



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**TENDÊNCIA DA ENERGIA ESTÁTICA MEDIANTE DADOS DE
REANÁLISES DO NCEP/NCAR**

SAMYR BARATA CHEBLY

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO DE 2018**

SAMYR BARATA CHEBLY

**TENDÊNCIA DA ENERGIA ESTÁTICA MEDIANTE DADOS DE
REANÁLISES DO NCEP/NCAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, como requisito necessário para a obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Área de Concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas.

Sub-área: Climatologia.

Orientador: Prof. Dr. Enilson Palmeira Cavalcanti.

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO DE 2018**

C514t Chebly, Samyr Barata.
Tendência da energia estática mediante dados de reanálises do
NCEP/NCAR / Samyr Barata Chebly. - Campina Grande-PB, 2018.
86 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Enilson Palmeira Cavalcanti".
Referências.

1. Energia Estática. 2. Energia Estática da Atmosfera - Tendências. 3.
Energia Estática da Atmosfera - Norte e Nordeste do Brasil. I. Cavalcanti,
Enilson Palmeira. II. Título.

CDU 551.58(043)

SAMYR BARATA CHEBLY

TENDÊNCIA DA ENERGIA ESTÁTICA MEDIANTE DADOS DE REANÁLISES
DO NCEP/NCAR

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 07/08/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dra. MAGALY DE FATIMA CORREIA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. RANYÉRE SILVA NÓBREGA
Departamento de Ciências Geográficas
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico a minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e por tudo que vem me proporcionando de aprendizado.

Ao meu orientador Enilson Palmeira Cavalcanti pela dedicação, compreensão, atenção, paciência e por dividir seu conhecimento comigo, e sempre me ajudando a crescer profissionalmente.

A minha família: Klyh Han Chebly, Neura Maria Barata Chebly, Alexei Barata Chebly e Stepan Barata Chebly que me apoiaram, confiaram em mim e todos os momentos e pela força, amor que me derem em todos os momentos bons e difíceis que surgiram durante esse período, obrigado.

À UFCG e ao Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio concedido através da bolsa e aos Professores do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), durante o cumprimento das disciplinas do curso e os professores que participaram desta banca examinadora.

Aos colegas do mestrado que me ajudaram direto e indiretamente, e as novas amigas que fiz durante o curso, em especial a Fernanda Gonçalves Rocha, Marley Carrera, Rosaria Rodrigues, Rosário Patriota, Celina Cândida, Luiz e aos secretários que sempre foram atenciosos e educados comigo, a Arilene e Danilo, e a servente Dona Rosa pelo apoio.

A todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho o meu muito obrigado.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Anos de eventos de El Niño e La Niña.	23
Tabela 2. Dipolo positivo e negativo	24
Tabela 3. Tabela de significância estatística através do método de Mann Kendell e <i>t</i> de Student, com valores de significância estatística para a avaliação estatística da tendência nas séries anuais do período de 1987 a 2016.	58
Tabela 4. Anomalias da Energia Estática Seca média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m ²).	75
Tabela 5. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m ²).	76
Tabela 6. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m ²).	77
Tabela 7. Anomalias da Energia Estática Seca média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m ²).	78
Tabela 8. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m ²).	79
Tabela 9. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m ²).	80
Tabela 10. Anomalias da Energia Estática Seca média do Globo (10^3 kJ/m ²).	81
Tabela 11. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Globo (10^3 kJ/m ²).	82
Tabela 12. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Globo (10^3 kJ/m ²).	83
Tabela 13. Anomalias da Energia Estática Seca média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m ²).	84
Tabela 14. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m ²).	85
Tabela 15. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m ²).	86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Características para a precipitação durante o período de verão e inverno de ambos os hemisférios na presença de (a) El Niño e (b) La Niña. 23
- Figura 2.** a) Áreas do oceano Atlântico Tropical onde se calculam os TNAI e TSAI, associados ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico e a Configuração do Dipolo (b) Positivo e (c) Negativo, com águas mais quentes (frias) no Atlântico Norte e águas mais frias (quentes) no Atlântico Sul. 24
- Figura 3.** Área de estudo: globo (90°S-90°N, 180°O-180°E) e área do NNEB (10°N-10°S, 80°O-20°O). 26
- Figura 4.** Distribuição vertical da média longitudinal das energias estáticas: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) úmida ($s+L_v q$), (c) saturada ($s+L_v q_s$) e (d) latente ($L_v q$) entre as latitudes de 90°S e 90°N, média do período de 1987 à 2016. 34
- Figura 5.** Perfil vertical médio das energias estaticas seca ($c_p T + \phi$) (**preta**), úmida ($s+L_v q$) (**verde**) e saturada ($s+L_v q_s$) (**amarela**) nas: (a) Região Polar Norte (60° a 90°N), (b) Região Polar Sul (60° a 90°S), (c) Latitudes Médias Norte (30° a 60°N), (d) Letitudes Médias Sul (30° a 60°S), (e) Região Tropical (30°S a 30°N) e (f) Região do Norte e Nordeste do Brasil (NNEB) (10°S a 10°N e 20°O a 80°O) para o período de 1987 a 2016. 37
- Figura 6.** Distribuição sazonal da média mensal das energias estáticas integradas verticalmente: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$) para o H.N., H.S. e Globo, no período de 1987 a 2016. 39
- Figura 7.** Distribuição sazonal da média mensal das energias estáticas integradas verticalmente: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$), para o Norte e o Nordeste do Brasil (NNEB) do período de 1987 a 2016. 41
- Figura 8.** Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Hemisfério Norte: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$) em 10^3 kJ/m², para o período de 1987 a 2016. 43
- Figura 9.** Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Hemisfério Sul: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$) em 10^3 kJ/m², para o período de 1987 a 2016. 45
- Figura 10.** Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Globo: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$) em (10^3 kJ/m²), para o período de 1987 a 2016. 48
- Figura 11 .** Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do NNEB: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s+L_v q$) e (c) saturada ($s+L_v q_s$) em 10^3 kJ/m², para o

período de 1987 a 2016. 50

Figura 12 – Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática seca ($c_p T + \phi$) para o (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo e (d) Norte e o Nordeste do Brasil para o período de 1987 a 2016. 52

Figura 13. Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática úmida ($s+L_v q$): (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo (c) e (d) Norte e o Nordeste do Brasil, para o período de 1987 a 2016. 54

Figura 14. Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática saturada ($s+L_v q_s$) (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo e (d) Norte e Nordeste do Brasil, para o período de 1987 a 2016. 56

Figura 15. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática seca (10^2 kJ/m²/ano) para (a) Globo e (b) Norte e Nordeste do Brasil (NNEB). 60

Figura 16. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática úmida (10^2 kJ/m²/ano) para (a) Globo e (b) Norte e Nordeste do Brasil (NNEB). 62

Figura 17. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática saturada (10^2 kJ/m²/ano) para (a) Globo e (b) Norte e do Nordeste do Brasil (NNEB). 64

LISTA DE SIMBOLOS

c_p – Calor específico à pressão constante

ϕ – Geopotencial,

L_v – Calor latente de vaporização

L_{vq} – Energia Latente Úmida

L_{vq_s} – Energia Latente Saturada

q – Umidade específica

q_s – Umidade específica saturada

T – Temperatura do ar

T_e – Temperatura equivalente

T_d – Temperatura do ponto de orvalho

z – Altura.

LISTA DE SIGLAS

aTSM – Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar.

CE – Ceará.

CESM – *Community Earth System Model*.

DOLs – Distúrbios Ondulatório de Leste.

ECHAM5 – *European Centre / Hamburg Atmosphere Model versão 5*.

EEG – Energia Estática Generalizada.

EMAS – Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão.

ENOS – El Niño Oscilação Sul.

EPD – Energia Potencial Disponível.

GrADS – *Grid Analysis and Display System*.

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

LIs – Linhas de Instabilidade.

H.N. – Hemisfério Norte.

H.S. – Hemisfério Sul.

MK – *Mann Kendall*.

N – Norte.

NCAR – *National Center for Atmospheric Research*.

NCDC – *National Climatic Data Center*.

NCEP – *National Centers for Environmental Prediction*.

NEB – Nordeste do Brasil.

NNEB – Norte e o Nordeste do Brasil.

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*.

O – Oeste.

ODP – Oscilação Decadal do Pacífico.

OMJ – *Oscilação Madden-Julian.*

PB – Paraíba.

RN – Rio Grande do Norte.

S – Sul.

SHADOZ – *South Hemisphere ADtional OZonesondes.*

TSM – Temperatura da Superfície do Mar.

VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis.

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul.

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

RESUMO

Neste estudo, objetivou-se analisar aspectos e tendências da energia estática da atmosfera para o Globo e em especial sobre o Norte de Nordeste do Brasil (NNEB), através dos dados de reanálises do *National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR), portanto foram analisadas as tendências das energias estáticas seca, úmida e saturada para o Hemisfério Norte (H.N.), Hemisfério Sul (H.S.), Globo e NNEB, para o período de 30 anos (1987-2016). Para o cálculo dessas energias e sua integração vertical foram utilizados dados mensais das variáveis da pressão em superfície, temperatura do ar, umidade específica e altura geopotencial, extraídos das reanálises do NCEP/NCAR e apresentados em formas de tabela, gráfico e imagens. Testes de significância estatísticas de Mann Kendall e *t* de Student foram aplicadas as tendências das séries do Hemisfério Norte, Hemisfério Sul, Globo e NNEB. Os resultados mostram que as distribuições médias longitudinais das energias estáticas apresentam maiores valores na região tropical e decrescem em direção aos polos. Os perfis verticais médios das energias estáticas apresentam na região polar norte (sul) e latitudes médias norte (sul), uma atmosfera relativamente mais úmida e próximo da saturação, em relação a região tropical e do NNEB. Para a distribuição sazonal das energias estáticas para o H.N e H.S observa-se valores máximos (mínimos) na estação de verão (inverno) e para o NNEB uma variação com valores máximos (mínimo) no período chuvoso (menos chuvoso). Tendências positivas são observadas nas séries da energia estática seca, úmida e saturada para o H.N., H.S., Globo e NNEB, em que os testes estatísticos indicam significância estatística de 99% ($\alpha=0,01$) para as tendências de 0,184; 0,288; 0,288 para o H.N, 0,614; 0,235; 0,291 no H.S., 0,202; 0,276; 0,361 para o Globo e 0,178; 0,102; 0,534 kJ/m²/ano para o NNEB. Nas espacializações das tendências para o Globo, verifica-se expressiva cobertura de áreas com tendências positivas de até $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano.

Palavras-chave: Energia estática, Tendências, Norte e Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze aspects and trends of static atmospheric energy for the Globe, and especially about the North and Northeast of Brazil (NNEB), through the National Center for Atmospheric Research (National Center for Atmospheric Research) (HN), Southern Hemisphere (HS), Globe and NNEB, for the period of 30 years (1987-2016). Monthly data of surface pressure, air temperature, specific humidity and geopotential height data were used to calculate these energies and their vertical integration, extracted from NCEP / NCAR reanalyses and presented in table, graph and image forms. Statistical significance tests of Mann Kendall and Student t were applied to the series trends of the Northern Hemisphere, Southern Hemisphere, Globe and NNEB. The results show that the mean longitudinal distributions of the static energies present higher values in the tropical region and decrease towards the poles. The average vertical profiles of the static energies present in the north (south) polar region and average latitudes north (south), a relatively humid and near the saturation atmosphere, in relation to the tropical region and the NNEB. For the seasonal distribution of static energies for H.N and H.S, maximum (minimum) values are observed in the summer season (winter) and for the NNEB a maximum (minimum) variation in the rainy (less rainy) period. Positive trends are observed in the dry, wet and saturated static energy series for H.N., H.S., Globo and NNEB, where statistical tests indicate a statistical significance of 99% ($\alpha = 0,01$) for the trends of 0,184; 0,288; 0,288 for H.N., 0,614; 0,235; 0,291 in H.S., 0,202; 0,276; 0,361 for the Globe and 0,178; 0,102; 0,534 kJ/m²/year for the NNEB. In the spatialization of trends for the Globe, there is significant coverage of areas with positive trends of up to 4.5×10^2 kJ/m²/year.

Key-words: Static energy, Trends, North and Northeast of Brazil.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivo Geral	15
1.2	Objetivos específicos	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Energia Estática da Atmosfera	16
2.2	TSM e variabilidade da atmosfera	21
2.3	A ZCIT e a variabilidade da atmosfera tropical	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Área de estudo	26
3.2	Dados	27
3.3	Aplicativo GrADS	27
3.4	Metodologia	28
	Formulação Teórica	28
	Tendências e Testes Estatísticos	29
	Teste <i>t</i> de Student	29
	Método de Mann Kendall	30
4.	RESULTADO E DISCUSSÕES	32
4.1	Estruturas verticais das energias estáticas	32
4.2	Variação sazonal e interanual da energia estática	38
4.3	Tendência anual e espacialização	51
5	CONCLUSÃO	65
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

A Circulação Geral da Atmosfera se origina pela forma não homogênea da radiação recebida pela Terra, em que as regiões mais próximas da Linha do Equador recebem mais radiação solar e, conseqüentemente, tornam-se mais aquecidas que regiões polares, cujo índice de radiação é menor e o aquecimento também, e características diferentes da superfície da Terra (solo nu, vegetação e água) afetam ainda essa distribuição de energia.

Trocas de massas de ar entre as regiões mais quentes e as mais frias, promove características térmicas diferentes e contribui para o processo entre as energias estáticas seca, úmida e saturada na atmosfera em várias partes do globo, e conseqüentemente nas condições termodinâmicas da atmosfera, como vistas por (MOTA e NOBRE, 2006; BENGTSSON *et al.*, 2013).

As energias estáticas seca, úmida e saturada apresentam estruturas verticais semelhantes as apresentadas pelas temperaturas potencial, potencial equivalente e potencial de saturação, respectivamente. Segundo a American Meteorological Society (AMS) a energia estática seca é conservada durante o movimento vertical e horizontal e é definida com a base na capacidade de calor específico do ar a pressão constante, temperatura, aceleração gravitacional e altura. Para a definição da energia estática úmida o ar é adiabaticamente transportado para o topo da atmosfera, e permite que o vapor d'água se condense e libere o calor latente, onde: g é a aceleração gravitacional, L_v é o calor latente de vaporização, c_p é o calor específico a pressão constante, T a temperatura absoluta, z é altura acima de algum nível de referencia e r é a razão de mistura de vapor de água, enquanto para a energia estática saturada sua definição é similar a úmida, sendo que r será r_{sat} onde a razão de mistura de vapor de água é com base na temperatura e pressão da parcela.

Outro fator importante diz respeito ao teor de água na atmosfera na forma de energia latente, que somada a energia estática seca é denominada de energia estática úmida. Quando ocorre condensação, parte dessa energia é liberada como calor sensível, enquanto que, o processo de evapotranspiração adiciona energia latente na atmosfera, mantendo em equilíbrio térmico o planeta. Entretanto Cavalcanti e Mariano (2016) observaram a tendência de aumento do vapor d'água na atmosfera do globo com distribuição espacial não homogênea, mas com tendência positiva na maior parte do globo. O efeito estufa e as ações antrópica Hardy (2003) estão diretamente ligados ao comportamento das energias estáticas na atmosfera.

Algumas pesquisas realizadas sobre a energia estática relacionadas ao seu comportamento na atmosfera, mostram que a energia solar, o vapor d'água, a interação oceano-atmosfera, os fenômenos meteorológicos e a Circulação Geral da Atmosfera através do transporte de calor e energia exercem uma influência na energia estática na atmosfera, tanto na variabilidade interanual como sazonal no planeta (NÓBREGA *et al.*, 2006). Para a região Norte e Nordeste do Brasil, alguns estudos mostraram que sobre a atmosfera dessas regiões a umidade advinda da floresta Amazônica e transportada pelo oceano Atlântico, a grande disponibilidade de energia solar, a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as anomalias de Temperatura da Superfície do mar (aTSM) do Oceano Pacífico e Atlântico contribuem para o comportamento das energias estáticas na atmosfera (TRENBERTH e STEPANIAK, 2004; NÓBREGA *et al.*, 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008).

Os estudos abordando as energias estáticas na atmosfera, apresentam períodos curtos de análises ou estão associados com determinados eventos que ocorrem em determinadas épocas do ano em algumas localidades do globo. Neste contexto, analisar se existe uma tendência ao longo dos últimos trinta anos em relação as médias globais de energia estática seca e úmida para o globo, assim como, verificar o comportamento espacial dessas tendências parece salutar face as recentes discussões sobre tendências climáticas globais. Neste propósito, são apresentados a seguir os objetivos geral e específicos.

1.1 Objetivo Geral

Analisar aspectos e tendências da energia estática da atmosfera global e em especial sobre o Norte e Nordeste do Brasil, utilizando dados de reanálises do *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*_(NCEP/NCAR).

1.2 Objetivos Específicos

- Quantificar as energias estáticas seca, úmida e saturada para todo o globo e Norte e Nordeste do Brasil;
- Analisar as variabilidades sazonais, interanual da energia estática global e no Norte e Nordeste do Brasil;
- Avaliar tendências nas séries das médias globais e Norte e Nordeste do Brasil;
- Espacialização das tendências interdecenal globais e destaque para a área Norte e Nordeste do Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Energia Estática da Atmosfera

Diversas pesquisas têm sido realizadas ao longo dos anos sobre a energia estática da atmosfera em várias partes do Globo, que visam investigar sua importância nos fenômenos atmosféricos e circulação geral da atmosfera.

Lorenz (1955) define a Energia Potencial Disponível (EPD) como a diferença na energia estática total (interna potencial e mais latente) entre o estado atual da atmosfera e de um estado de referência idealizado, assim definindo como o estado que minimiza a energia estática da atmosfera após uma sequência de transformações adiabáticas reversíveis.

Aplicando técnicas de análise de escala a partir da equação da energia termodinâmica com a intenção de avaliar a importância relativa do aquecimento atmosférico causado pela evaporação, resfriamento radiativo e aquecimento latente, Cornejo-Garrido e Stone (1977) observaram que o resfriamento radiativo e a evaporação apresentaram um desempenho baixo quando comparados ao aquecimento atmosférico realizado pela liberação de calor latente, significa que quando a atmosfera é diabaticamente aquecida, à medida que o vapor d'água condensa e libera calor latente na atmosfera, surge no ambiente um resfriamento por expansão adiabática associada aos movimentos verticais ascendentes para contrabalancear a fonte de calor.

Analisando o movimento vertical tropical e a precipitação, baseados na equação de energia estática úmida Neelin e Held (1987), observaram que a liberação de calor latente é uma das principais fontes para o desenvolvimento dos distúrbios que ocorrem na atmosfera tropical, pois a energia potencial é pequena devido ao gradiente de temperatura também ser pequeno em grande escala, sendo que, a maior quantidade de calor latente liberado está associada com os sistemas convectivos. Além do calor latente, outras formas de energias que devem ser consideradas, que são o fluxo de calor da superfície e a radiação infravermelha, que são importantes no controle da convergência atmosférica e, naturalmente a precipitação mediante seus efeitos conjuntos no suprimento de energia estática úmida da atmosfera.

Soriano *et al.* (1994) com o objetivo de deduzir um novo parâmetro energético com as propriedades análogas das energias estáticas secas, úmidas e saturadas que as generalizam, denominaram de Energia Estática Generalizada (EEG) e relacionando com a temperatura de entropia de Hauf e Holler (1987) que incluem as temperaturas potencias (ar seco, equivalente, água líquida, gelo e úmida), definiram que a altura (z) da EEG é em termos de geopotencial de

ar seco ao invés da pressão total, que é usual em energias estáticas e também demonstram que as variações da EEG resultam de variações da entropia e da divergência de fluxo de massa do ar seco, assim se assumir que a massa de ar seco é tão grande que o seu fluxo de massa é insignificante, então, quando a entropia é uma constante, a EEG é um parâmetro conservador, e da mesma forma, se o EEG não for constante, os fluxos irreversíveis devem ser incluídos.

Investigando os aspectos energéticos da atmosfera durante o Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão (EMAS), de 24 março à 05 de abril de 1995 em Campina Grande-PB, Barbalha-CE e Fortaleza-CE, Cavalcanti *et al.* (1996) observaram que o perfil vertical das energias estáticas médias seca, úmida e saturada, em Campina Grande e Barbalha apresentaram um padrão semelhante nas variações da energia estática úmida, sendo maior na camada de 750-600 hPa, níveis onde ocorreram conversão de energia latente em calor sensível, que transportado para os baixos níveis acarreta maior variação de energia estática seca, e em relação a energia estática saturada, ocorreram maiores variações em níveis baixos da atmosfera, próximo à superfície, pois nestes níveis a atmosfera é aquecida pela radiação terrestre. Para Fortaleza-CE as energias estáticas úmida e saturada nos níveis baixos e médios de atmosfera, apresentaram uma situação mais próxima da saturação, ou seja, a diferença entre a energia estática seca e úmida foram menores em Campina Grande e Barbalha, e sendo muito característico de cidades litorâneas. Portanto, a variabilidade da energia estática apresentada e as diferenças que ocorreram, foram atribuídos pela grande quantidade de umidade presente na atmosfera devido a fonte de vapor que é o oceano.

Ao investigar a estrutura da estabilidade estática nas latitudes médias com base em dados de 16 anos do NCEP, Juckes (2000) concluiu que para o Hemisfério Norte ocorre uma ligação entre a estabilidade estática úmida e o gradiente de temperatura meridional nas latitudes médias, e que as ondas baroclínicas tendem a estabilizar a atmosfera, em média, transportando calor para cima, como usado por Held (1982) para formular uma possível relação entre a estabilidade estática e os processos baroclínicos. Portanto, Juckes (2000) sugeriu algumas hipóteses importantes como: i) O estágio relevante do ciclone não é o estágio de crescimento, mas o ciclone maduro; ii) A hipótese é de natureza não local, aplicando-se à trilha da tempestade como um todo ao invés de localmente em cada latitude; iii) As restrições dinâmicas e radiativas propostas por Held (1982) são necessárias, pois o fato de que o ciclo anual de umidade relativa é substancialmente mais fraco que o da estabilidade úmida, essa restrição de umidade pode ser considerada de menor importância do que a restrição dinâmica.

