n.13, p.6976-6995, 2022. https://doi.org/10.1002/joc.7624.

MEDEIROS, Felipe Jeferson; OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo. Dynamical aspects of the recent strong El Niño events and its climate impacts in Northeast Brazil. **Pure and Applied Geophysics**, v.178, p.2315–2332, 2021. https://doi.org/10.1007/s00024-021-02758-3.

MEDEIROS, Felipe Jeferson; OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo; SANTOS E SILVA, Claudio Moises; ARAÚJO, João Medeiros. Numerical simulation of the circulation and tropical teleconnection mechanisms of a severe drought event (2012– 2016) in Northeastern Brazil. **Climate Dynamics**, v.54, p.4043–4057, 2020a. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05213-6.

MEDEIROS, Felipe Jeferson; OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo; Torres, Roger Rodrigues. Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016). **Climate Dynamics**, v.55, p.2327–2341, 2020b. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05385-1.

MOURA, Antonio Divino; SHUKLA, Jagadish. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**. v.38, p.2653-2675. 1981.

NOBRE, Paulo.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9, p.2464-2479, 1996.

PALHARINI, Rayana Santos Araújo; VILA, Daniel Alejandro. Climatological behavior of precipitating in the Northeast Region of Brazil. **Advances in Meteorology**, 12 pp, 2017.

PEREIRA, Marco Paulo Santos; MENDES, Keila Rego; JUSTINO, Flavio; COUTO, Fabiana; SILVA, Alex Santos; SILVA, Djane Fonseca; MALHADO, Ana Claudia Mendes. Brazilian dry forest (Caatinga) response to multiple ENSO: the role of Atlantic and Pacific Ocean. **Science of the Total Environmet**, v.705, 135717.

SCHIFFER, Robert; ROSSOW, William. ISCCP global radiance data set: A new resource for climate research**. Bulletin of the American Meteorological Society**, v.66, p.1498–1505. 1985.

SCHODER, Marc; KONIG, Marianne; SCHMETZ, Johannes. Deep convection observed by the Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager on board Meteosat 8: Spacial distribution and temporal evolution over Africa in summer and winter 2006. **Journal of Geophysical Research**, v.114, p.1984-2012, 2006.

SERVAIN, Jacques. Simple Climatic Indices for the Tropical Atlantic Ocean and Some Applications. **Journal of Geophysical Research**, v.96, p.15137-15146, 1991.

SMITH, Thomas; REYNOLDS, Richard; PETERSON, Thomas; LAWRIMORE, Jay. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006). **Journal of Climate**, v.21, p.2283-2296, 2008.

TEDESCHI, Renata; COLLINS, Matthew. The influence of ENSO on South American precipitation during austral summer and autumn in observations and models. **International Journal of Climatology**. v.36, n.2, p.618-635, 2016.

TEIXEIRA, Raul Fritz Bechtel. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, 282-291. 2008.

TRENBERTH, Kevin. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**. p.2771-2777, 1997.

UTIDA, Giselle; CRUZ, Francisco; ETOURNEAU, Johan; BOULOUBASSI, Ioanna; SCHEFUß, Enno; VUILLE, Mathias; NOVELLO, Valdir; PRADO, Luciana; SIFEDDINE, Abdelfettah; KLEIN, Vicent; ZULAR, André; VIANA, João; TURCQ, Bruno. Tropical South Atlantic influence on Northeastern Brazil precipitation and ITCZ displacement during the past 2300 years. **Scientific Reports**, v.9, 1698, 2019. https://doi.org/10.1038/s41598-018-38003-6.

UVO, Cintia Bertacchi; REPELLI, Carlos; ZEBIAK, Stephen; KUSHNIR, Yochanan. The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil Monthly Precipitation. **Journal of Climate**. v.11, p.551-562, 1998.

WAINER, Ilana; SOARES, Jacyra. North northeast Brazil rainfall and its decadal-scale relationship to wind stress and sea surface temperature. **Geophysical Research Letters**, v.24, n.3, p.277-280, 1997.