Abordando uma visão geral dos fluxos de energia através do sistema climático da Terra, Trenberth e Stepaniak (2004) observaram que os transportes de calor e energia são

conduzidos pela circulação atmosférica e oceânica, e, portanto, descrevem que o transporte de energia total é mais naturalmente dividido em energia estática seca, energia latente e energia cinética. A energia estática seca consiste no calor sensível mais a energia potencial e a energia estática úmida incluiu a componente latente em condições úmida ou saturada. Portanto, na atmosfera a maior parte do transporte ocorre como energia estática úmida, enquanto a energia latente contribui substancialmente em baixas latitudes. Dentre os vários resultados obtidos, observou-se que as estimativas do aquecimento diabático verticalmente integrado na atmosfera e o aquecimento latente foram semelhantes nos padrões de aquecimento diabático dominante nos trópicos, pois vem do aquecimento latente associado à precipitação.

Nóbrega *et al.* (2006) estudando a média da variação sazonal dos meses de março, junho, setembro e dezembro da energia estática da atmosfera sobre o NEB no período de 12 anos (1982-1993), utilizando dados do NCEP/NCAR, observaram que a variação sazonal da ZCIT é refletida no transporte meridional de energia estática úmida, e que durante o período de março existe convergência em baixos níveis sobre a região NEB, associada ao movimento vertical ascendente, favorecendo a precipitação, enquanto nos meses de junho e setembro ocorrem divergências até o nível de 650 hPa, associadas ao movimento descendente, inibindo a precipitação. Para a energia estática seca, não apresentou diferenças nos meses estudados e sim valores máximos em baixos níveis da troposfera, enquanto que para as energias estáticas úmida e saturada, obteve-se maiores valores nos meses de março e dezembro. Verificaram que a atmosfera teve um comportamento instável abaixo de 700 hPa e estável acima deste nível durante os meses de estudo, o que possibilita a convecção é a quantidade de energia de inibição convectiva.

Relacionando a energia estática seca e a temperatura potencial, DeCaria (2007) observou que é exata para um perfil de temperatura adiabático e, extremamente próxima a um perfil isotérmico, e, quando utilizado em estudos atmosféricos com perfis de temperatura não-adiabáticas poderá levar a erros significativos de comparação de entropias em camadas atmosféricas isoladas. Concluindo, que essa relação de um perfil de temperatura adiabático tem maior entropia do que um perfil isotérmico para a mesma energia estática, pois, é devido à extrema sensibilidade da entropia integrada em uma coluna de ar.

Verificando os processos úmidos que afetam a geração de energia potencial disponível (EPD), Pauluis (2007) utilizou uma expressão analítica para as fontes e sumidouros da EPD, sendo válidas somente no contexto da estrutura de EPD de Lorenz, em uma atmosfera úmida. Demonstrou que qualquer reorganização do estado de referência devido ao aquecimento diabático ou à adição de água não altera a energia estática total, pois esta propriedade permite

determinar a taxa de mudança na EPD mesmo na ausência de uma fórmula analítica para o estado de referência, como é o caso em uma atmosfera úmida, e os efeitos da alteração do teor de água total de uma parcela de ar também são considerados para avaliar as mudanças de EPD devido à precipitação, evaporação e difusão de vapor de água. Com base nesses estudos, pode-se obter a taxa de mudança de EPD da entropia atmosférica, teor de água e pressão.

Examinando a energia estática úmida da superfície no período de verão (1882-2005), com as séries temporais de temperatura equivalente (T_e), temperatura média do ar (T), entalpia úmida (Lq/c_p) denominada de energia estática úmida e a temperatura do ponto de orvalho (T_d) em Columbus-Ohio / EUA na Latitude $39^{\circ}59'N$ e Longitude $82^{\circ}59'O$, com dados de *Weather Boreal do State Climate - Office of Ohio, Department of Agriculture-Weather Bureau - USA, United States Meteorological Yearbook (U.S. Department of Commerce, Local Climatological Data, do National Climatic Data Center (NCDC), Midwestern Climate Center, Rogers et al. (2007)* avaliaram nos seguintes termos: (i) eventos sazonais extremos; (ii) resposta a umidade superficial e anomalias de precipitação; (iii) tendências e (iv) associações com o conteúdo energético total e fluxos de umidade a partir de dados de reanálise regional e observaram que a T_e foi alta durante o verão de 1995, por a temperatura média do ar e a energia estática úmida ocorrerem altas, por estarem associados a uma onda de calor severo, e que os desvios médios de T e Lq apresentaram sinais opostos a longo prazo, e quando os verões são estratificados pelas quantidades sazonais de precipitação total ou pelo índice de umidade do solo. As tendências normalizadas de T , Lq e T_e foram descendentes de 1940 à 1964, com a T_e excedendo T , e a partir de 1965 as tendências T são positivas e excedem ligeiramente a T_e em magnitude e as T_d e Lq são comparativamente mais baixas, e para os fluxos de umidade ocorreram mais no centro oeste superior e Oceano Atlântico ocidental durante os extremos sazonais na energia de superfície.

Bezerra e Cavalcanti (2008) investigando a circulação atmosférica de grande escala e as fontes de calor na região Amazônica e NEB, relacionaram os episódios de El Niño (La Niña) de 1982/83 e 1997/98 (1973/76 e 1988/89) e dipolo positivo (negativo) de 1978 e 1981 (1985 e 1994). Observaram que em ambas áreas o perfil vertical de energia latente foi aproximado, e que durante o El Niño e dipolo positivo (La Niña e dipolo negativo) a atmosfera apresentou-se menos (mais) úmida, enquanto a energia estática seca teve variações acima (abaixo) da média mais significativas durante os anos de El Niño (La Niña) do que em anos de dipolo positivo (negativo), e o comportamento atmosférico da região Amazônica foi de um sumidouro de vapor d'água para ambos os eventos estudados, enquanto no NEB como

uma fonte aparente de vapor d'água no período de El Niño e dipolo positivo e sumidouro aparente de umidade para os períodos de La Niña e dipolo negativo.

Estudando os índices de instabilidade termodinâmica, Silva *et al.* (2011), observaram que a água precipitável e o fluxo de energia estática associados com o ciclo anual de precipitação em Maxaranguape – RN, em 01/2002 à 12/2009, durante projeto *South Hemisphere Additional OZone sondes* (SHADOZ), verificaram que o fluxo de energia estática úmida zonal não tem variações em baixos níveis e que o fluxo meridional tem energia máxima em julho, entre superfície até 800 hPa, devido a convergência de umidade.

Para Bengtsson *et al.* (2013) ao analisarem os fluxos de energia nas regiões polares norte e sul, no período de 30 anos, para os séculos XX e XXI com o modelo climático *European Centre / Hamburg Atmosphere Model versão 5* (ECHAM5), para o cenário do IPCC A1B. Verificaram que o transporte total de energia foi similarmente igual para os 30 anos, tanto para o século XX e XXI, em que na Região Polar Norte apresentou um aumento de energia estática úmida e uma redução na energia estática seca, e o fluxo de radiação líquida na superfície do oceano aumentou no período de verão, e na Região Polar Sul a energia úmida é maior do que a seca, e com uma diminuição na radiação solar de superfície.

Sobel *et al.* (2014) analisando a relação do balanço da energia estática úmida com a *Oscilação Madden-Julian* (OMJ) na região do Oceano Índico Tropical, no período de outubro a dezembro de 2011, observaram que as anomalias de energia estática úmida associada a OMJ são mantidas por realimentação radiativa em conjunto com vapor d'água, e que o fluxo de superfície exercer um papel importante nas anomalias que se propagam por advecção.

Bui *et al.* (2016) estimaram o transporte da energia estática úmida vertical na estrutura da ZCIT do Oceano Pacífico Leste e Oeste, através de dados do ERA-Interim e da simulação do modelo *Community Earth System Model* (CESM), no período de 1998 à 2007, observaram que o sinal da energia estática úmida vertical é sensível à estrutura do movimento para acima (abaixo) como ocorre na ZCIT do Pacífico Oeste (Leste), e o valor da energia estática úmida vertical tende a ser positivo (negativo) implicando uma exportação (importação) na coluna da energia estática úmida e em uma estabilização (desestabilização) da atmosfera.

Hill *et al.* (2017) utilizando o modelo climático *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory AM2.1* da NOAA, analisando as médias de precipitação dos últimos 30 anos da estação chuvosa (Julho-Setembro) na região do Sahel africano e incluindo um aquecimento uniforme de 2K de TSM no modelo *AM2.1*, utilizou a técnica de parametrização convectiva padrão de Arakawa-Schubert e o alternativo da Universidade de Washington com o balanço da energia estática úmida, observaram que para a parametrização alternativa da Universidade

de Washington apresentam um clima mais frio no Sahel do que Arakawa-Schubert e um aumento nas chuvas devido ao aquecimento da TSM, portanto em ambas parametrizações a energia estática úmida foi influenciada pelo aquecimento oceânico, que reforça o gradiente de umidade no Sahel. Portanto, a parametrização de Arakawa-Schubert, isso ocorre ao longo da troposfera livre e, é equilibrada pela importação de energia estática úmida anômala através de subsidência anômala, enquanto na parametrização da Universidade de Washington o fortalecimento do gradiente de energia estática úmida meridional é principalmente observado na troposfera inferior, devido à convecção superficial, tendo menos subsidência, permitindo que a precipitação aumente, tanto em grande escala como menor escala.

2.2 TSM e a variabilidade da atmosfera

As anomalias da temperatura da superfície do mar (aTSM) exercem um papel fundamental no comportamento das energias estáticas na atmosfera, que através do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), que representa a interação atmosfera-oceano que está associado a alterações dos padrões normais da temperatura da superfície do mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a costa peruana e o Pacífico oeste, próximo à Austrália. Portanto, influência no clima global e produz variações no aquecimento da atmosfera tropical, que alteram a circulação atmosférica global, afetando significativamente as sociedades e ecossistemas, e apresentam eventos quentes (frios) El Niño (La Niña) com as anomalias positivas (negativas) de TSM, que causam mudanças climáticas em várias áreas do globo como no comportamento das energias estáticas na atmosfera (BJERKNES, 1969; RASMUSSEN e CARPENTER, 1982; ROPELEWISK e HALPERT, 1997; OLIVEIRA, 2001; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008; GRIMM, 2015).

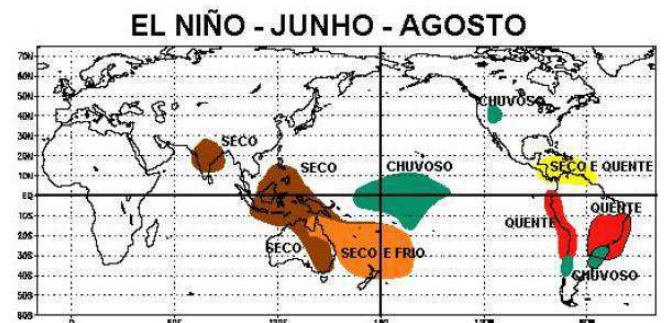
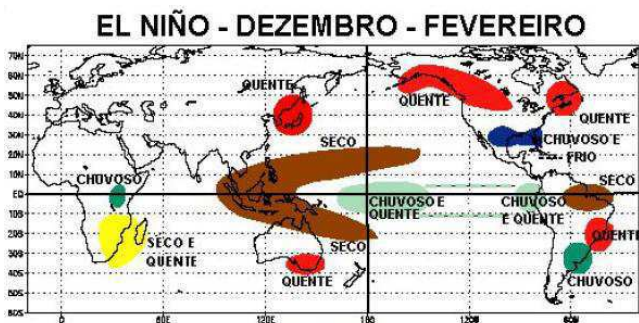
O ENOS pode ser quantificado (intensidade e fase) pelo Índice Oscilação Sul (IOS), que é a diferença da pressão atmosférica entre o Pacífico central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos baixos níveis da atmosfera, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região. Valores negativos (positivos) do IOS são indicadores da fase negativa (positiva) do ENOS com a ocorrência de El Niño (La Niña), conforme Philander (1990) as condições oceânicas e atmosféricas geralmente oscilam entre estas duas fases extremas.

Os efeitos do El Niño e La Niña são observados em várias partes do mundo, ver (Figura 1) que podem ser observadas as áreas afetadas com os impactos de períodos secos e chuvosos (frios ou quentes) no Globo durante o verão e inverno de ambos os hemisférios,

como também podem variar em intensidade (Tabela 1), e impactando no comportamento das energias estáticas seca, úmida e saturada na atmosfera. No Brasil o El Niño causa impactos no clima, segundo Grimm (2015) no período de inverno é mais quente e primavera mais chuvosa que o normal no Sul, primavera mais seca e mais quente na maior parte do Sudeste, além de seca no Norte e Nordeste do Brasil. Já durante os episódios do fenômeno La Niña, de acordo com Oliveira (2001), os efeitos podem ter aumento de precipitações nas regiões Norte e Nordeste, áreas com baixas previsibilidades nas regiões do Centro-Oeste e Sudeste e secas severas na região Sul do Brasil.

No Oceano Atlântico Tropical a anomalia da TSM é conhecida como Dipolo e muito importante, pois exerce uma influência na variabilidade do clima e na atmosfera dos continentes próximos, como nos padrões de precipitação, vento e temperatura observadas em regiões do Norte e Nordeste do Brasil (NEB) e sudeste dos Estados Unidos. As variações das anomalias de TSM proporcionam ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais interferem fortemente na posição latitudinal da ZCIT, assim influenciando na modulação sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, como no período de Março-Abril-Maio sobre a região Norte e Nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia. A fase positiva (negativa) do Padrão de Dipolo ocorre quando anomalias positivas (negativas) de TSM são encontradas na bacia Norte e negativas (positivas) na Bacia Sul do Atlântico (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; NOBRE e SHUKLA, 1996; ARAGÃO, 1998) e sendo caracterizado pelo gradiente norte-sul na TSM do Atlântico Tropical (MOURA e SHUKLA, 1981; SERVAIN, 1993), que envolve variações espaciais de TSM nos hemisférios norte e sul, situados entre 20°N-5°N e 5°S-20°S, com variabilidades nas escalas sazonal, interanual e decadal. Portanto, alguns estudos mostram que esses fenômenos de grande escala ENOS e DIPOLO interferem diretamente nas energias estática seca, úmida e saturada e no seu comportamento na atmosfera, como vistos por Nóbrega *et al.* (2006), Rogers *et al.* (2007) e Bezerra e Cavalcanti (2008).

a)



b)

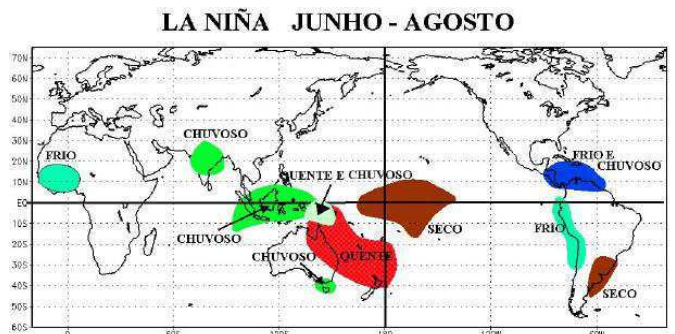
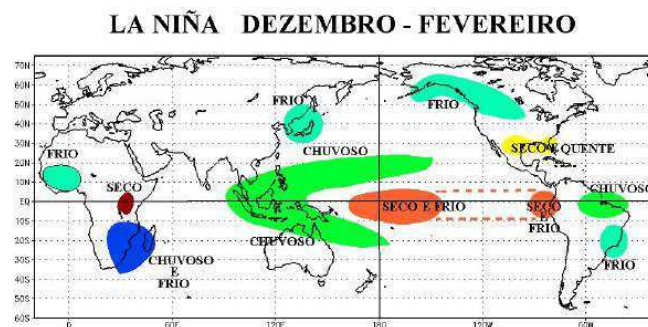


Figura 1. Características para a precipitação durante o período de verão e inverno de ambos os hemisférios na presença de (a) El Niño e (b) La Niña.

Fonte: NOAA/NCEP. Adaptado pelo autor.

Tabela 1. Anos de eventos de El Niño e La Niña.

El Niño			La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952-53	1951-52	1957-58	1954-55	1955-56	1972-74
1953-54	1963-64	1965-66	1964-65	1970-71	1975-76
1985-59	1968-69	1972-73	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1982-83	1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1987-88	1983-84		1999-00
1979-80	2002-03	1991-92	1984-85		2007-08
2004-05	2009-10	1997-98	2000-01		2010-11
2006-07		2015-16	2005-06		
2014-15			2008-09		
			2016-17		

Fonte: NOAA

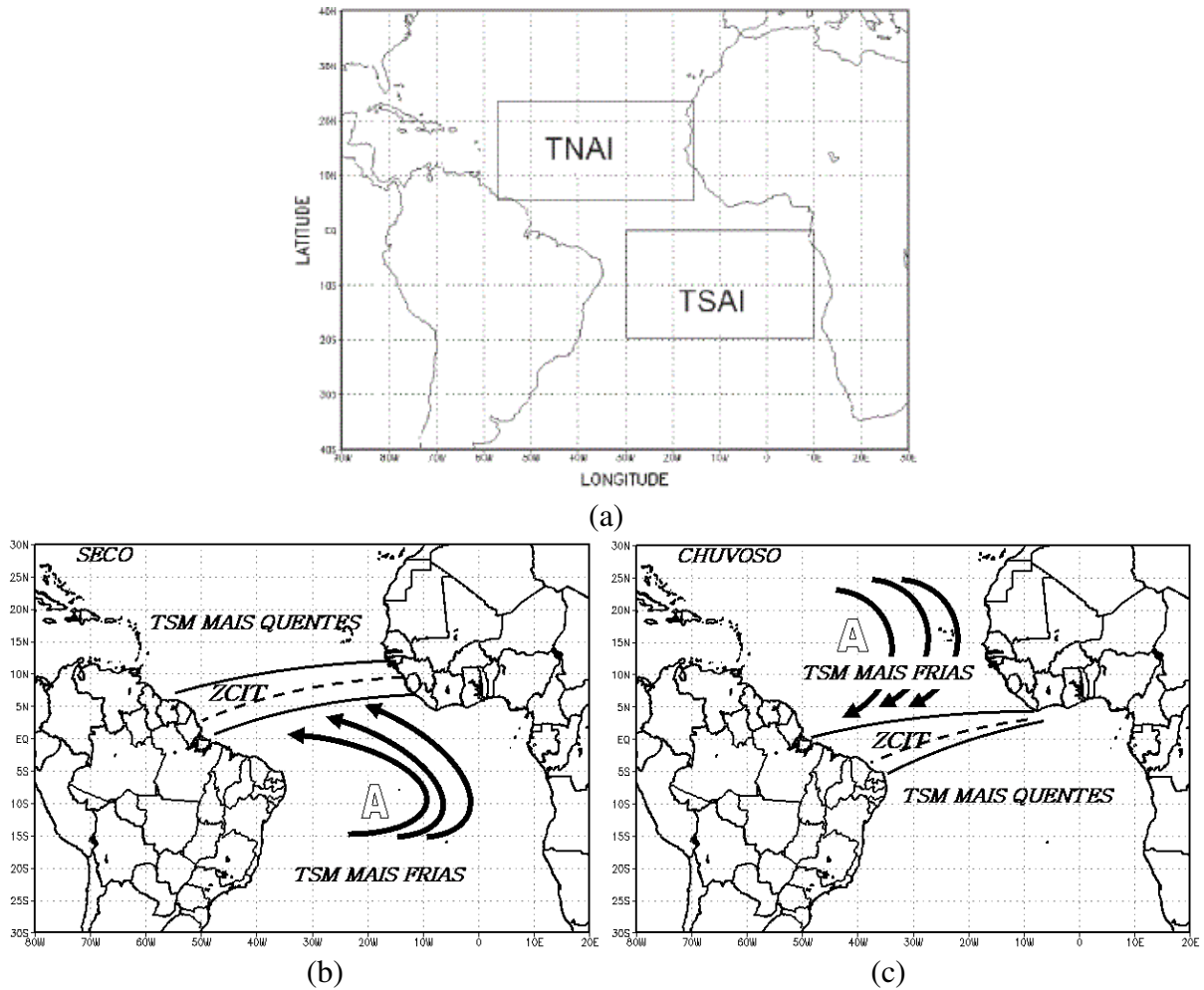


Figura 2. a) Áreas do oceano Atlântico Tropical onde se calculam os TNAI e TSAI, associados ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Atlântico e a Configuração do Dipolo (b) Positivo e (c) Negativo, com águas mais quentes (frias) no Atlântico Norte e águas mais frias (quentes) no Atlântico Sul.

Fonte: Uvo, 1998, p.16 e Menezes *et al.*, 2008.

Tabela 2. Dipolo positivo e negativo

Dipolo positivo	Dipolo negativo	Neutro
1970, 1976, 1978, 1981, 1982, 1983, 1990, 1992, 1997, 1998, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2010, 2011, 2016.	1965, 1967, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1984, 1985, 1986, 1988, 1989, 1991, 1994, 1995, 1996, 1999, 2000, 2009, 2012, 2014.	1963, 1964, 1966, 1968, 1969, 1977, 1979, 1980, 1987, 1993, 2001, 2007, 2008, 2013.

Fonte: NOAA e Santos e Aquino (2017)

2.3 A ZCIT e a variabilidade da atmosfera tropical

A variabilidade das TSMs no Atlântico Tropical está relacionada ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e tem uma relação com o posicionamento da ZCIT no Atlântico Equatorial. Portanto, a ZCIT é um sistema gerador de precipitação sobre a região equatorial, que favorece as precipitações nos continentes africano, americano e asiático e em áreas adjacentes e no Atlântico equatorial, apresenta uma migração sazonal com posicionamento médio em torno de 6° N (MOURA e SHUKLA, 1981; CHUNG, 1982; WALISER e GAUTIER, 1993; UVO *et al.* 1998), alcançando sua posição média mais boreal (aproximadamente 14° N) e mais austral (em torno de 2° S) durante agosto-setembro e março-abril, segundo Melo *et al.* (2009), e tem sua posição em maior parte do tempo sobre o Hemisfério Norte, e influência na qualidade da estação chuvosa no Sahel africano e do Norte e do Nordeste do Brasil, conforme Wagner (1996).

A ZCIT é um conjunto de variáveis meteorológicas que atuam sobre a faixa equatorial dos oceanos, dentre as quais são a Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), a região do cavado equatorial, as áreas de máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e de máxima convergência de massa, e a banda de máxima cobertura de nuvens convectivas, ou seja, essas variáveis atuam próximo à faixa equatorial dos oceanos e não se apresentam necessariamente sobre a mesma latitude em superfície, mas próximas umas das outras, de acordo com Melo *et al.*, (2009).

Portanto, a ZCIT é um fenômeno caracterizado por uma faixa de nebulosidade descontínua, pois é composta de aglomerados distintos de nuvens, os quais são separados por regiões de céu claro, confluência dos ventos e a convergência de massa em baixos níveis, na região Atlântico Tropical, favorece o transporte de umidade e o aumento da convecção sobre o norte da América do Sul, em especial sobre o NEB (HASTENRATH e HELLER, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; RAO e MARQUES, 1984; UVO, 1989; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Por a ZCIT está associada com o fortalecimento ou enfraquecimento dos alísios de nordeste e sudeste, vem apresentar um papel importante no período chuvoso na região norte e nordeste do Brasil, e sua posição e intensidade estão intimamente relacionadas às condições de superfície do oceano e da atmosfera. (WALISER e GAUTIER, 1993; MELO *et al.*, 2009). No estudo de Garcia (1985) observou-se que a ZCIT atua mais em áreas tropicais do H.N., onde predomina a região de águas mais aquecidas, e está relacionada à existência de águas mais frias na região equatorial leste dos oceanos Pacíficos e Atlântico. Sobre os oceanos

Indico e Pacífico Oeste, em particular, a “ZCIT” apresenta-se associada às monções de verão sobre Ásia e o norte da Austrália.

Dentre alguns fatores em que a ZCIT influencia nas energias estáticas seca, úmida e saturada são por meio do transporte meridional de energia, nas variações associadas com as mudanças energéticas, relacionadas com a diferença de temperatura inter-hemisférica e com o vapor d’água presente e na estrutura vertical da ZCIT e podendo apresentar uma atmosfera mais úmida em determinadas regiões do globo (BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014; BUI *et al.*, 2016)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

No presente trabalho, a área de estudo compreende todo globo, nas seguintes latitudes $90^{\circ}\text{S} - 90^{\circ}\text{N}$ e longitudes $180^{\circ}\text{O} - 180^{\circ}\text{E}$ para verificar as tendências e a distribuição das energias estáticas seca, úmida e saturada, como também a área sobre a região Norte e Nordeste do Brasil (NNEB), que será analisada para os demais objetivos e esta localizada entre $10^{\circ}\text{S}-10^{\circ}\text{N}$ e $80^{\circ}\text{O}-20^{\circ}\text{O}$.

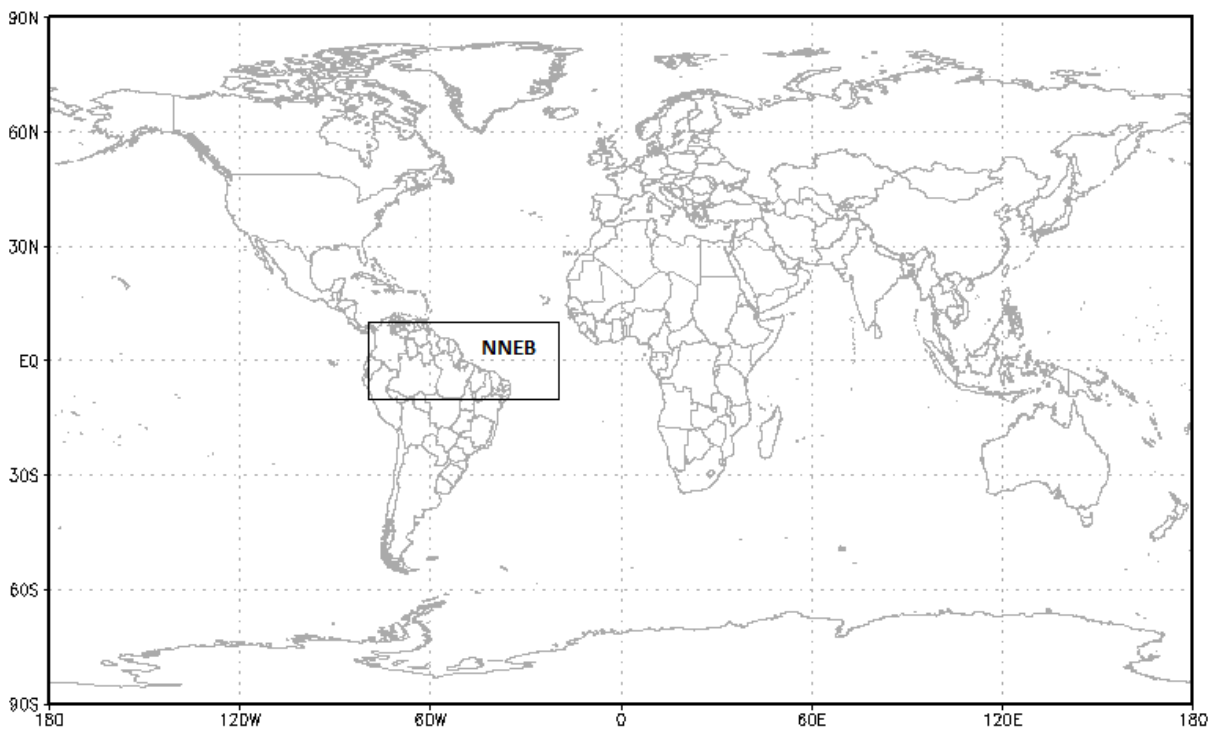


Figura 3. Área de estudo: globo ($90^{\circ}\text{S}-90^{\circ}\text{N}$, $180^{\circ}\text{O}-180^{\circ}\text{E}$) e área do NNEB ($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$, $80^{\circ}\text{O}-20^{\circ}\text{O}$).

3.2 Dados

O projeto reanálise do *National Centers for Environment Prediction / National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR) gerou uma base de informações de variáveis meteorológicas em pontos de grade e dentro dos propósitos estabelecidos para este trabalho, as reanálises do NCEP/NCAR são base de dados representativos das condições globais e muito utilizado por demais autores e com êxito nos estudos relacionados a energia estática na atmosfera (Nóbrega *et al.* 2006, Bezerra e Cavalcanti, 2008).

Os dados utilizados correspondem as médias mensais do período de 1987 a 2016 e obtidos no NCEP/NCAR, cobrindo todo o globo e são espaçados em uma grade de 2,5°x 2,5° latitude e longitude, provenientes de um sistema de assimilação de dados do Projeto *reanalysis* descritos por Kalnay *et al.* (1996) e Kistler *et al.* (2001). As observações assimiladas no modelo numérico refletem uma composição de observações por satélites; aviões; navios; boias oceânicas, além das observações convencionais.

As variáveis que serão utilizadas são: pressão à superfície, temperatura (K), altura geopotencial (gpm) e umidade específica (kg/kg). Exceto a pressão à superfície os demais campos contemplam 17 níveis de pressão: 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 e 10 hPa.

3.3 Aplicativo GrADS

O *Grid Analysis and Display System* (GrADS) é o Sistema de Visualização e Análise de Dados em Pontos de Grade. É um software utilizado nas tarefas de acesso, manipulação e visualização de dados geofísicos em geral, pois trabalha com matrizes de dados nos formatos BINÁRIO, GRIB, NetCDF ou HDF-SDS, nos quais as variáveis podem possuir até 4 dimensões longitude, latitude, níveis verticais e tempo. Também, é um software muito utilizado nos centros operacionais e de pesquisas meteorológicas no mundo, sendo desenvolvido pelo pesquisador Brian Doty no COLA na Universidade de Maryland na década de 80, tendo sua distribuição totalmente livre e gratuita através da <http://cola.gmu.edu/grads/>.

O GrADS possui uma interface programável (*scripting language*) na qual é possível se desenvolver sofisticadas análises, cálculos de variáveis derivadas e aplicações de visualização automática. Nos *scripts* é possível desenvolver a interatividade com funções, expressões ou rotinas externas escritas com outras linguagens de programação. As atuais versões apresentam uma grande variedade de funções intrínsecas (funções do próprio

GrADS), mas o usuário também pode adicionar sua própria função usando rotinas externas desenvolvidas em FORTRAN ou outra linguagem. O GrADS pode ser executado em modo *batch* e, portanto, os *scripts* podem ser usados para realizar tarefas automáticas sem a necessidade da presença direta do usuário (Souza, 2004).

3.4 Metodologia

Para este estudo, foram utilizados dados mensais de pressão à superfície, temperatura do ar, geopotencial, umidade específica de reanálises do NCEP/NCAR. A partir destes foram calculadas as energias estática seca, úmida e saturada, assim como, sua integração vertical.

Foram construídos gráficos para análise, referente a cada tipo de energia. Portanto, se adotou a seguinte sequência:

a) Estrutura vertical:

Distribuição vertical média longitudinal do período 1987 a 2016 para as latitudes de 90° N – 90° S;

Perfis verticais médios para as regiões Polares (60° a 90° S – Polo Sul, 60° a 90° N – Polo Norte), Latitudes médias (30° a 60° S e 30° a 60° N), Tropical (30° S a 30° N) e NNEB (10° S a 10° N e 20° W a 80° W).

b) Variação sazonal e interanual:

Médias para o Globo, Hemisfério Norte., Hemisfério Sul e NNEB;

Anomalias para o Globo, Hemisfério Norte., Hemisfério Sul e NNEB;

c) Tendências anual e espacialização:

Avaliação de tendências nas séries anuais da média para o Globo, Hemisfério Norte, Hemisfério Sul e NNEB, testes estatísticos t de Student e Mann Kendall.

Espacialização da tendência para o Globo, com destaque para o NNEB.

Formulação Teórica

As equações de energia estática seca (s), estática úmida (h) e estática saturada (h_s) são expressas em kJ/kg segundo Nóbrega *et al.* 2006, Bezerra e Cavalcanti, 2008, como:

$$s = c_p T + \phi \quad (1)$$

$$h = s + L_v q \quad (2)$$

$$h_s = s + L_v q_s \quad (3)$$

em que: c_p é o calor específico à pressão constante ($c_p=1.004 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$), T a temperatura do ar, ϕ o geopotencial, L_v o calor latente de vaporização ($L_v=2,462 \times 10^6 \text{ J/kg}$), q a umidade específica e q_s a umidade específica saturada. Portanto, $L_v q$ e $L_v q_s$ são as energias latentes úmida (u) e saturada (u_s).

A integração vertical dessas energias, expressas com a letras maiúsculas I , podem ser obtidas pelas expressões

$$I_s = \frac{1}{g} \int_p^{p_s} (c_p T + \phi) dp \quad (4)$$

$$I_u = \frac{1}{g} \int_p^{p_s} L_v q dp \quad (5)$$

$$I_{u_s} = \frac{1}{g} \int_p^{p_s} L_v q_s dp \quad (6)$$

Portanto, a soma da integração da energia estatica seca com a integração da energia latente úmida, corresponde a integração da energia estatica úmida ($I_h=I_s+I_u$) e a soma da integração da energia estatica seca com a integração da energia latente saturada, corresponde a integração da energia estatica saturada ($I_{h_s}=I_s+I_{u_s}$).

Tendências e Testes Estatísticos

Para isso foram utilizados os testes paramétricos e não paramétricos como o t de Student e de *Mann Kendall* (MK), que exigem amostras de dimensões de 30 anos ou inferior, e são bastante empregados em pesquisas meteorológicas e em estudos com séries temporais climatológicas e hidrológicas, sendo recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliar as tendências dos dados em séries temporais (Yue *et al.* 2002).

Teste t de Student

É um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste (t) segue uma distribuição t de Student, publicada pelo autor William Sealy Gosset, muito utilizado nos estudos de meteorologia (KOUSKY e KAYANO, 1994; KAYANO e KOUSKY, 1996; CASTRO, 2002; SILVA e SOUSA, 2013).

Neste caso será aplicado a inclinação da linha de tendência pelo método da regressão linear do coeficiente de correlação (r), com os valores observados das energias estáticas seca, umida e saturada. Aplicando o teste t de Student com significância estatística de 99% ($\alpha=0.01$) e 95% ($\alpha=0.05$), com $(n-2)$ graus de liberdade, para $(n=30)$. É calculado da seguinte forma:

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (7)$$

$$r_c = t_c / \sqrt{(n-2) + t_c^2} \quad (8)$$

O valor obtido na tabela nessas condições foram de $t_c = 2,763$; $t_c = 2,048$, respectivamente. Obteve-se $r_c = 0,463$ e $r_c = 0,361$, portanto $r > r_c$ a hipótese nula é descartada caracterizando o valor significativo à 99% ou 95%, respectivamente.

Método de Mann Kendall

O Teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Por tratar-se de um método não paramétrico, ele não requer distribuição normal dos dados (Yue *et al.*, 2002). Outra vantagem deste método é o fato de ser pouco influenciado por mudanças abruptas ou séries não homogêneas (Zhang *et al.*, 2009). No entanto, este método exige que os dados sejam independentes e aleatórios (Neeti & Eastman, 2011).

O método baseia-se em rejeitar ou não a hipótese nula (H_0), de que não exista tendência na série de dados, adotando-se um nível de significância (α). O nível de significância pode ser interpretado como a probabilidade de cometer-se o erro de rejeitar a H_0 quando esta for verdadeira. Segundo Silva *et al.* (2010) a estatística S usada no teste de Mann-Kendall é dada por:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^N \text{sign}(x_i - x_j) \quad (9)$$

Em que x_j são dados estimados da sequência de valores, n é o número de elementos da série temporal. Em que $sign(x_i - x_j)$ é:

$$sinal = \begin{cases} 1 & \text{para } x_i - x_j > 0 \\ 0 & \text{para } x_i - x_j = 0 \\ -1 & \text{para } x_i - x_j < 0 \end{cases} \quad (10)$$

A estatística S tende a uma distribuição normal com média $E[S]$ e a variância $Var[S]$, é dada por:

$$E[S] = 0 \quad (11)$$

$$Var(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (12)$$

Em que n é o número de elementos da série, t_p é o número de dados com valores iguais num certo grupo (p th) e q é o número de grupos contendo valores iguais da série de dados no grupo (p). O segundo termo representa um ajuste de dados

O teste estatístico parametrizado (Z) é dado por:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (13)$$

O valor de Z resulta na presença de uma tendência estatisticamente significativa. Essa estatística é usada para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de Z indica tendência de aumento e quando negativa, indica tendência decrescente. Para testar a tendência crescente ou decrescente no nível de significância de α , a hipótese nula é, então, rejeitada se o valor absoluto de Z for maior que $Z_{1-\alpha/2}$, utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão. Em geral, usam-se os níveis de significância de $\alpha = 0,01$ e $0,05$, que também serão aplicados neste estudo.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Estruturas verticais das energias estáticas

As Figuras 4a, 4b, 4c e 4d apresentam a distribuição vertical média longitudinal de 30 anos (1987-2016) das energias estáticas seca (4a), úmida (4b), saturada (4c) e latente (4d), que são dadas em (kJ/kg^{-1}) entre as latitudes de 90°N à 90°S em relação aos níveis de pressão de 1000 hPa, 900 hPa, 800 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 200 hPa e 100 hPa.

É observado que a distribuição vertical média longitudinal da energia estática seca (Figura 4a) entre as latitudes de 90°N e 90°S em relação aos níveis de pressão, mostra que ocorrem médias de intensidade da energia estática seca, portanto são menores próximo nas regiões polares e latitudes médias de (30°N - 90°N) e (30°S - 90°S), por apresentarem um menor aquecimento atmosférico que é produzida pela disponibilidade de energia solar (Trenberth e Stepaniak, 2004), e apresentando maiores médias de intensidade energia estática seca para a Região Tropical (30°S - 30°N), que acontecem acima do nível de 800 hPa até nos altos níveis da atmosfera, com valores de energia estática seca de 310 a 370 kJ/kg .

Para a distribuição vertical média latitudinal da energia estática úmida (Figura 4b) foram observados que o comportamento ocorre desde os baixos níveis da atmosfera, próximo a superfície até o nível de 300 hPa, entre as latitudes de 90°N - 90°S , com intensidade menores nas regiões Polares Norte (Sul) 90°N - 60°N (90°S - 60°S) e Latitudes Médias Norte (Sul) 60°N - 30°N (60°S - 30°S), e nas regiões tropicais mostram intensidades maiores de energia estática úmida entre 800 hPa à 500 hPa e acima do nível de 300 hPa apresentou um comportamento semelhante da energia estática seca, pois a atmosfera acima do nível de 300 hPa é seca, apresentam ser coerentes com os estudos de (Juckes, 2000; Trenberth e Stepaniak, 2004).

Na distribuição vertical média latitudinal da energia estática saturada (Figura 4c) apresentaram comportamentos similares aos mostrados da energia estática úmida (Figura 3b) na atmosfera, entre as latitudes (90°S - 90°N) em relação aos níveis de pressão, onde foram observados intensidades menores de energia estática saturada para as Regiões Polares Norte (Sul) 90°N - 60°N (90°S - 60°S) e para as Latitudes Médias Norte (Sul) 60°N - 30°N (60°S - 30°S), entretanto nas Regiões Tropicais (30°S - 30°N) obteve-se intensidade maiores de energia entre os níveis de 700 hPa à 400 hPa.

A distribuição vertical média latitudinal da diferença entre a energia estática saturada menos a úmida (Figura 4d), que é chamada de energia latente, mostra um comportamento decrescente na vertical, ou seja, com maiores intensidades de energia latente em níveis baixos

da atmosfera, próximo a superfície até aproximadamente a 600 hPa, que foram de 18 kJ/kg à 12 kJ/kg e abrangendo mais a Região Tropical, sendo mais acentuado entre (0°-30°N), enquanto que nas regiões de Latitudes Médias Norte e Sul, a energia latente obteve um comportamento menor, apresentando valores de 8 kJ/kg à 2 kJ/kg, entre os níveis de 1000 hPa à 300 hPa, em que no estudo de Trenberth e Stepaniak (2004) a energia latente contribui substancialmente em baixas latitudes. O resultados obtidos apresentaram ser coerentes com alguns estudos, e entre esses estão de Neelin e Held (1987), Cornejo-Garrido e Stone (1977) e Cavalcanti *et al.* (1996) em que a liberação de calor latente é uma das principais fontes de desenvolvimento dos distúrbios que ocorrem na atmosfera tropical e que próximo à superfície, a atmosfera é aquecida pela radiação terrestre que favorece no processo de saturação e dentre outros fatores o transporte de calor exerce uma grande relação na distribuição das energias estáticas como vistos por (TRENBERTH e STEPANIAK, 2004; GNANADESIKAN *et al.*, 2005) que são conduzidos pela circulação atmosférica e oceânica.

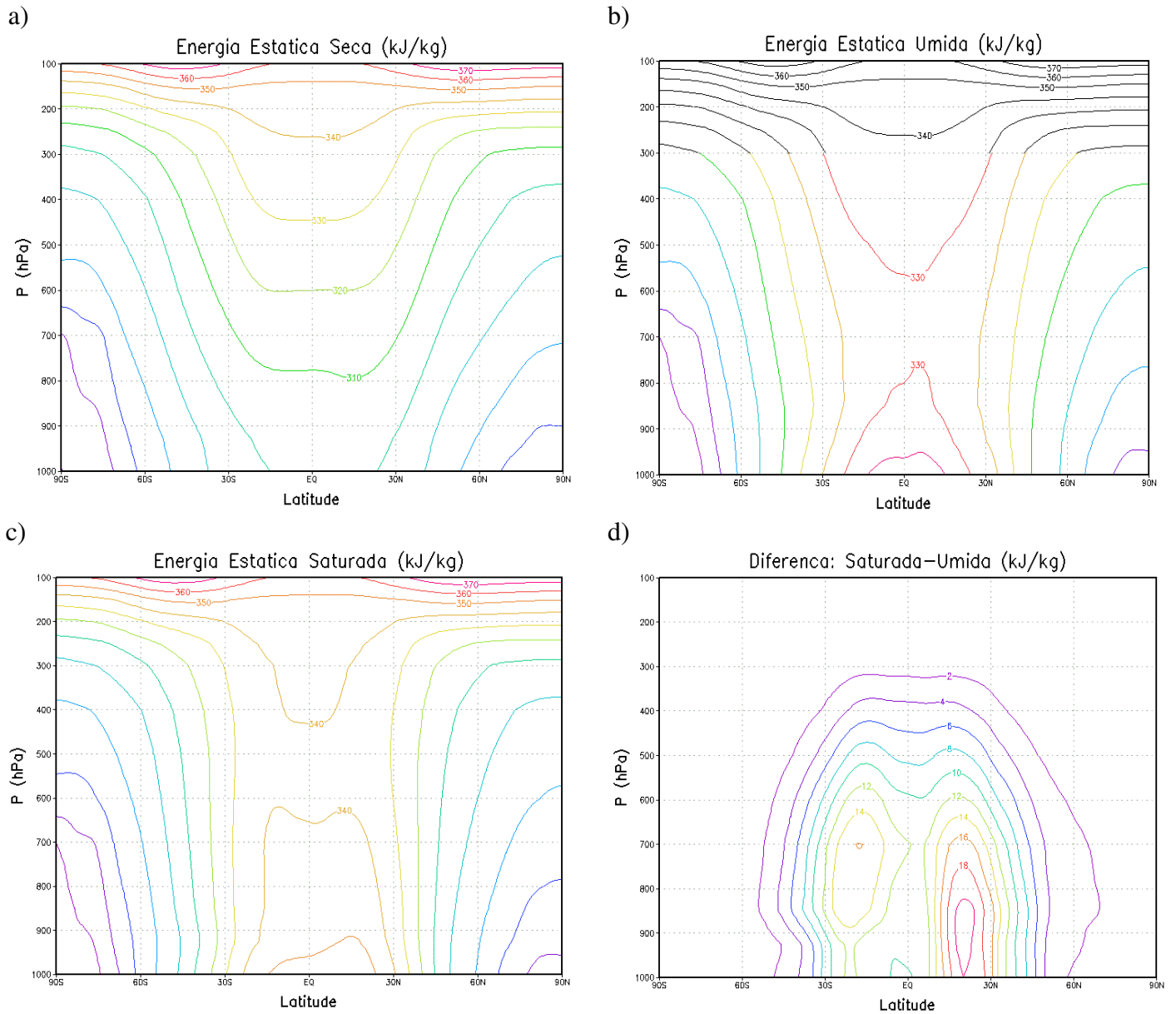


Figura 4. Distribuição vertical da média longitudinal das energias estáticas: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) úmida ($s + L_v q$), (c) saturada ($s + L_v q_s$) e (d) latente ($L_v q$) entre as latitudes de 90°S e 90°N, média do período de 1987 à 2016.

As Figuras (5a, 5b, 5c, 5d, 5e e 5f) apresentam o perfil vertical das energias estáticas seca (preta), úmida (verde) e saturadas (amarela) para a média de 30 anos (1987–2016) das seguintes faixas: Região Polar Norte (Figura 5a), Região Polar Sul (Figura 5b), Latitudes Médias Norte (Figura 5c), Latitudes Médias Sul (Figura 5d), Região Tropical (Figura 5e) e NNEB (Figura 5f), que são expressas em kJ/kg^{-1} , em relação aos níveis de pressão de 1000 hPa, 900 hPa, 800 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 400 hPa, 300 hPa, 200 hPa e 100 hPa.

Foram observados a diferença entre as energias estáticas úmidas e saturadas, são muito importantes para a atmosfera quanto a saturação, ou seja, quanto mais próximas forem os perfis verticais de energia estática úmida e saturada, mais a atmosfera se encontrará úmida e muito próxima da saturação (Bezerra e Cavalcanti, 2008), portanto, foram observadas algumas características atmosféricas para as regiões em estudo.

É observado que nas Regiões Polares Norte e Sul (Figuras 5a e 5b) o comportamento do perfil vertical das energias estáticas seca, úmida e saturada na atmosfera se apresentaram semelhantes em ambas as Figuras (5a) e (5b) para as energias estática seca, úmida e saturada, em que para os baixos níveis, próximo a superfície tem-se valores mínimos e para os altos níveis da atmosfera valores máximos de energia estática, sendo que a Região Polar Norte (Figura 5a) obtém valores maiores de energia estática em baixos níveis da atmosfera, até o nível de 500 hPa, em comparação a Região Polar Sul (Figura 5b). Dentre alguns fatores que contribuem para esse comportamento é o vapor d'água na atmosfera, que em regiões polares pode ser $\sim 0\%$ ou $0,5 \text{ g/kg}$ (DINIZ, 2006), como também a subsidência de ar, formando as altas pressões que inibem os movimentos convectivos e conseqüentemente, desfavorecem a formação de nuvens e chuvas.

Nas Latitudes Médias Norte e Sul (Figuras 5c e 5d) o comportamento entre os perfis verticais das energias estáticas seca, úmida e saturada se apresentaram similares para a Lat. Méd. Norte (Figura 5c) e Lat. Méd. Sul (Figura 5d) entre os perfis das energias estáticas úmida e saturada. Para a Lat. Méd. Norte (Figura 5c) o perfil vertical de energia estática úmida e saturada, apresentou-se mais afastado em baixos níveis, próximo a superfície (1000–850 hPa) com valores máximos entre (1000–925 hPa) e valores mínimos em (925–850 hPa), e acima do nível de 700 hPa tem-se valores máximos e mais próximos da saturação na atmosfera. Enquanto, que para a Lat. Méd. Sul (Figura 5d) o comportamento da energia estática úmida e saturada foram mais próxima em baixos níveis e com valores máximos (mínimos) 1000 hPa (925 hPa), e para os níveis de (850–700 hPa) apresentaram mais afastados e próximo acima do nível de 700 hPa até os altos níveis da atmosfera e com valores máximos observados.

Para a Região Tropical e NNEB (Figuras 5e e 5f) é observado que os perfis verticais das energias estáticas seca, úmida e saturada ocorreram mais afastados com valores maiores de energia estática sob essas regiões, em relação as Figuras 5a, 5b, 5c e 5d. Na Região Tropical (Figura 5e) as energias estáticas úmida e saturada apresentaram valores máximos em baixos níveis e altos níveis, enquanto nos médios níveis obteve valores mínimos. Para o NNEB (Figura 5f) as energias estáticas úmidas e saturada ocorrem mais próximas e com valores maiores de energia estática em relação a (Fig. 5e), com máximos valores em baixos níveis e altos níveis e valores mínimos nos médios níveis da atmosfera e mostra coerência com os estudos (CAVALCANTI *et al.*, 1996; NÓBREGA *et al.* 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008). Portanto, em regiões tropicais quente e úmidas, o vapor d' água pode ser encontrado próximo a superfície em uma proporção alta, que contribue para as energias estáticas úmida e saturada, e corroborando para o processo convectivo.

Para as médias do perfil vertical de energia estáticas seca não obteve-se muitas variações significativas durante o período de estudo, porém ocorreram pequenas variações no perfil vertical apresentadas em baixos, médios e altos níveis da atmosfera em todas figuras. Também, nota-se que para as energias estáticas nas Regiões Polares Norte e Latitudes Médias Norte (Figuras 5a e 5c) obtiveram maiores valores em relação as Regiões Polares Sul e Lat. Méd. Sul (Figuras 5b e 5d) por apresentarem maior cobertura superficial continental e apresentar maior disponibilidade de energia solar e mostra ser coerentes com o estudo de (JUCKES, 2000; TRENBERTH e CARON, 2001; TRENBERTH e STEPANIAK, 2004), e dentre outros fatores que contribuem e relacionam para o perfil vertical das energias estática, são a circulação atmosférica que esta ligada com intensidade do ciclo hidrológico, por meio da transferência de água da superfície para a atmosfera, que retornar, sob a forma líquida e o fluxo de vapor d'água das baixas para as altas latitudes, assim como fatores dinâmicos (PAULUIS e HELD, 2002; TAVARES e MOTA, 2012) e fenômenos de maior escala observado em alguns estudos que contribuem para o comportamento da energia estática (BEZERRA e CAVALCANTI, 2008; SOBEL *et al.*, 2014; BUI *et al.*, 2016)

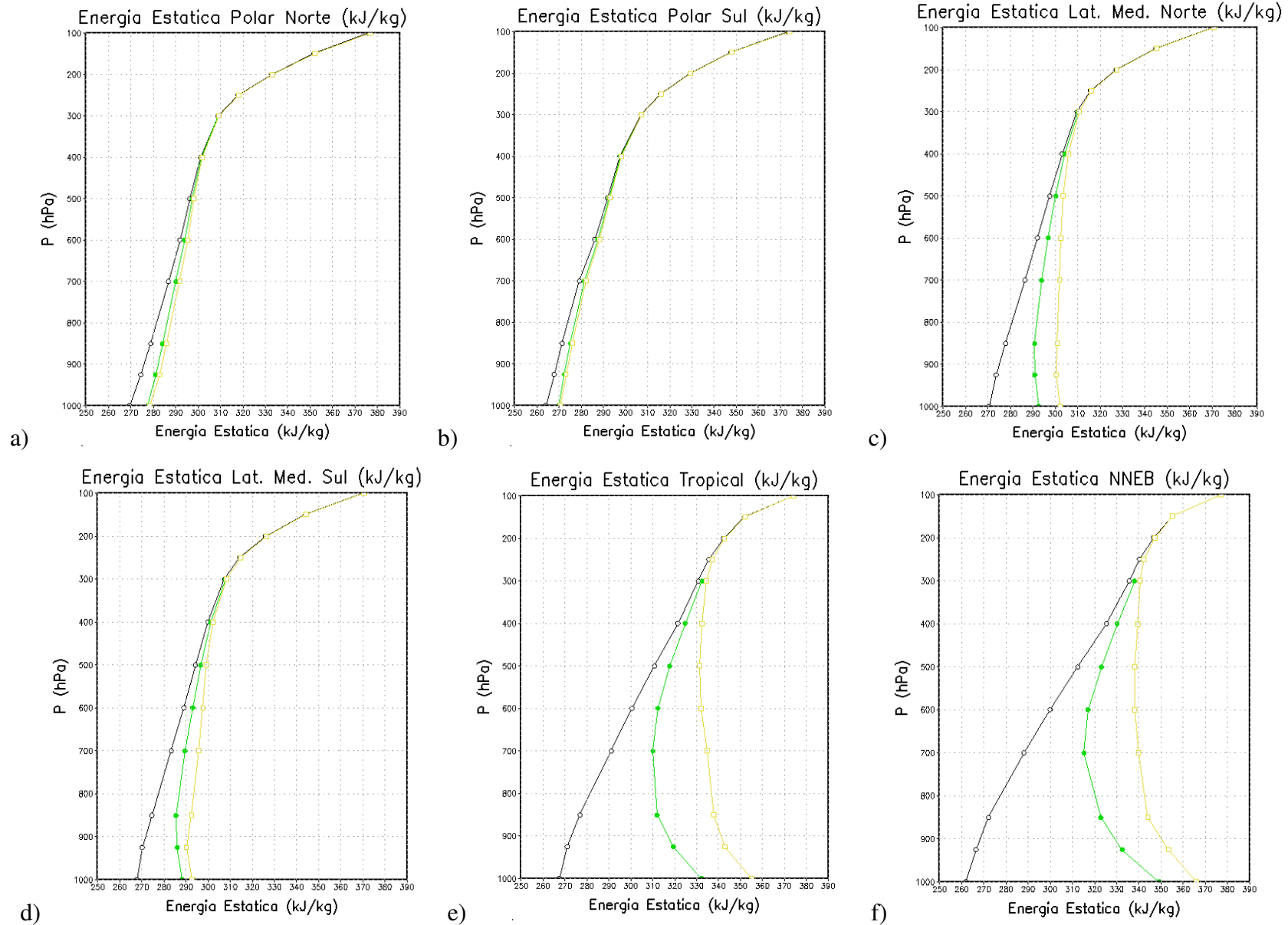


Figura 5. Perfil vertical médio das energias estaticas seca ($c_p T + \phi$) (preta), úmida ($s + L_v q$) (verde) e saturada ($s + L_v q_s$) (amarela) nas: (a) Região Polar Norte (60° a 90°N), (b) Região Polar Sul (60° a 90°S), (c) Latitudes Médias Norte (30° a 60°N), (d) Letitudes Médias Sul (30° a 60°S), (e) Região Tropical (30°S a 30°N) e (f) Região do Norte e Nordeste do Brasil (NNEB) (10°S a 10°N e 20°O a 80°O) para o período de 1987 a 2016.

4.2 Variação sazonal e interanual da energia estática.

As Figuras (6a, 6b e 6c) apresentam as variações sazonais médias das energias estática seca (Figura 6a), úmida (Figura 6b) e saturada (Figura 6c) para o H.N, H.S. e Globo, integrada verticalmente para os período de 1987 à 2016. É observado em todas as figuras (6a, 6b e 6c) que as energias estáticas seca, úmida e saturada apresentam um comportamento oposto no H.N. e H.S., obtendo valores máximos de energia estática seca, úmida e saturada no período de (Julho-Agosto) no H.N. e em (Janeiro-Fevereiro) para o H.S. na estação de Verão e de valores mínimos na estação de Inverno para (Janeiro-Fevereiro) no H.N. e em (Julho-Agosto) no H.S.

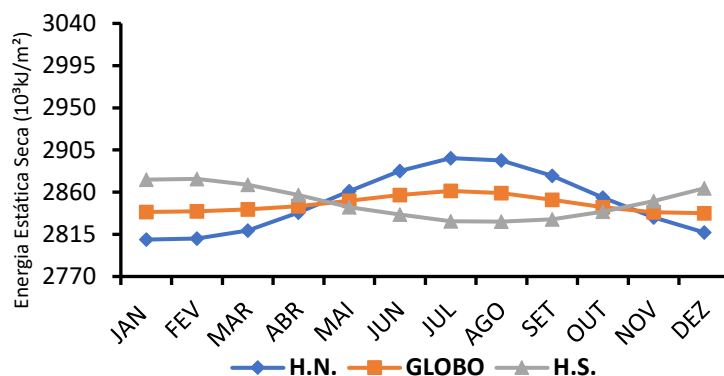
Na (Figura 6a) mostram as médias mensais da energia estática seca que apresentaram máximos valores (mínimos valores) de $2896 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2894 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ para o H.N e $2873 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2874 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.S ($2809 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2810 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.N. e de $2829 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2828 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.S) nos período de verão (inverno).

A (Figura 6b) apresenta as médias mensais da energia estática úmida com máximos valores (mínimos valores) de $2975 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2973 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.N e $2941 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2944 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ para o H.S ($2858 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2859 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.N. e de $2881 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2879 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.S) no verão (inverno).

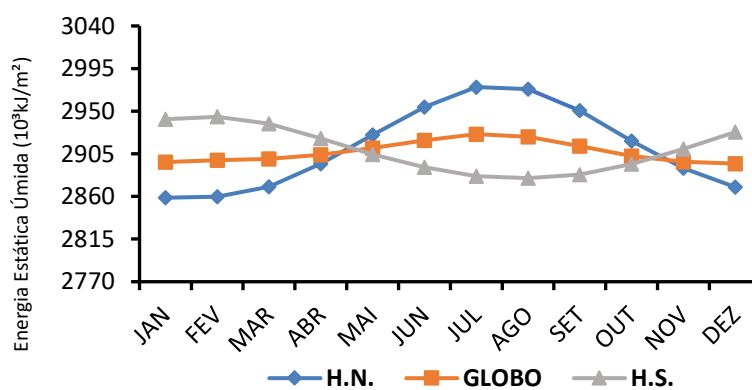
Para a (Figura 6c) tem-se a média mensal da energia estática saturada com máximos valores (mínimos valores) de $3037 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $3033 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.N e $2989 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2992 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ para o H.S ($2900 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2902 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.N. e de $2922 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2921 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ no H.S) no verão (inverno), respectivamente. E foram observados que as médias das energias estáticas seca, úmida e saturada para o Globo apresentaram um comportamento mais similar e suavizado ao do H.N., com máximos valores no período de verão e mínimos valores no inverno.

A disponibilidade de energia solar sobre à superfície exerce influência no teor de vapor d'água na atmosfera que está diretamente relacionado com a temperatura do ar e consequentemente influenciando nas energias estáticas e na variação sazonal. Portanto, a média global (Fig.6a, 6b e 6c) apresenta um comportamento sazonal mais parecido com o que ocorre para o H.N., visto que, o H.N. apresenta maior cobertura continental quando comparado ao H.S. Foram observados que os resultados se mostraram coerentes e similares com outros estudos (ROGERS *et al.*, 2007, FASULLO e TRENBERTH, 2008, CAVALCANTI e MARIANO, 2016), em que esse comportamento padrão pode mudar de ano a ano, e sendo modulado por fenômenos de grande escala que vem estabelecer uma variabilidade interanual.

a)



b)



c)

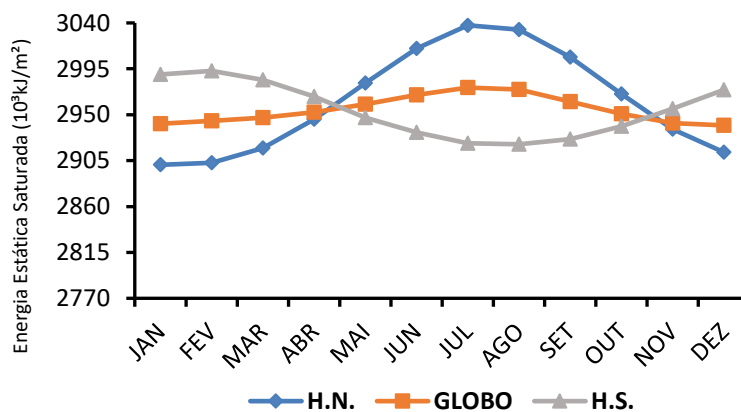


Figura 6. Distribuição sazonal da média mensal das energias estáticas integradas verticalmente: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$) para o H.N., H.S. e Globo, no período de 1987 a 2016.

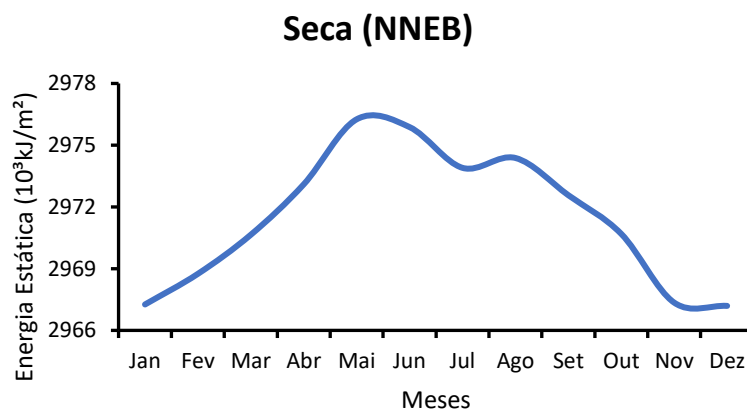
Para as Figuras (7a, 7b e 7c) mostram a variabilidade média das energias estáticas seca (7a), úmida (7b) e saturada (7c) integradas verticalmente para o Norte e o Nordeste do Brasil (NNEB), respectivamente no período de 1987 a 2016. Observa que na (Figura 7a) o comportamento médio mensal da energia estática seca ocorreu abaixo das demais energias estática úmida e saturada, entretanto foram observados que a energia estática seca apresentou valores maiores entre os períodos de outono e inverno, com destaque para os meses de maio, junho, julho e agosto com $2976 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, $2975 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, $2973 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $2974 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, respectivamente. Enquanto que para o períodos de verão e primavera, obteve-se valores menores de $2967 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ em janeiro e dezembro à $2970 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ em outubro.

Para a média mensal da energia estática úmida (Figura.7b) sobre o NNEB para o mesmo período de estudo, foram observados valores maiores de energia entre o período de verão e outono (janeiro-junho) com destaque para os meses março, abril e maio com $3078 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, $3083 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $3082 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, que corresponde ao período mais úmido e valores menores entre o período de inverno e primavera (julho-dezembro) com a média entre $3059 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ em agosto a $3069 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ em dezembro, que corresponde ao período menos úmido.

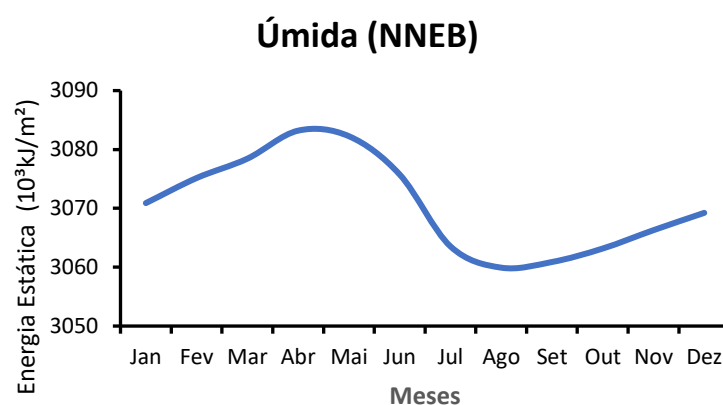
Nas médias mensais da energia estática saturada (Figura. 7c) para a região do NNEB é apresentado uma maior variabilidade entre os meses estudados, com valores maiores entre as estações de verão e outono (março-junho), inverno e primavera (agosto-outubro) com destaque em abril, maio, setembro e outubro com $3144 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, $3145 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$, $3138 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ e $3137 \times 10^2 \text{ kJ/m}^2$, respectivamente. Para outros meses a energia estática saturada apresenta um comportamento de valores menores, que são: janeiro, fevereiro, julho, novembro e dezembro, com a média entre $3132 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$ à $3136 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2$.

A variabilidade que ocorrem entre as energias estáticas seca (7a), úmida (7b) e saturada (7c) para a região do NNEB, são influenciados pela circulação atmosférica que sobre a região tropical é fortemente modulada e modificada pelos padrões termodinâmicos sobre as bacias dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais, como também pelos sistemas atmosféricos que atuam sobre a região, como a ZCIT que migra sazonalmente mais ao Sul entre fevereiro a abril (Uvo, 1989) e que a variação da ZCIT está relacionada com mudança de energia ou temperatura que ocorre próximo da região do NNEB (BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014), os VCAN que se formam no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro à março e com maior frequência em janeiro e fevereiro (GAN e KOUSKY, 1982), as LIs (COHEN *et al.*, 1989), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) que atuam na região subtropical, preferencialmente nas estações de primavera e verão no H.S. (SOUZA *et al.*, 1998) e os DOLs.

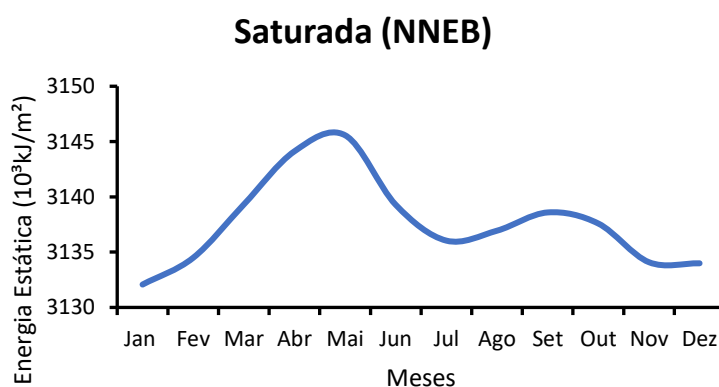
As variabilidades sazonais observadas no NNEB mostram-se coerente com os estudos de (CAVALCANTI *et al.* 1996; NÓBREGA *et al.*, 2006; ROGERS *et al.*, 2007; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008; BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014).



(a)



(b)



(c)

Figura 7. Distribuição sazonal da média mensal das energias estática integrada verticalmente: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$), para o Norte e o Nordeste do Brasil (NNEB) do período de 1987 a 2016.

Para o comportamento interanual e sazonal das anomalias das energias estáticas seca (Figura 8a), úmida (Figura 8b) e saturada (Figura 8c) integradas verticalmente para o Hemisfério Norte (H.N.), que são expressas em (10^3 kJ/m²) entre 1987 à 2016. Foram observados que as anomalias da energia estática seca (Figura 8a) no H.N. apresenta um padrão com predominância interanual e mensal de anomalias negativas de 1987-2002, com pequena presença visualizada de anomalias positivas ocorridas em alguns meses nos anos de 1987-88, 1990-91 e 1998, pois para o período de 2002 a 2016 apresenta uma predominância interanual de anomalias positivas com poucas ocorrências de anomalias negativas mensais em 2003-05, 2008-09, 2011-12 e 2014, obtendo valores maiores em 1998, 2010 e 2015-16 de anomalias positivas e em 1992-97 para as anomalias negativas (ver Tabela 4).

Para a anomalia da energia estática úmida (Figura 8b) no H.N., tem-se um padrão semelhante ao da (Figura 8a), com anomalias negativas (positivas) entre 1987-2002 e valores maiores entre 1992-97 e 1999-2001 (1998), enquanto que no período de 2003-16 apresenta anomalias positivas dominantes na maioria dos meses e com pouca ocorrência de anomalias negativas, e obtendo valores maiores de anomalia positiva nos anos de 2010 e 2013-16 (ver Tabela 5).

Na anomalia da energia estática saturada (Figura 8c) no H.N. as anomalias negativas são dominantes nos períodos de 1987-2001, com valores maiores de anomalias negativas de 1992-97 e seguindo o mesmo padrão de anomalia positiva em 1987-88, 1990-91 e 1998. Entretanto para o período de 2002-16 as anomalias positivas obtiveram mais presentes na maioria da série temporal com valores maiores presentes em 2009-10 e 2014-16, com poucas variações ocorridas de anomalias negativas (ver Tabela 6).

Em ambas Figuras (8a, 8b e 8c) apresentaram semelhanças para os anos de 1993-94, 1996-97 e 2000 ocorrem maiores registros de anomalias negativas e em 2010 e 2015-16 para as anomalias positivas, obteve-se um aumento considerável nos últimos 13 anos em ambas as séries das energias estáticas seca, úmida e saturada para o H.N., dentre os quais podemos relacionar alguns fatores para tal comportamento como aquecimento global, ENOS e emissão de CO₂ e variações climáticas provocadas por ações antrópicas (MOLION, 2005; CAVALCANTI e MARIANO, 2016)

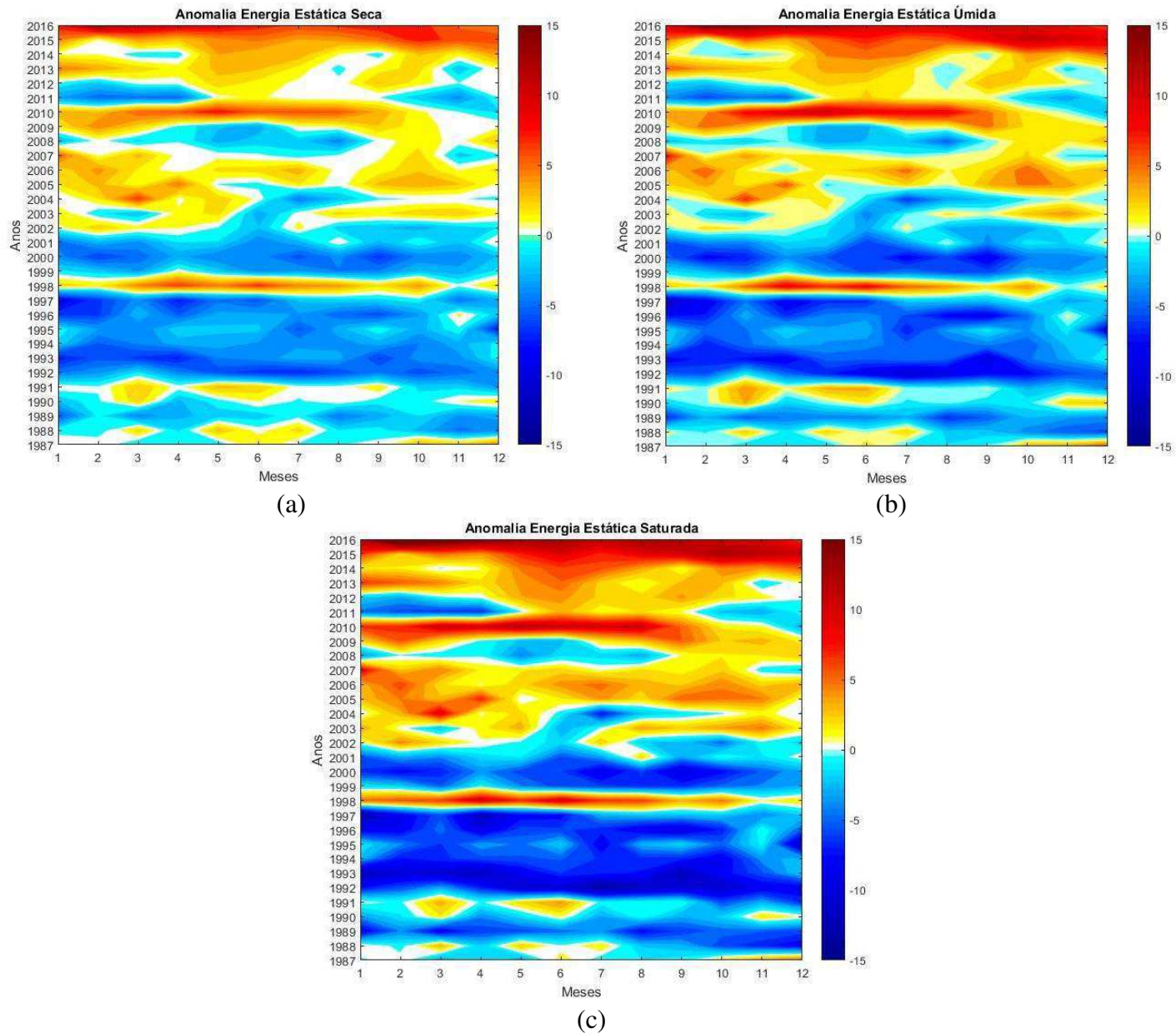


Figura 8. Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Hemisfério Norte: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$) em 10^3 kJ/m^2 , para o período de 1987 a 2016.

Apresentando as Figuras (9a, 9b e 9c) o comportamento interanual e mensal das anomalias da energia estática seca (Figura 9a), úmida (Figura 9b) e saturada (9c) integrada verticalmente para o Hemisfério Sul no período de 1987-2016. É observado que em todas Figuras (9a, 9b e 9c) apresentaram valores menores em relação ao do H.N. (Figuras 8a, 8b e 8c), com padrões relativamente distinto entre os períodos de 1987-1991, 1998 e 2002-07 apresentando variações entre anomalias positivas e negativas, entretanto para os anos de 1992-97, 1999-2001 e 2008 predominância de anomalias negativas e entre os períodos de 2009-16 apresenta predomínio de anomalias positivas com poucos episódios mensais de anomalias negativas (ver Tabela 7).

Na anomalia da energia estática úmida (Figura 9b) para o Hemisfério Sul segue o padrão da (Figura 9a) com semelhança entre os anos de 1987-91 e 1998 com variações entre as anomalias negativas e positivas, sendo distinto para o período de 2002-07 com menores os episódios de anomalias negativas e para os demais anos de 1992-97, 1999-01 e 2008 o predomínio de anomalias negativas e nos anos de 2009-16 com alguns episódios mensais de anomalias negativas (ver Tabela 8).

Para a anomalia da energia estática saturada (Figura 9c) no Hemisfério Sul os padrões de anomalias positivas e negativos se assemelham com os da Figuras (9a) e (9b) entre os períodos de 1987-2001, entretanto nos períodos de 2002-16 os padrões de anomalias positivas são mais observadas, pois no período de 2002-07 apresenta menores episódios de anomalias negativas e a partir de 2010-16 mantém-se um padrão similar ao da (Figura 8b) com valores maiores de anomalias positivas (ver Tabela 9).

É observado que os resultados obtidos nas Figuras (9a, 9b, 9c) apresentaram maiores anomalias negativas (positivas) para os anos de 1993-94 e 2000 (2010, 2013 e 2016), em que apresentam uma relação com os fenômenos de grande escala que atuam na variabilidade interanual (TRENBERTH *et al.*, 2002; TRENBERTH e STEPANIAK, 2004) e estão associados com o efeito estufa na atmosfera, que resultante da emissão de gases por ações humanas que assinalam o aquecimento global que vem ocorrendo e evidenciando mudanças no clima, como os observados por (HARDY, 2003; NÓBREGA e SANTIAGO, 2014; SOBEL *et al.*, 2014; CAVALCANTI e MARIANO, 2016) podem estar ligados ao aquecimento global e ENOS (MOLION, 2005).

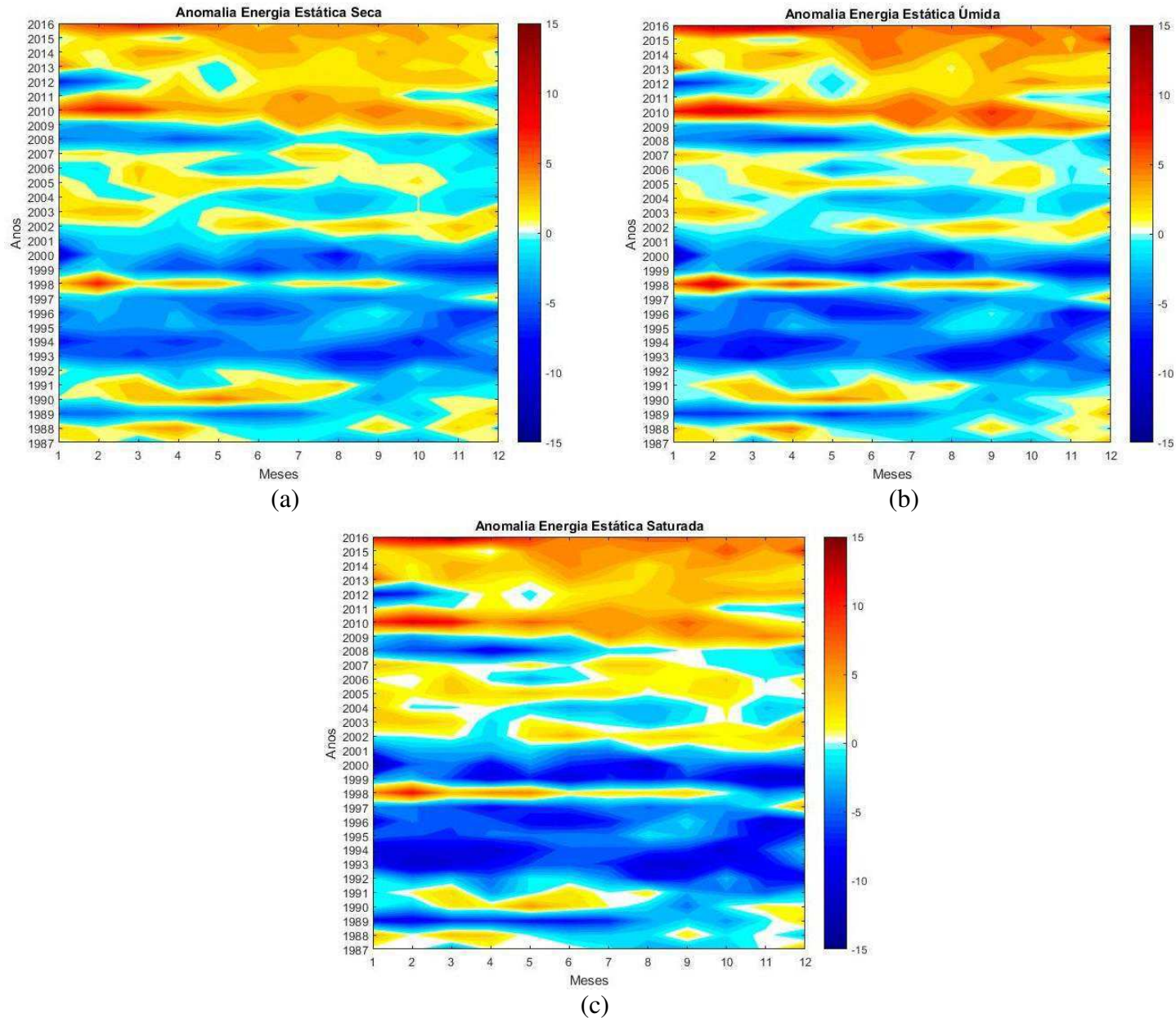


Figura 9. Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Hemisfério Sul: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$) em 10^3 kJ/m^2 , para o período de 1987 a 2016.

As Figuras (10a, 10b e 10c) apresentam o comportamento interanual e sazonal das anomalias das energias estáticas seca (10a), úmida (10b) e saturada (10c) integrada verticalmente para o globo, no período de 1987-2016, que são expressas em (10^3kJ/m^2). É observado que para a anomalia de energia estática seca (Figura 10a) nos períodos de 1987-2001, ocorreram de predominância de anomalias negativas interanual como mensal, com poucas ocorrências mensais de anomalias positivas e próximo da neutralidade, ocorridas entre 1987-1988, 1990-1991 e 1998, enquanto para as anomalias positivas é observado com maior frequência de 2002 a 2016 com valores maiores de anomalias positivas ocorridas em 2010, 2015-16 (ver Tabela 10) e algumas variações mensais de anomalias negativas e próximo da neutralidade nos anos de 2002-09 e 2011-12.

Para a anomalia da energia estática úmida (Figura 10b) para o globo, observou-se padrões similares de anomalias negativas com a (Figura 10a), e com maiores ocorrências de anomalias positivas sazonalmente, durante o período de 1987-2001. Entretanto para o período de 2002-16 apresenta maiores registros de anomalias positivas durante 2005-07 e 2010-16 (ver Tabela 11), com intervalos maiores sazonalmente de anomalia negativa e próximo da neutralidade para os anos de 2002-04, 2008-09 e 2011-12.

Para o comportamento da anomalia da energia estática saturada (Figura 10c) para o globo é apresentado uma semelhança com os observados nas (Figuras 10a e 10b) para as anomalias negativas, com pequenos intervalos mensais de anomalias positivas em 1987-88 e 1990-91, sendo mais extenso em 1998 com valores elevados de anomalias positivas (ver Tabela 12), entretanto para o período de 2002-16 mostram-se anomalias positivas mais presentes, com valores maiores ocorridos nos anos de 2010, 2014-15 e 16, como também apresenta anomalias negativas para os mesmos períodos observados nas figuras anteriores (Fig.10a) e (Fig.10b) com poucas diferenças em 2002-04 e 2006.

Em ambas Figuras (10a, 10b e 10c) foram observados que para os anos de 1993-94, 1996-97 e 2000 ocorrem maiores registros de anomalias negativas e em 2010 e 2015-16 para as anomalias positivas, obteve-se um aumento considerável nos últimos 10 anos em ambas as séries das energias estáticas seca, úmida e saturada para o Globo. Especula-se que alguns fatores contribuem para esse comportamento observado para o Globo (Fig. 10a, 10b e 10c) como para o H.N (Fig. 8a, 8b e 8c) e H.S. (Fig. 9a, 9b e 9c) podem estar ligados a fenômenos tais como: o aquecimento global, ENOS ou fenômenos meteorológicos. Em alguns estudos apresentados por (TRENBERTH *et al.*, 2002; TRENBERTH e STEPANIAK, 2004) que os fenômenos de meso e grande escala atuam na variabilidade interanual e sazonal, visto que, apresentam uma relação com as energias estáticas da atmosfera, e a associação do efeito estufa

na atmosfera, que resultante da emissão de gases por ações humanas que vem assinalando o aquecimento global que vem ocorrendo e evidenciando mudanças no clima e observados por (HARDY, 2003; SOBEL *et al.*, 2014; CAVALCANTI e MARIANO, 2016).

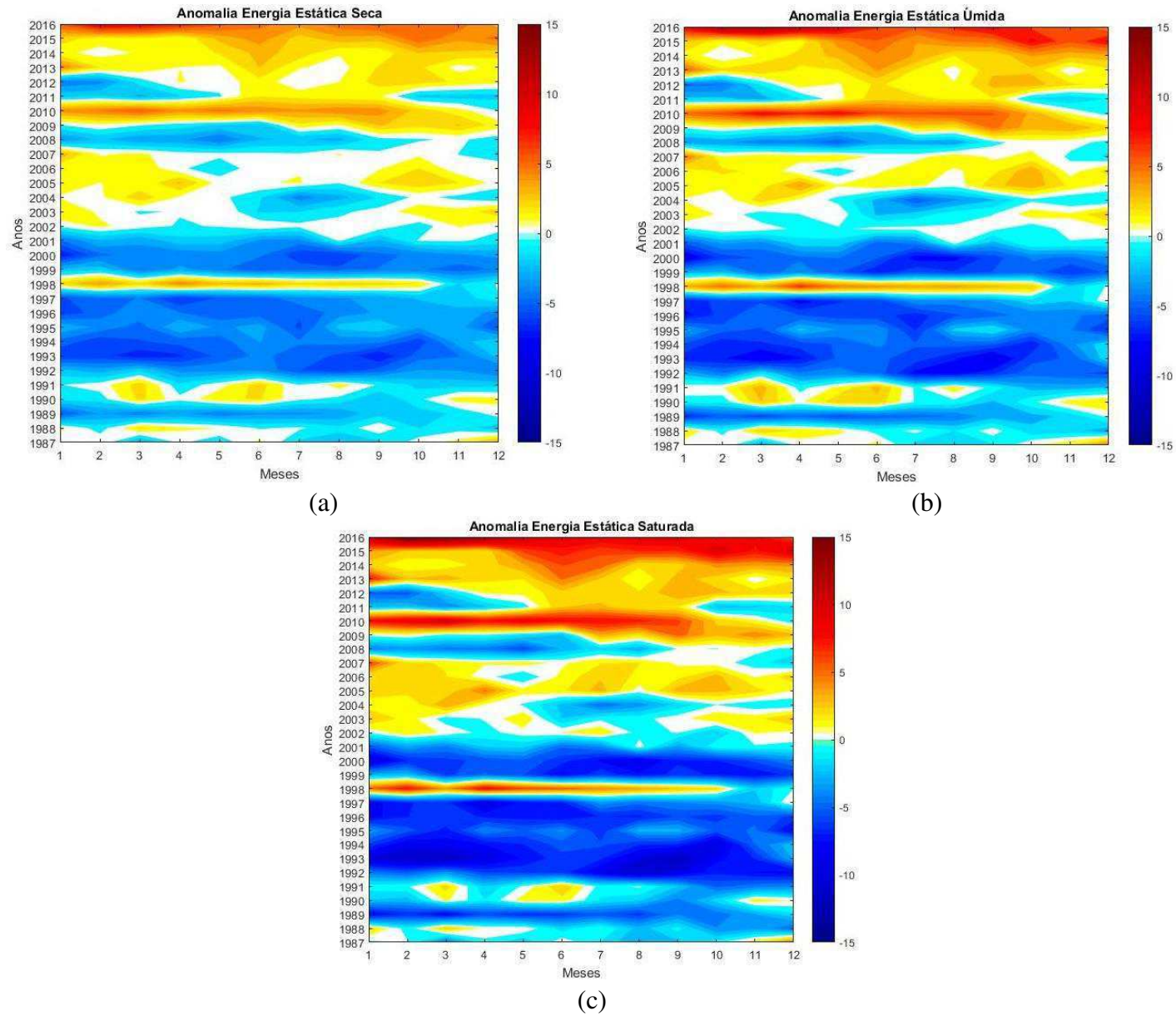


Figura 10. Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do Globo: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$) em (10^3 kJ/m^2), para o período de 1987 a 2016.

Para as Figuras (11a, 11b e 11c) em que apresenta o comportamento interanual e mensal das anomalias da energia estática seca (Figura 11a), úmida (Figura 11b) e saturada (Figura 11c) integrada verticalmente para a região do NNEB, no período de 1987-2016 e expressos em 10^3kJ/m^2 . Foram observados que as anomalias da energia estáticas seca (Figura 11a) mostraram-se predominantemente de anomalias negativas entre 1987-2014, com menores (maiores) episódios de anomalias positivas em determinados anos de 1987-88, 1990-91, 2002-07 (1998, 2010 e 2014-16) e os valores das anomalias podem ser vistos (Tabela 13).

Na anomalia da energia estática úmida (Figura 11b) para o NNEB., apresenta um comportamento diferente em relação a (Figura 11a), com anomalias positivas predominantes entre 1987-92, 1998, 2009-10 e 2013-16, enquanto que para as anomalias negativas com maioria nos períodos de 1999-2009 e 2011-12, e para os demais períodos obteve-se variações mensais entre as anomalias positivas e negativas (ver Tabela 14).

Para a anomalia da energia estática saturada (Figura 11c) para o NNEB, apresenta um padrão em que as anomalias negativas estão mais presente entre 1989-97 e 1999-2001, com alguns registros de anomalias positivas entre 1987-88, 1991 e 1997-98, pois para as anomalias positivas mostraram-se mais evidentes entre 2002-2016 com algumas variações de anomalias negativas observadas entre 2002-05, 2008-09, 2011-12 e 2013-14 com valores apresentadas na (Tabela 15).

Foram observados quem em ambas as Figuras (11a, 11b e 11c) apresentaram um comportamento diferente em relação as figuras anteriores (8a, 8b, 8c, 9a, 9b, 9c, 10a, 10b e 10c), dentre alguns fatores que podem relacionar com tal comportamento e resultados obtidos é a modulação feita por fenômenos de meso e grande escala que influenciam na variabilidade sazonal e interanual próximo a região do NNEB e dentre as quais a relação de alguns estudos que abordaram as mudanças de temperatura, transporte de umidade advinda do Oceano Atlântico, precipitação, nebulosidade, a energia solar, emissão de CO_2 e outros fenômenos climáticos que foram vistos por alguns autores (CAVALCANTI *et al.*, 1996; PEREIRA *et al.* 2002; LOHMANN *et al.*, 2006; MOTA e NOBRE, 2006; NÓBREGA *et al.*, 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008, SANTOS *et al.*, 2012; TAVARES e MOTA, 2012; BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014; SILVA, 2017), como também a associação com o efeito estufa na atmosfera, resultante da emissão de gases por ações humanas e assinalam o aquecimento global que vem ocorrendo e observados por Hardy (2003) e semelhante com o estudo de Cavalcanti e Mariano (2016) que observaram um aumento do vapor d'água na atmosfera.

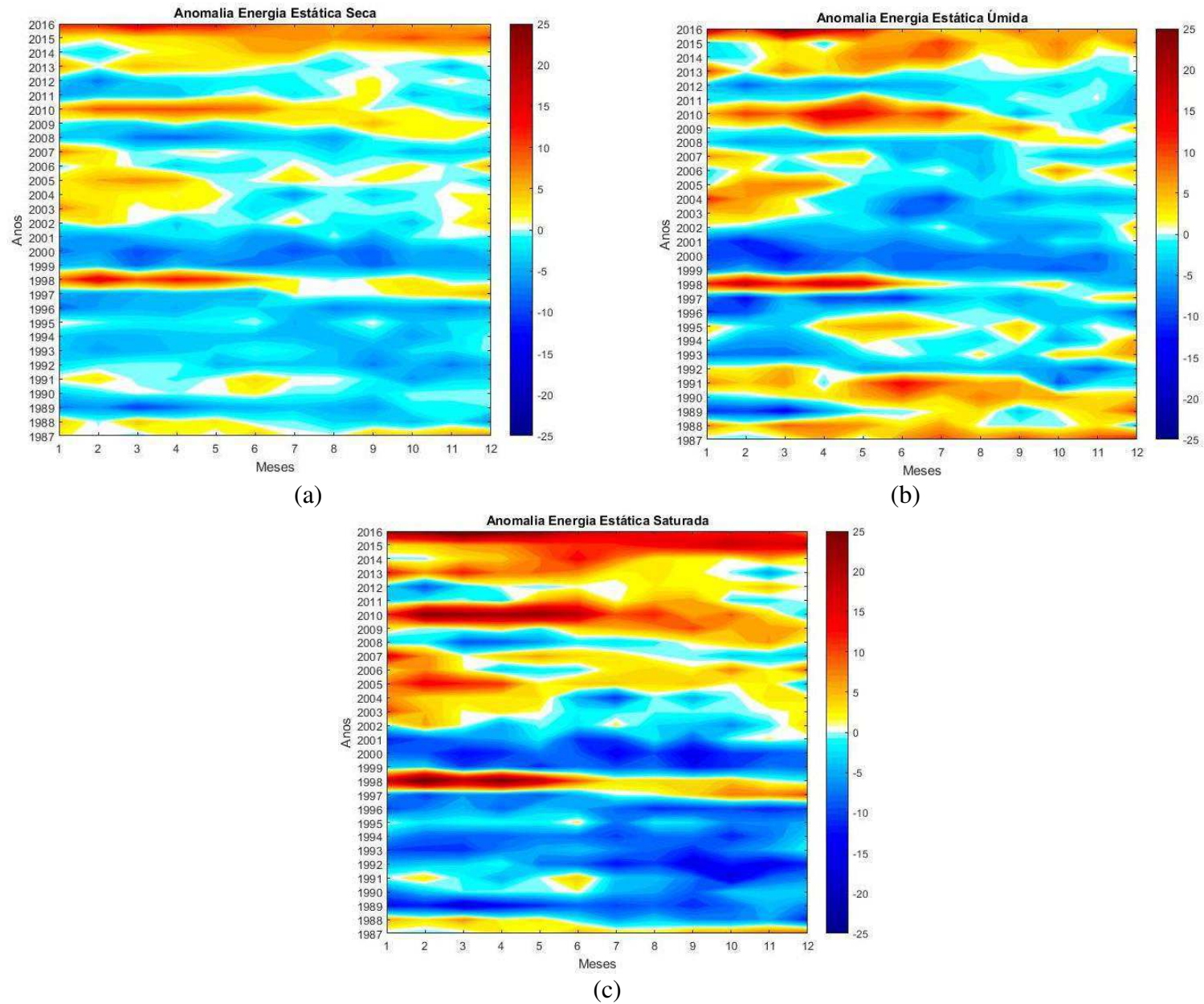


Figura 11 . Anomalias da Energia Estática média integrada verticalmente do NNEB: (a) seca ($c_p T + \phi$), (b) Úmida ($s + L_v q$) e (c) saturada ($s + L_v q_s$) em 10^3 kJ/m^2 , para o período de 1987 a 2016.

4.3 Tendência anual e espacialização

Nas Figuras (12a, 12b, 12c e 12d) apresentam a série temporal das médias anuais e a respectiva reta de tendência com o coeficiente de determinação R^2 , para o período de 1987-2016 da energia estática seca para o H.N. (Figura 12a), H.S. (Figura 12b), Globo (Figura 12c) e NNEB (Figura 12d) integradas verticalmente, a partir de dados obtidos das reanálises do NCEP/NCAR. Portanto, observa-se que ocorre uma variabilidade da energia estática seca entre os anos estudados, assim como uma tendência positiva, que foi verificada através do coeficiente angular como também pelos métodos de Mann Kendall e t de Student (Tabela 2), e vem concordar com os resultados obtidos das anomalias da energia estática seca (Fig. 8a, 9a, 10a e 11a) em que tem-se predominância de anomalias positivas nos últimos 10 anos.

Para o H.N., H.S e Globo (Figuras 12a, 12b e 12c) a energia estática seca apresenta valores entre 2835 a 2855 x 10³ kJ/m², com valores máximos (mínimos) anuais de 2855, 2852,3 e 2852 x 10³kJ/m² (2841, 2842 e 2839 x 10³ kJ/m²) para o H.N., H.S. e Globo, respectivamente, e no NNEB (Figura 12d) obtém-se valores entre 2964 a 2984 x 10³ kJ/m², com valores máximos (mínimos) anuais de 2981 (2965) x 10³kJ/m². Entretanto, é observado que para a série temporal da média anual no H.N. (Figura 12a) e Globo (Figura 12c) apresentaram comportamentos similares e com valores superiores para o H.N. em relação ao Globo que segue a mesma tendência, sendo menos acentuada, enquanto para o H.S. (Figura 12b) o comportamento da energia estática seca é distinta e de menores variações interanuais em relação ao H.N. e Globo, pois para o NNEB (Figura 12d) tem-se uma variabilidade mais acentuada em determinados anos e com valores maiores em comparação as demais Figuras (12a, 12b e 12c).

Portanto, os resultados obtidos apresentaram ser coerentes com as das anomalias da energia estática seca (Fig. 8a, 9a, 10a e 11a) e com alguns estudos que ressaltam a influência de fenômenos de meso e grande escala que atuam na variabilidade interanual (TRENBERTH *et al.*, 2002; TRENBERTH e STEPANIAK; 2004, NÓBREGA e SANTIAGO, 2014), outro fator abordado importante e a variabilidade da radiação solar e o vapor d'água na atmosfera, como vistas por Silva *et al.* (2010) e Cavalcanti e Mariano (2016) e a associação com o efeito estufa na atmosfera, que resultante da emissão de gases por atuações antrópicas que influenciam o aquecimento global como na mudança no clima da Terra (CAVALCANTI *et al.*, 1996; HARDY, 2003; MOTA e NOBRE, 2006; NÓBREGA *et al.*, 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008, TAVARES e MOTA, 2012; BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014; CAVALCANTI e MARIANO, 2016).

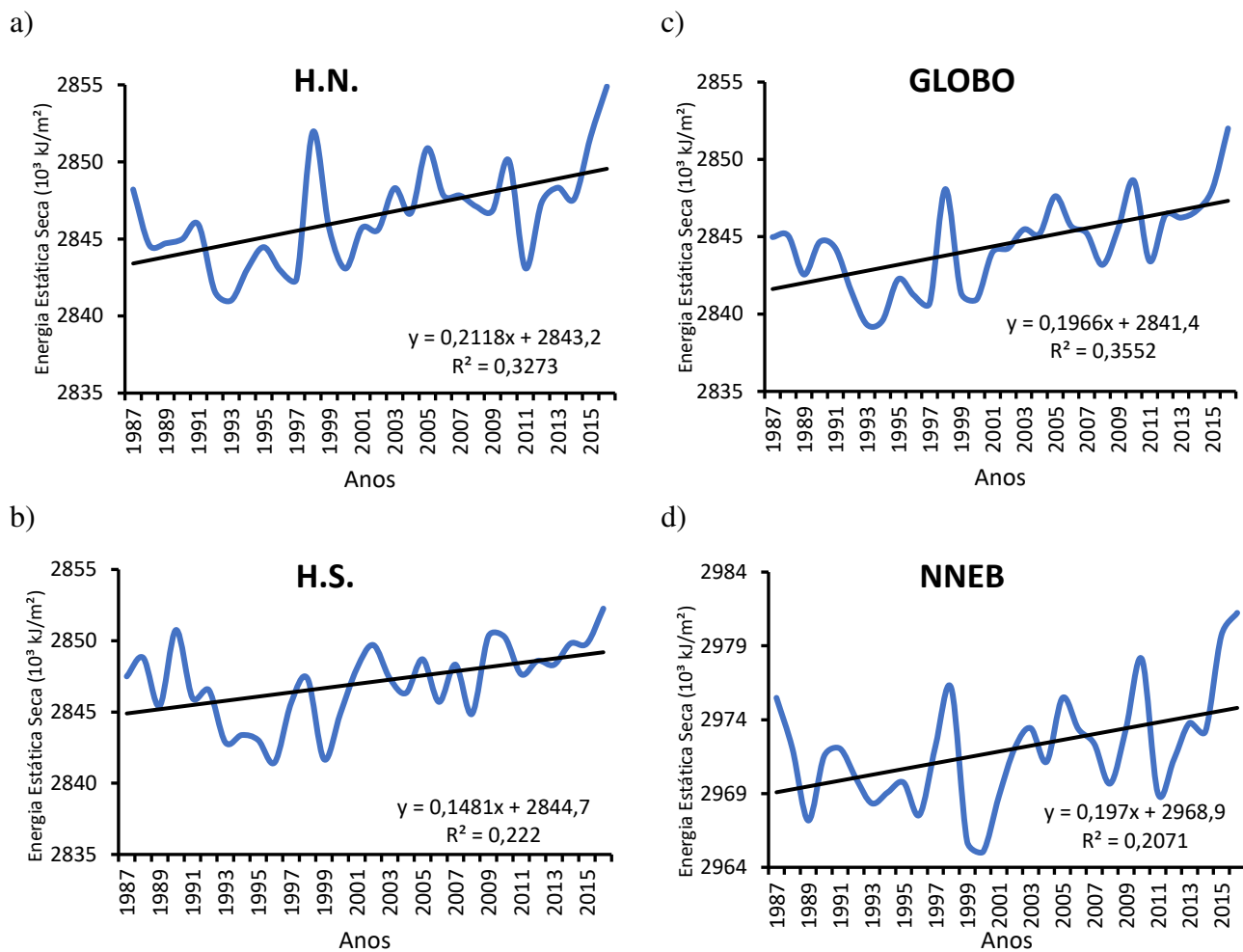


Figura 12 – Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática seca ($c_p T + \phi$) para o (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo e (d) Norte e o Nordeste do Brasil para o período de 1987 a 2016.

As Figuras (13a, 13b, 13c e 13d) mostram as séries temporais das médias anuais e a respectiva reta de tendência com o coeficiente de determinação R^2 para a energia estática úmida integrada verticalmente para o H.N. (Figura 13a), H.S. (Figura 13b), Globo (Figura 13c) e NNEB (Figura 13d) entre o período 1987 à 2016, em que foram observados variações durante a série temporal e com tendências positivas em todas as figuras, observado através do coeficiente angular e pelos métodos de Mann Kendall e t de Student (Tabela 2), e acordam com os resultados apresentados nas anomalias da energia estática úmida (Fig.8b, 9b, 10b e 11b).

Entretanto, o comportamento das médias anuais da energia estática úmida ocorreram de forma similar, tanto para o H.N. (Figura 13a) como no Globo (Figura 13c), relativamente suavizado. Para o H.S. (Figura 13b) obteve um comportamento distinto e de menores variabilidades interanuais em relação ao H.N. e Globo (Figuras 13a e 13c), enquanto para o NNEB (Figura 13d) tem-se um comportamento bem mais equilibrado ao longo da série da média anual e com valores maiores de energia estática úmida no NNEB. Portanto, foram observados que no H.N., H.S. e Globo (Figura 13a, 13b e 13c) a energia estática úmida apresenta uma variação média entre 2895 a 2920 x 10³ kJ/m², com valores máximos (mínimos) de 2917, 2913 e 2914 x 10³ kJ/m² (2900, 2899 e 2897 x 10³ kJ/m²) para o H.N., H.S. e Globo (Figura 13a, 13b e 13c), respectivamente. Para o NNEB (Figura 13d) apresentou valores de energia estática úmida entre 3060 a 3080 x 10³ kJ/m², com valores máximo (mínimo) de 3063 (3078) x 10³ kJ/m².

Os resultados encontrados apresentaram ser coerentes com os apresentados pelas anomalias da energia estática úmida (Fig. 8b, 9b, 10b e 11b) e uma similaridade com alguns estudos abordados, em que ressaltam a influência de fatores dinâmicos, fenômenos de meso e grande escala que atuam na variabilidade interanual, vapor d'água na atmosfera, variabilidade da radiação solar, o efeito estufa na atmosfera que resultante a emissão de gases por ações antrópicas contribuem para o aquecimento global e mudança no clima (CAVALCANTI *et al.*, 1996; TRENBERTH *et al.*, 2002; HARDY, 2003; TRENBERTH e STEPANIAK, 2004; MOLION, 2005, MOTA e NOBRE, 2006; NÓBREGA *et al.*, 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008, SILVA *et al.*, 2010; TAVARES e MOTA, 2012; BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014; NÓBREGA e SANTIAGO, 2014; CAVALCANTI e MARIANO, 2016).

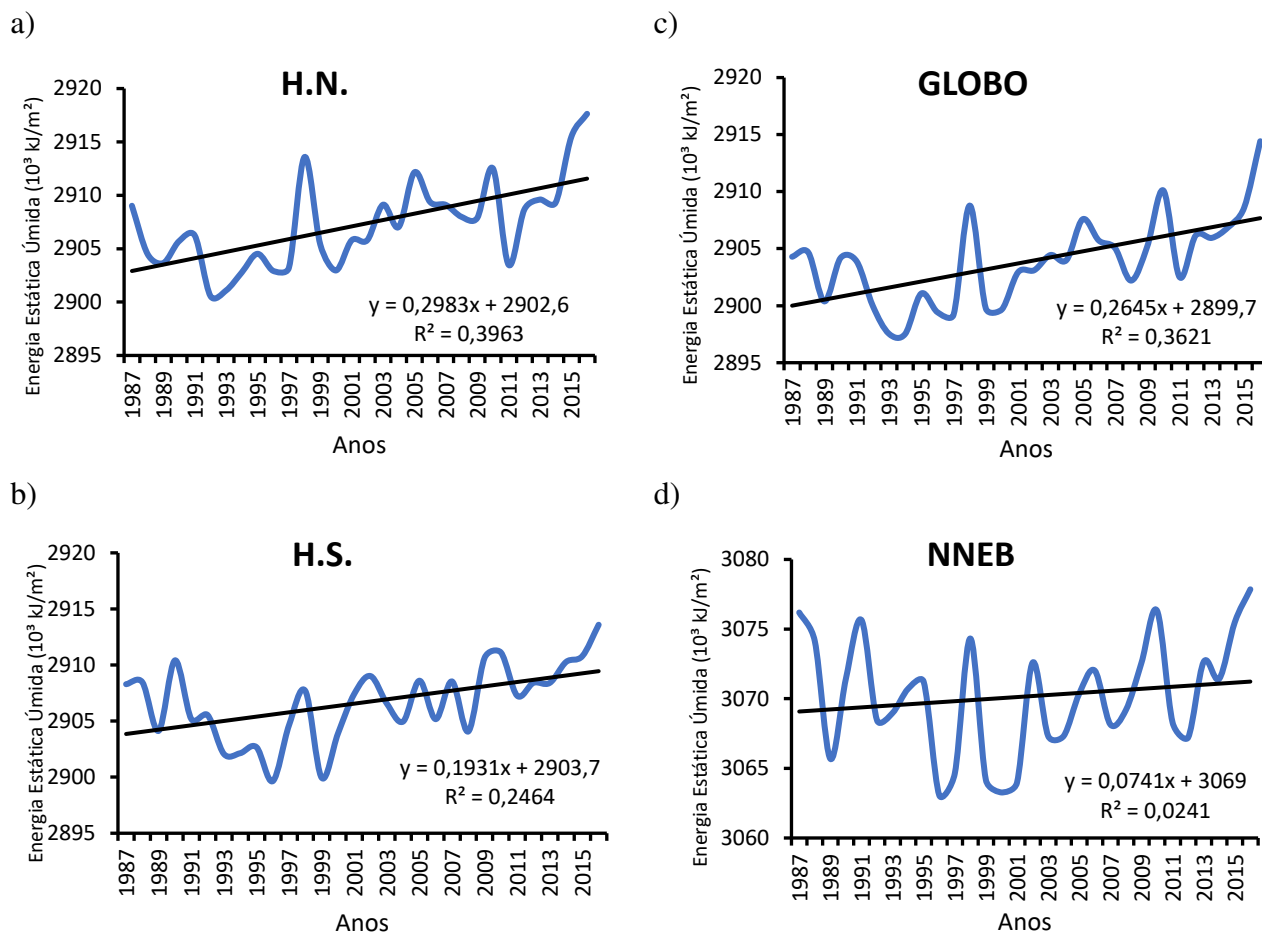


Figura 13. Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática úmida ($s+L_vq$): (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo (c) e (d) Norte e o Nordeste do Brasil, para o período de 1987 a 2016.

Abordando as Figuras (14a, 14b, 14c e 14d) que mostram as séries temporais das médias anuais e a respectiva reta de tendência com o coeficiente de determinação R^2 para energia estática saturada integrada verticalmente para o H.N.(Figura 14a), H.S.(Figura 14b), Globo (Figura 14c) e NNEB (Figura 14d), para o período de 1987 à 2016, apresentam tendência temporal positiva, conforme observados pelo coeficiente angular e pelos métodos de Mann Kendall e t de Student (Tabela 2), e concordando os resultados obtidos nas anomalias da energia estática saturada (Fig. 8c, 9c, 10c e 11c).

Foram observados que a variabilidade média anual da energia estática saturada ocorreram de forma similares para o H.N. (Figura 14a) e Globo (Figura 14c) com uma pequena suavização, pois para o H.S. (Figura 14b) apresenta-se relativamente diferente, com variações menores interanualmente em grande parte da série temporal, entretanto para o NNEB (Figura 14d) apresentou uma variabilidade mais acentuada em determinados anos dentro da série (1987-2016). É observado que a energia estática saturada no H.N., H.S e Globo (Figuras 14a, 14b e 14c) ocorreram entre 2940 a 2980 x 10³ kJ/m², com valores máximos (mínimos) de 2971, 2960 e 2965 x 10³ kJ/m² (2948 no H.N. e 2943 x 10³ kJ/m² para H.S e Globo) para o H.N., H.S e Globo (Figuras 14a, 14b e 14c), respectivamente, e para o NNEB (Figura 14d) obtiveram-se valores entre s 3125 a 3155 x 10³ kJ/m², com valor máximo (mínimo) 3154 (3127) x 10³ kJ/m².

Os resultados encontrados mostram-se semelhante e coerentes com as da anomalias da energia estática saturada (Fig. 8c, 9c, 10c e 11c) e com os estudos que ressaltam a influencia no comportamento das energias estáticas, dentre os quais estão presentes os fenômenos de meso e grande escala que atuam na variabilidade interanual, fatores dinâmicos, o efeito estufa na atmosfera que está ligada com a resultante emissão de gases atribuídas por ações antrópicas, aquecimento global e alterações que vem ocorrendo no clima (CAVALCANTI *et al.*, 1996; HARDY, 2003; MOTA e NOBRE, 2006; MOLION, 2005; NÓBREGA *et al.*, 2006; BEZERRA e CAVALCANTI, 2008, TAVARES e MOTA, 2012; BISCHOFF e SCHNEIDER, 2014; NÓBREGA e SANTIAGO, 2014; CAVALCANTI e MARIANO, 2016).

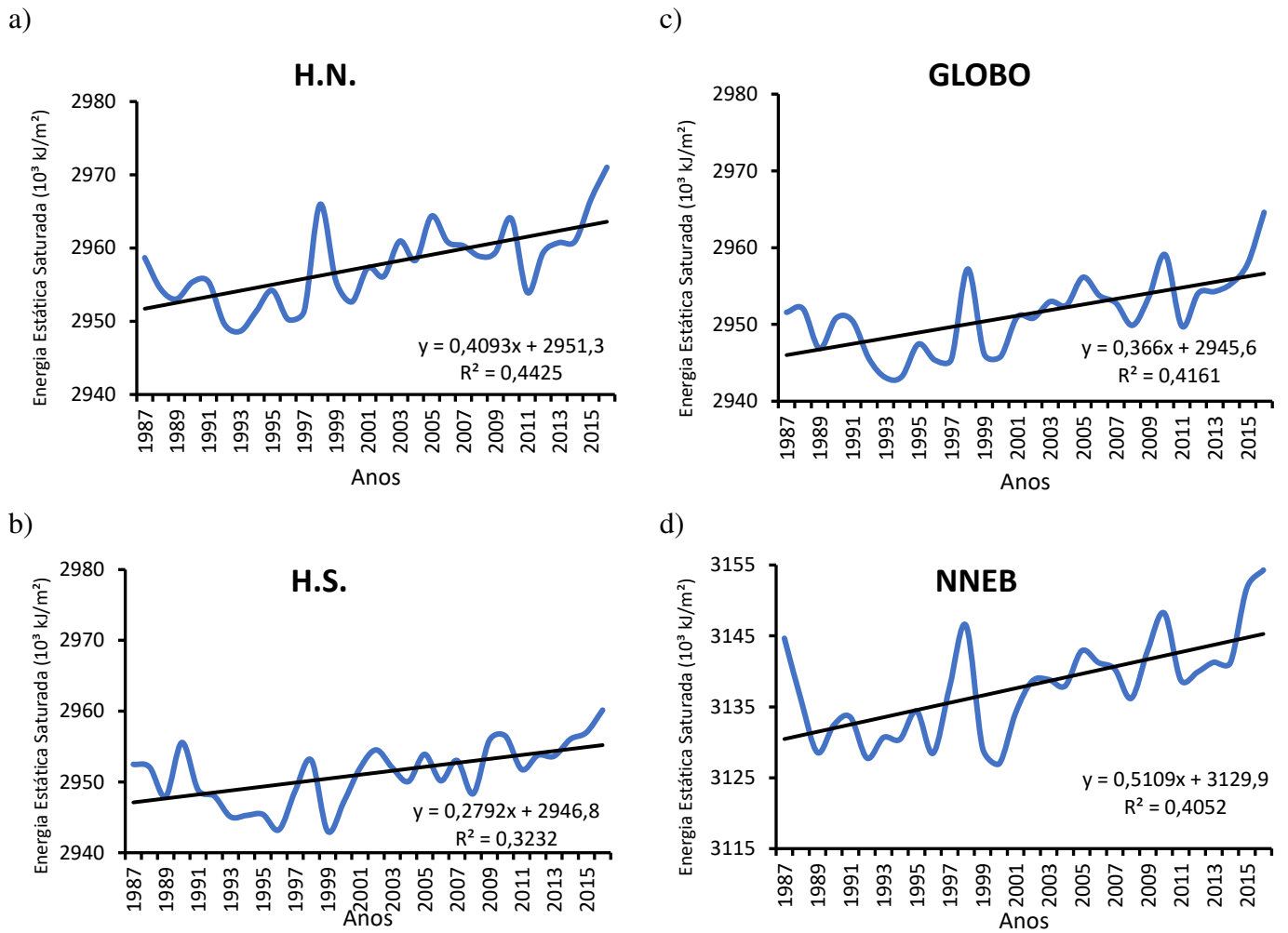


Figura 14. Série temporal da média anual integrada verticalmente das energias estática saturada ($s+L_vq_s$) (a) Hemisfério Norte, (b) Hemisfério Sul, (c) Globo e (d) Norte e Nordeste do Brasil, para o período de 1987 a 2016.

A Tabela 3 apresenta estatisticamente a significância onde se utilizou os métodos de Mann-Kendall e t de Student. Os dois testes apontam tendências positivas de 0,178; 0,534 e 0,197; $0,5109 \times 10^3$ kJ/m²/ano na série do NNEB das energias estáticas seca, úmida e saturada para os métodos de Mann-Kendall e t de Student, respectivamente, e ambos estatisticamente apresentaram significância à 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$), exceto para 0,102 e $0,0741 \times 10^3$ kJ/m²/ano do NNEB úmida que à hipótese é nula ou rejeitada para 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$) para os métodos de Mann Kendall e t de Student.

Para a série do H.N. das energias estáticas seca, úmida e saturada também se observa essa mesma significância com tendências positivas de 0,184; 0,288; 0,288 e 0,2118; 0,2983; $0,4093 \times 10^3$ kJ/m²/ano, respectivamente, e ambos estatisticamente apresentam significativos à 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$) para os métodos de Mann Kendall e t de Student

Na série do H.S. das energias estáticas seca, úmida e saturada foram observados significância com tendências positivas de 0,614; 0,235; 0,291 e 0,1481; 0,1931; $0,2792 \times 10^3$ kJ/m²/ano, respectivamente, e os testes estatisticamente se apresentaram significativos à 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$). Enquanto para a série do Globo das energias estáticas seca, úmida e saturada foi observados significância com tendências positivas de 0,202; 0,276; 0,361 e 0,1966; 0,2645; $0,366 \times 10^3$ kJ/m²/ano, respectivamente, e ambos estatisticamente significativos à 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$) para os métodos de Mann Kendall e t de Student.

Para os valores de τ de Kendall, que corresponde a uma medida da correlação, apresentaram valores 0,303; 0,123 e 0,492 para o NNEB, e 0,431; 0,478 e 0,478 para o H.N., 0,359; 0,372 e 0,419 para o H.S. e de 0,441; 0,428 e 0,848 para o Globo. Para a mesma ordem, os valores obtidos do coeficiente de correlação (r) foram de 0,45, 0,15, 0,63; 0,57, 0,63, 0,66; 0,47, 0,49, 0,56 e 0,59, 0,60, 0,64.

Tabela 3. Tabela de significância estatística através do método de Mann Kendall e t de Student, com valores de significância estatística para a avaliação estatística da tendência nas séries anuais do período de 1987 a 2016.

Método	Parâmetro	NNEB Seca	H.N. Seca	H.S. Seca	Globo Seca
Mann Kendall	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,178	0,184	0,164	0,202
	τ de Kendall	0,303	0,431	0,359	0,441
	S	141,000	200,0	167,0	205,0
	$Var(S)$	0,000	3460,667	0,000	0,000
	Valor - p	0,008	0,000	0,002	0,000
t de Student	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,197	0,2118	0,1481	0,1966
	Coefficiente de Correlação (r)	0,45	0,57	0,47	0,59
	b	2968,9	2843,2	2844,7	2841,4

* Sem significância estatística para ($\alpha=0,01$ e $\alpha=0,05$)

Método	Parâmetro	NNEB Úmida	H.N. Úmida	H.S. Úmida	Globo Úmida
Mann Kendall	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,102*	0,288	0,235	0,276
	τ de Kendall	0,123*	0,478	0,372	0,428
	S	57,0*	222,0	173,0	199,0
	$Var(S)$	0,000	3460,667	0,000	0,000
	Valor - p	0,172*	< 0,0001	0,001	0,000
t de Student	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,0741*	0,2983	0,1931	0,2645
	Coefficiente de Correlação (r)	0,15*	0,63	0,49	0,60
	b	3069,0	2902,6	2903,7	2899,7

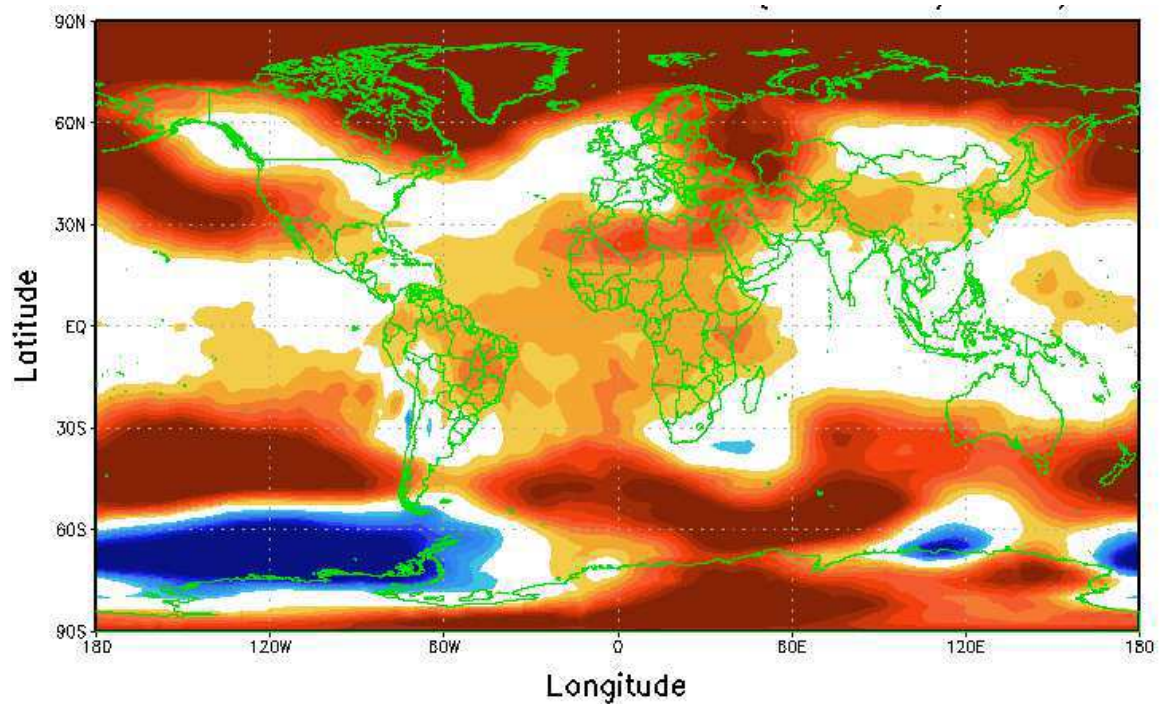
* Sem significância estatística para ($\alpha=0,01$ e $\alpha=0,05$)

Método	Parâmetro	NNEB Saturada	H.N. Saturada	H.S. Saturada	Globo Saturada
Mann Kendall	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,534	0,288	0,291	0,361
	τ de Kendall	0,492	0,478	0,419	0,484
	S	229,0	222,0	195,0	225,0
	$Var(S)$	0,000	3460,667	0,000	0,000
	Valor - p	< 0,0001	< 0,0001	0,000	< 0,0001
t de Student	Inclinação ($10^3\text{kJ/m}^2 / \text{ano}$)	0,5109	0,4093	0,2792	0,366
	Coefficiente de Correlação (r)	0,63	0,66	0,56	0,64
	b	3129,9	2951,3	2946,9	2945,6

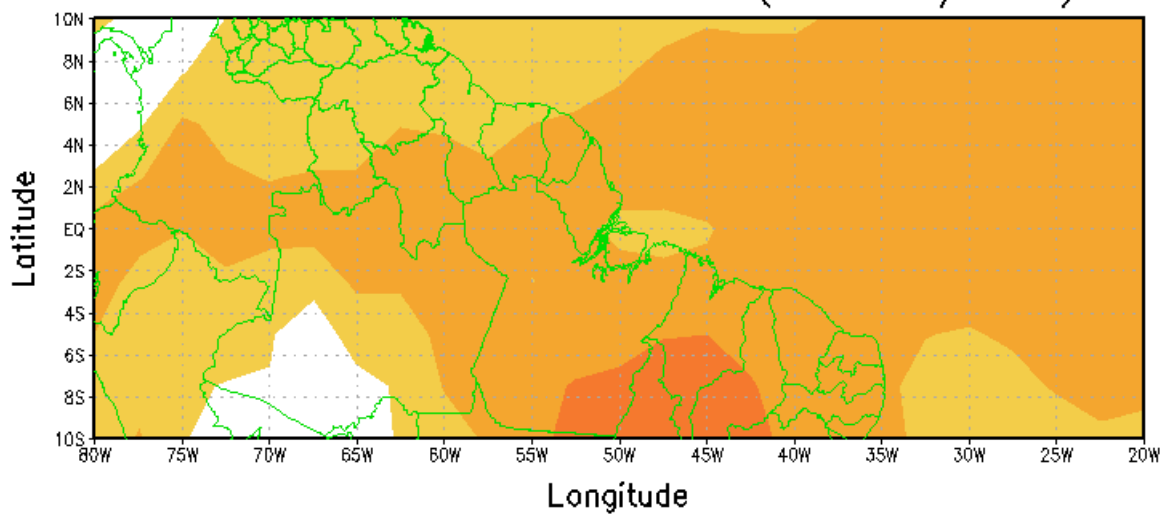
* Sem significância estatística para ($\alpha=0,01$ e $\alpha=0,05$)

A Figura 15a apresenta a espacialização da tendência da energia estática seca integrada verticalmente para o Globo, com os dados obtidos pelo NCEP/NCAR, que vem mostrar grandes (menores) áreas com tendências positivas (negativas). É observado na faixa polar norte (acima de 60°N) a presença de tendências positivas, atingindo valores de $4,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$ e na faixa polar sul (acima de 60°S) apresentou tendências positivas em grande parte da Antártica e tendências negativas no Oceano Pacífico Sul e Atlântico Sul, aproximadamente entre ($55^{\circ}\text{S}-80^{\circ}\text{S}$ e $45^{\circ}\text{W}-170^{\circ}\text{E}$), como no Oceano Índico próximo 60°S e 120°E , com valores entre $-4,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$ a $4,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$. Para as latitudes médias norte ($30^{\circ}-60^{\circ}\text{N}$) observa grandes áreas com tendências positivas sobre o oeste e a leste do Oceano Pacífico Norte, que se expandem para América do Norte, a oeste e leste dos Estados Unidos, Norte do México, Golfo do México e a leste da Europa, Oriente Médio e regiões central, leste e oeste da Ásia com valores de $0,5$ a $4,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$. Nas latitudes médias sul ($30^{\circ}-60^{\circ}\text{S}$) é observado que nos Oceanos Pacífico, Atlântico e Índico apresentaram tendências positivas e adentram as áreas da América do Sul e Oceânia, mais ao sul da Argentina e sul da Austrália. Para as tendências negativas, foram observados mais ao sul do continente africano, oeste do Chile e norte da Argentina entre com valores entre $-0,5$ a $-1,0 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$. Nas áreas tropicais entre ($30^{\circ}\text{S}-30^{\circ}\text{N}$) ocorreram tendências positivas sobre o Atlântico Tropical Norte e Sul, que se expandiram sobre a África e Oeste, Norte e Nordeste da América do Sul e mais ao Pacífico Tropical Norte e Sul obtendo valores de $-0,5$ a $3,0 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$. Os resultados se assemelha com os estudos de Trenberth e Caron (2001), Trenberth *et al.* (2002), Trenberth e Stepaniak (2004), Bengtsson *et al.*(2013) Bui *et al.* (2016), Cavalcanti e Mariano (2016), Li e Zhang (2017).

Na Figura 15b a espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática seca sobre o NNEB, apresentam tendências positivas em grande parte da região, atingindo valores de $2,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$ no sudeste do Pará, sul do Maranhão, sul e sudoeste do Píauí e Norte do Tocantins e de $1,5 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$ sobre os estados de Roraima, Amapá, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte e leste do Píauí e em quase todo o Estado do Pará e a Leste e Norte do Amazonas, e de $-0,5$ a $1,0 \times 10^2$ $\text{kJ/m}^2/\text{ano}$ sobre o Acre, sul e oeste do Amazonas e próximo a região da Ilha do Marajó. Os resultados observados são coerentes e se assemelham com os estudos de Cavalcanti *et al.* (1996) e Nóbrega *et al.* (2006), apesar de não terem feitos análises de tendências ou projeções futuras. Bezerra e Cavalcanti (2008) ressaltam que os fenômenos de meso e grande escala, fatores dinâmicos e a influência da evapotranspiração da floresta na atmosfera e o Oceano Atlântico para a região do NNEB (SALATI *et al.*, 1979; CAVALCANTI *et al.*, 2002).



(a)



(b)

Figura 15. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática seca (10^2 kJ/m²/ano) para (a) Globo e (b) Norte e Nordeste do Brasil (NNEB).

Para a Figura 16a que mostra a espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática úmida para o Globo, em que foram observados grandes áreas com tendências positivas nas faixas polares norte (sul) e latitudes médias norte (sul) bem mais extensas, com algumas similaridades ao da energia estática seca (Figura 15a). Entretanto, as diferenças são observadas sobre a Ásia a oeste da China, a leste e oeste da Rússia, Índia, e expandindo-se mais a norte e leste dos Estados Unidos com valores entre $0,5$ a $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Na faixa tropical que compreende aproximadamente entre (30°S-30°N) é observado que as tendências positivas da energia estática úmida se expandem sobre toda a Oceânia, sudeste Asiático e em grande parte do Oceano Índico, com valores entre $1,0$ e $4,5 \times 10^3$ kJ/m². Para o Atlântico Tropical as tendências positivas abrangeram-se mais ao Atlântico Tropical Norte com expansão a Oeste e Leste da África, com valores de $1,0$ a $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano, enquanto no Atlântico Tropical Sul tem-se menores áreas de tendência positivas, sendo mais visualizado a oeste e sudeste da América do Sul, pois para a região do Pacífico Equatorial nota-se que as tendências positivas ocorreram aproximadamente a 85°-120°W, com valores de $1,0$ a $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Para as tendências negativas é observado que foram similares em determinadas áreas ao da (Figura 15a), entretanto as diferenças ocorreram sobre a Região Tropical, visualizadas no NEB e Atlântico Equatorial com valores de $-0,5$ a $2,5$ kJ/m²/ano, no leste e sudeste da China entre $-0,5$ a $-1,0 \times 10^2$ kJ/m²/ano, leste e sudoeste próximo da África de $-0,5$ a $-1,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano, próximo a região do Chaco argentino e leste do Chile e no Pacífico Equatorial, aproximadamente a 120° W, 150°-180°W entre os valores de $-0,5$ a $-3,0 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Portanto, os resultados observados se assemelham com os estudos de Neelin e Held (1987), Trenberth e Caron (2001), Hardy (2003), Trenberth e Stepaniak (2004) Bengtsson *et al.* (2013) Bui *et al.* (2016) Li e Zhang (2017).

A Figura 16b vem mostrar a espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática úmida para o NNEB e, pode-se observar uma tendência negativa sobre o NEB, norte do Tocantins e ao leste e sudeste do Pará, com valores entorno de $-0,5$ a $2,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano e com tendências positivas que abrangem grande áreas da Região Norte do Brasil, principalmente sobre a floresta Amazônica, que obteve-se valores entre $1,0$ a $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Dentre alguns fatores importantes, pode-se ressaltar a evapotranspiração da floresta Amazônica que contribui para uma atmosfera úmida e por o NEB apresentar uma região semi-árida menos úmida, apesar da influência do Oceano Atlântico Tropical que transporta umidade por meio dos ventos, assim como a relação com outros fenômenos meteorológicos que influenciam no comportamento da energia estática úmida sobre o NNEB, portanto os resultados obtidos apresentaram ser coerentes com os observados por Cavalcanti *et al.* (1996)

e Nóbrega *et al.* (2006) apesar de não terem feitos análises de tendências ou projeções futuras e semelhantes aos de Bezerra e Cavalcanti (2008), Cavalcanti e Mariano (2016).

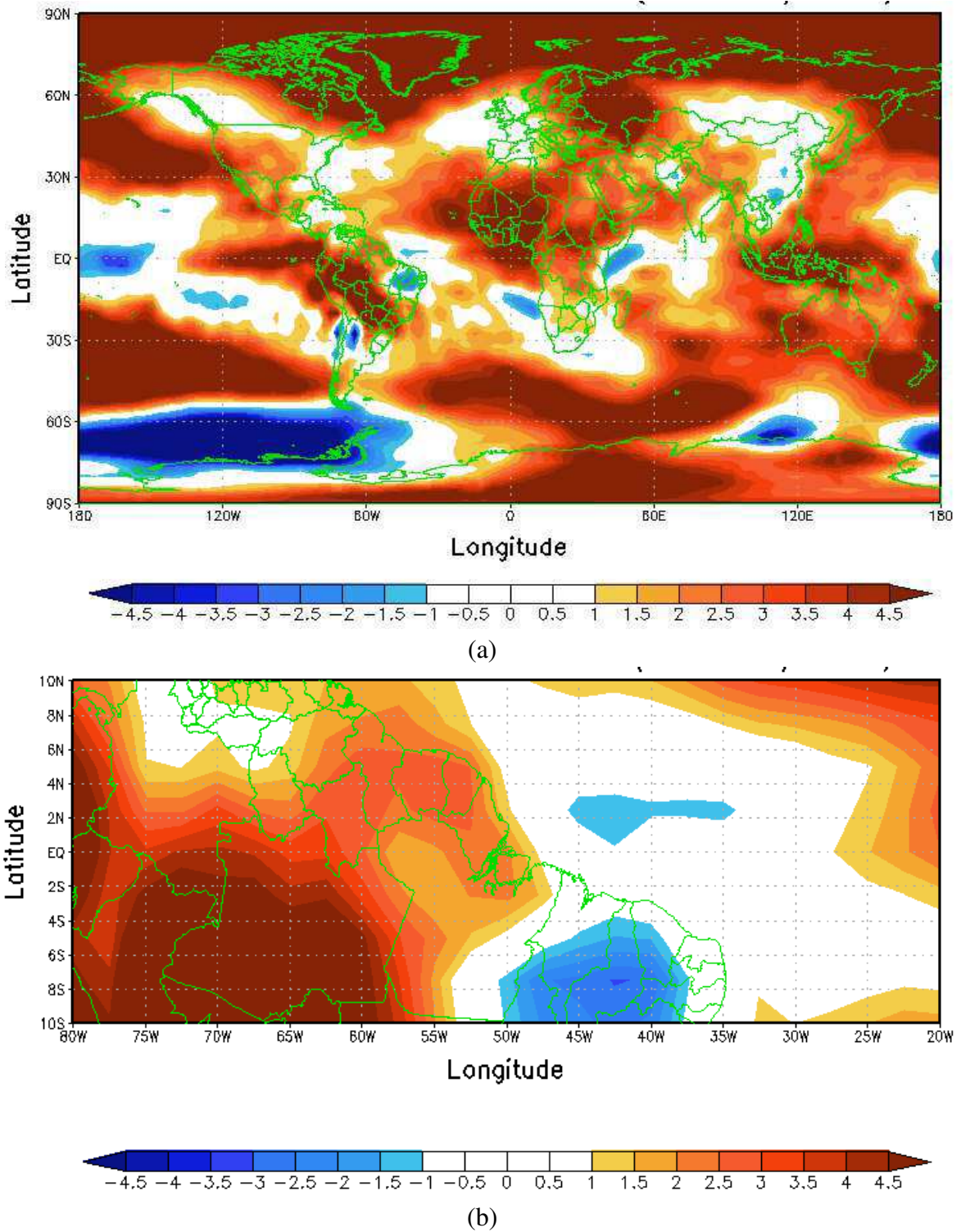


Figura 16. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática úmida ($10^2 \text{kJ/m}^2/\text{ano}$) para (a) Globo e (b) Norte e Nordeste do Brasil (NNEB).

Apresentando a espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática saturada para o globo (Figura 17a), que mostram grandes áreas com tendências positivas que abrangem as faixas polares norte (sul) 90° - 60° N (90° - 60° S), latitude médias norte (sul) 60° - 30° N (60° - 30° S) que abordaram aproximadamente mais os Oceanos Pacífico Norte (Sul) e Atlântico Norte (Sul) com expansão leste e oeste, como ao sul do Oceano Índico e áreas da América do Norte, Europa, Ásia e Oceania com valores entre $-0,5$ e $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Para as regiões tropicais (30° S- 30° N) apresenta tendências positivas com valores de $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano sobre o Atlântico Tropical Norte e Sul, com expansão para África e em parte da América do Sul, enquanto que para as demais áreas obteve-se tendências positivas e negativas com valores entre $-0,5$ a $3,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Para as tendências negativas apresentadas o comportamento foi semelhante nas faixas polares sul ao da (Figura 15a e 16a) e distintos nas Latitude Médias Sul próximo da África mais ao sul e sobre o Sul do Brasil e oeste da Argentina e Chile com valores entre $-0,5$ a $-4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano. Entretanto, os resultados observados concordam com os estudos de Neelin e Held (1987), Trenberth e Caron (2001), Hardy (2003), Trenberth e Stepaniak (2004) Bengtsson *et al.*(2013) Bui *et al.* (2016) Li e Zhang (2017).

A Figura 17b mostra a espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática saturada no NNEB, que apresentaram tendências positivas em toda área do NNEB, com valores de $4,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano sobre quase toda região Norte do Brasil e para os estados do Maranhão, Piauí, noroeste do Ceará, oeste da Bahia e apresentando valores de $3,0$ a $3,5 \times 10^2$ kJ/m²/ano para os estados da Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas e pequenas áreas do Amazonas e Acre. Os resultados observados, apresentam concordância com os estudos de Marengo *et al.* (2001), Salati *et al.* (1979) em que o fluxo de vapor d'água trazidos do oceano Atlântico e influência a atmosfera do NNEB, e em conjunto com a evapotranspiração da floresta Amazônica apresenta uma atmosfera bastante úmida, pois no NEB tem-se um atmosfera menos úmida, mas é compensada pelo transporte de umidade trazida do Oceano Atlântico por meio dos ventos e foram coerentes estudos observados por (BEZERRA e CAVALCANTI, 2008).

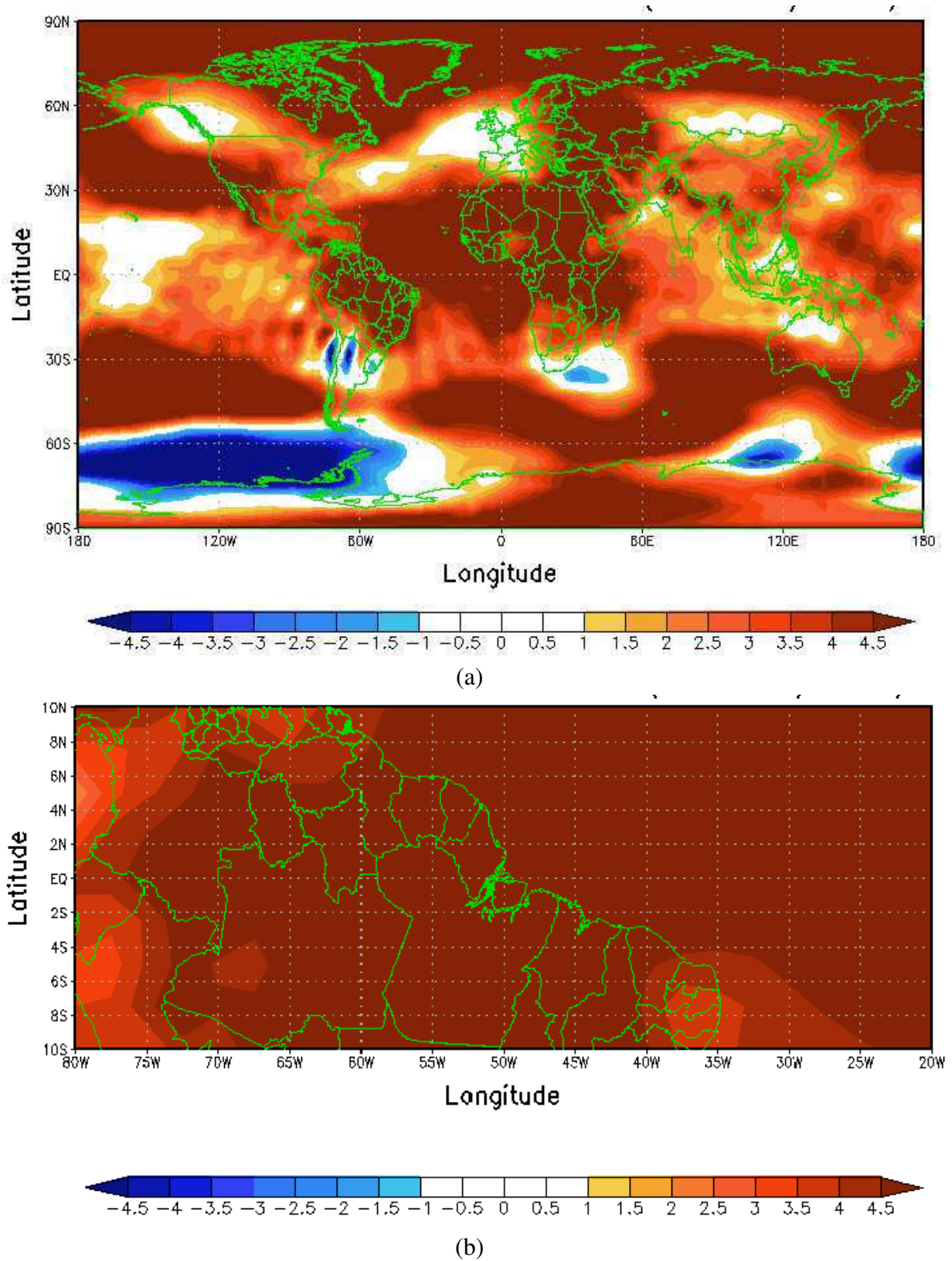


Figura 17. Espacialização da tendência integrada verticalmente da energia estática saturada ($10^2 \text{kJ/m}^2/\text{ano}$) para (a) Globo e (b) Norte e do Nordeste do Brasil (NNEB).

5. CONCLUSÃO

Analisando as tendências do comportamento das energias estáticas seca, úmida e saturada para o Globo, Hemisfério Norte, Hemisfério Sul e NNEB, pelo período de 30 anos de 1987-2016, por meio dos dados das reanálises do NCEP/NCAR do NOAA, e em face do que foi abordado e discutido, conclui-se que:

- As estruturas verticais das energias estáticas a distribuição vertical das médias longitudinal das energias estáticas seca, úmida, saturada e latente, foram maiores (menores) na região tropical (latitudes médias norte e sul, regiões polares norte e sul), em que energia solar tem uma fundamental importância nessa distribuição.
- Nos perfis verticais das energias estáticas seca, úmida e saturada, foram observadas que nas regiões polares e latitudes médias as energias estáticas apresentaram menores valores em relação a Região Tropical e NNEB, que apresentou maior disponibilidade de energia estática, com máximos valores em baixos níveis.
- A variação sazonal e interanual das energias estáticas integradas verticalmente para os H.N., H.S, Globo e NNEB a variação sazonal foram máxima em julho-agosto no H.N. e janeiro-fevereiro para o H.S. e para o Globo prevalece o comportamento similar ao H.N., sendo mais suavizada.
- No NNEB foram observados que durante os meses março, abril, maio a energia estática úmida e saturada apresentaram-se mais elevada, permitindo uma atmosfera mais úmida e próximo da saturação. A variação sazonal da ZCIT é refletida nessas energias, assim como outros fatores que se relacionam, dentre os quais: os fenômenos meteorológicos que contribuem para esse comportamento na região do NNEB, como vistos por Nóbrega *et al.* (2006) e Bezerra e Cavalcanti (2008).
- As variações mensais e interanuais observadas pelas anomalias das energias estáticas integradas verticalmente para o H.N., H.S, Globo e NNEB, apresentaram um aumento de energia durante os últimos 10 anos. Portanto, existe uma tendência de aquecimento e pode estar relacionada com os fenômenos atmosféricos, aquecimento global, ações antrópicas, emissões de CO₂, variabilidade da radiação solar como já mencionadas por (TRENBERTH e STEPANIAK, 2004; MOLION, 2005, BEZERRA e CAVALCANTI, 2008; SILVA *et al.*, 2010).

- Os resultados também apresentaram uma tendência por meio dos teste t de student e de Mann Kendall, com significância de 95% e 99% ($\alpha=0,05$ e $\alpha=0,01$) para o Globo, H.N, H.S e NNEB, exceto para o NNEB úmido.
- A espacialização no Globo apresenta áreas com grandes (pequenas) tendências positivas (negativas) e explicita que os estudos abordados estão relacionados e as mudanças climáticas são provocadas por ações humanas.
- Sobre a distribuição espacial no NNEB tendências positivas de energia estática seca foram observadas com menores (maiores) valores sobre a região Amazônica (NEB), e para a energia estática úmida e saturada ocorre o inverso sobre a mesma região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY – AMS, Disponível em: <
<https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/>> Acesso em: 08/06/2018.
- ARAGÃO, J.O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bull Inst. Fr. Études Andines**, v.27, n.3, p.839-844, 1998.
- BENGTSSON, L; HODGES, K. I.; KOUMOUTSARIS, S.; ZAHN, M; BERRISFORD, P. The changing energy balance of the polar regions in a warmer climate, **Journal of Climate**, v.26, p. 3112-3129, 2013.
- BEZERRA, A. C. N.; CAVALCANTI, E. P. Energia estática sobre o norte e nordeste do Brasil relacionada com a temperatura da superfície do mar, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 239-263, 2008.
- BISCHOFF, T.; SCHNEIDER, T.: Energetic Constraints on the Position of the Intertropical convergence Zone. **Journal of Climate**. v. 27, n. 13, p. 4937- 4951, 2014.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v.97, n.3, p.163-172. 1969.
- BUI, H. X.; YU, J-Y; CHOU, C. Impacts of Vertical Structure of Large-Scale Vertical Motion in Tropical Climate: Moist Static Energy Framework. **Journal of the Atmospheric Sciences**. v. 73, n. 11, p. 4427-4437, 2016.
- CASTRO, C. A. C. **Interações Trópicos-Extratrópicos na escala de tempo intra-sazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2002.
- CAVALCANTI, E.P.; GOMES FILHO, M.F.; SILVA, A.R. Variabilidade da energia estática durante o experimento 'EMAS'. **Atmosfera & Água**, Maceió - AL, v. 1, n. 1, p. 18-22, 1996.
- CAVALCANTI, E.P.; GANDU, A.W., AZEVEDO, P.V. Transporte e balanço de vapor d'água atmosférico sobre o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.2, 207-217, 2002.
- CAVALCANTI, E. P. E MARIANO, E. B. Tendência do Vapor D'Água na atmosfera Mediante Dados do NCEP/NCAR. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V. 31 n. 4, p. 564-569, 2016.

CHUNG, J. C. Correlations between the tropical Atlantic trade winds and precipitation in Northeastern Brazil. *Journal of Climatology of Northeast Brazil*. **Journal of climatology** 2, 35-46, 1982.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A F.; NOBRE C. A. **Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia**. *Climanálise*, São José dos Campos, v. 4, n.11, p. 34-40, Nov. 1989.

CORNEJO-GARRIDO, A. G. AND P. H. STONE, On the heat balance of the Walker Circulation, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.34, n.8, p.1155-1162, 1977.

DeCARIA, A. J.; Relating Static Energy to Potential Temperature: A Caution. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 64, p.1410-1412, 2007.

DINIZ, G. B. **Meteorologia Física**. Editora Universitária UFPEL, Pélotas – RS, p. 156, 2006.

FASULLO, J. T., TRENBERTH, K. E. The annual cycle of the energy budget. Part I: Global mean and land–ocean exchanges. **Journal of Climate**, v. 21, n. 10, p. 2297–2313, 2008.

GAN, M.A E KOUSKY, V. E. **Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil**. INPE, São José dos Campos, SP. 25 págs, 1982.

GNANADESIKAN, A.; RICHARD D. SLATER, R. D.; SWATHI, P. S.; VALLIS, G. K.: The Energetics of Ocean Heat Transport. **Journal of Climate**, v.18, p.2604-2616, 2005.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E.: Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, p. 35-58, 2000.

HASTENRATH, S.; HELLER, L.: Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quartely Journal of the Royal Meteorological. Society**, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

HARDY, J. T. **Climate Change. Cause, Effects and Solutions**. John Wiley & Sons. p. 260, 2003.

HAUF, T.; HOLLER, H. Entropy and potential temperature. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 44, n. 20, p. 2887-2901, 1987.

HELD, I. M.: On the Height of the Tropopause and the Static Stability of the Troposphere. **Journal of the Atmospheric Sciences**. v. 39, n. 2, p.412-417, 1982.

HILL, S. A.; MING, Y.; HELD, I. M.; ZHAO, M. A Moist Static Energy Budget–Based Analysis of the Sahel Rainfall Response to Uniform Oceanic Warming. **Journal of Climate**. v.30, n.15, p. 5637-5660, 2017.

JUCKES, M. N. The Static Stability of the Midlatitude Troposphere: The Relevance of Moisture. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.57, n. 18, p. 3050-3057, 2000.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA S.; WHITE G.; WOOLLEN J.; ZHU, Y.; CHELLIAH M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A. REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP–NCAR 40–Year Reanalysis Project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.77, n3, p. 437–471. 1996.

KAYANO, M. T.; KOUSKY, V. E. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 11, n. 1 e 2, p. 06 -17, 1996.

KISTLER, R.; KALNAY, E.; COLLINS W.; SAHA S.; WHITE G.; WOOLLEN J.; CHELLIAH M.; EBISUZAKI W.; KANAMITSU M.; KOUSKY V.; DOOL, H.V.D.; JENNE, R.; FIORINO M. The NCEP–NCAR 50–Year Reanalysis: Monthly Means CD–ROM and Documentation. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.82, n. 2, p. 247–267. 2001.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M.T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. **Journal of Climate**, 7, p.1131-1143, 1994.

LI, Y.; ZHANG. M. The Role of Shallow Convection over the Tibetan Plateau. **Journal of Climate**, v.30, n.15, p.5791-5803, 2017.

LOHMANN, S.; SCHILLINGS, C.; MAYER, B.; MEYER, R. Long-term variability of solar direct and global radiation derived from ISCCP data and comparison with reanalysis data. **Solar Energy**, v.80, n.11, p.1390-1401, 2006.

LORENZ, E. N.: Available potential energy and the maintenance of the general circulation. **Tellus**, v.7, p. 157-167, 1955.

MARENGO, J.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.; FILIZOLA, N.; WAINER; I. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, 14, p. 833-852. 2001.

MELO A. B. C; CAVALCANTI I. F. A; SOUZA P. P.: Tempo e Clima no Brasil. 1º ed. São Paulo. **Oficina de Textos**. p. 25-41, 2009.

MENDONCA. F.; DANNI-OLIVEIRA I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. de; SANTOS, C. A. C. dos; SILVA, L. L. A relação entre a temperatura da superfície dos Oceanos Tropicais e a duração dos veranicos no Estado do Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, p. 152-161, 2008
- MOLION, L. C. B. Aquecimento, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, ano, 03, n. 01, p. 1-5, 2005.
- MOTA, M. A. S. da; NOBRE, C. A.: Relação da variabilidade da Energia Potencial Convectiva Disponível (CAPE) com a Precipitação e a Alta da Bolívia durante a campanha “Wet-AMC/LBA”, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 344-355, 2006.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J.: On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Science**, n. 38 (12), p. 2653-2673, 1981.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA, Disponível em: < <http://ggweather.com/enso/oni.htm> > Acesso em: 07/05/2018
- NEELIN, J. D.; HELD, I. M. Modeling Tropical Convergence Based on the Moist Static Energy Budget. **Monthly Weather Review**, v.115, n. 1, p.3-12, 1987.
- NEETI, N; EASTMAN, J.R. A Contextual Mann-Kendall Approach for the Assessment of Trend Significance in Image Time Series. **Transactions in GIS**, v.15, n. 5, p.599-611, 2011.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variation of Sea Surface Temperature, Wind Stress and Rainfall over the Tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, 9, p. 2464-2479, 1996.
- NÓBREGA, R. S. e SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de Temperatura na Superfície do Mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e Variabilidade de Precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, 2014.
- NÓBREGA, R.S.; SOUZA, E.P.; CAVALCANTI, E.P. Energia estática na atmosfera sobre o Nordeste do Brasil: Fluxo e variação sazonal de energia, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.132–139, 2006.
- OLIVEIRA, S. G. El Niño e Você - o fenômeno Climático. 1ªed. São José dos Campos - SP: **Transtec Editorial**. v. 2000. 116p, 2001.
- PAULUIS, O. Sources and Sinks of Available Potential Energy in a Moist Atmosphere. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 64, n. 7, p. 2627-2641, 2007.
- PAULUIS, O., HELD, I. M.: Entropy budget of an atmosphere in radiative-convective equilibrium. Part I: Maximum work and frictional dissipation. **Journal of the Atmospheric Sciences**, 59, n.2, p.140–149, 2002a.

PAULUIS, O., HELD, I. M.: Entropy budget of an atmosphere in radiative-convective equilibrium. Part II: Latent heat transport and moist processes. **Journal of the Atmospheric Sciences.**, v.59, n.2, p.125–139, 2002b.

PEREIRA, A. B.; AUGUSTO LEANDRO VRISMAN, A. L; GALVANI, E. Estimativa da Radiação Solar Global Diária em Função do Potencial de Energia Solar na Superfície do Solo **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.211-216, 2002.

PHILANDER, S. G. **El Niño, La Niña and the southern oscillation**. San Diego – CA: Academic Press, 1990. 293p. International Geophysics Series.

RASMUSSEN, F. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. **Monthly Weather Review**, v. 110, n.5, p.354-384. 1982.

RAO, V. B.; MARQUES, V. S.: Water vapor characteristics over northeast Brazil during two contrasting years. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, n. 6, p. 440-444, 1984.

ROGERS, J.C.; SHENG-HUNG WANG, S.H.; COLEMAN, J. S. M.: Evaluation of a Long-Term (1882–2005) Equivalent Temperature Time Series. **Journal of Climate**, v.20, p.4476-4485, 2007.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v.115, n. 8, p.1606-1626. 1997.

SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J. R: Recycling of Water in the Amazon, Brazil: an isotopic study. Geophysical Research. **Water Resources Research**, v.15, n.5, p.1250-1258, 1979.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C.M.S. Análise da precipitação pluviométrico no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 2, p. 619-633, agosto. 2017. ISSN 2179-0892.

SANTOS, S.A.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R.S.; SILVA, P. K. O. Aspectos da Variabilidade Sazonal da Radiação, Fluxos de Energia e CO₂ em Área de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.5, n. 4, p. 761-773, 2012.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic ocean and the some applications. **Journal Geophysical Research**, v.96, n.8, p.15137-15146, 1993.

SILVA, D. F. da,. Aplicação de Análises de Ondeletas para Detecção de Ciclos e Extremos Pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187-198, 2017.

SILVA, C. M. S. e; SILVA, F. R. da; LEME, N. P. Ciclo anual de precipitação como função de índices de instabilidade termodinâmica e fluxos de energia estática: análises em Maxaranguape - RN, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p. 235-242, 2011.

SILVA, D. F. da; SOUSA, A. B. de. Detecção de Tendências Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 06, n. 03, p.442-455, 2013.

SILVA, R. A. e; SILVA, V. de P. R. da; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. da.: Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.501-509, 2010.

SOBEL, A.; WHANG, S.; KIM, D.: Moist Static Energy Budget of the MJO during DYNAMO. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.71, p. 4276-4291, 2014.

SORIANO, L. J. R.; DÍEZ, E. L. G.; DAVILA, F. de P.; Generalized Static Energy and Its Conservation. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.51, p.3281–3285, 1994.

SOUZA, E.B. GrADS – **Fundamentos e Programação Básica**. Curso de Extensão, Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências – UFPA, fev. 2004.

SOUZA, E.B., J.M.B. ALVES E C.A REPELLI, 1998. Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 13, n. 2, p. 01-14, 1998

TAVARES, J. P. N.; MOTA, M. A.S. Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p. 207-218, 2012.

TRENBERTH, K. E.; D. P. STEPANIAK, D. P. e CARON, J.M.; Interannual variations in the atmospheric heat budget. **Journal of Geophysical Research**. v. 107, ed. 8, p. 1-15, 2002.

TRENBERTH, K. E; CARON, J. M.; Estimates of Meridional Atmosphere and Ocean Heat Transports. **Journal of Climate**, v.14, p.3433-3443, 2001.

TRENBERTH, K. E.; STEPANIAK, D. P. The flow of energy through earth's climate system. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. v.130, n.603, p. 2677-2701, 2004.

UVO, C.R.B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua Relação com a Precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em

Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 82 págs. 1989.

UVO, C.R.B.; REPELLI, C.; ZEBIAK, S.; KUSHNIR, Y.: The Relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil Monthly Precipitation. **Journal of Climate**, v. 11, p. 551–562, 1998.

WAGNER, R. G.: Decadal-scale trends in mechanisms controlling meridional sea surface temperature gradients in the tropical Atlantic. **Journal of Geophysical Research**, v. 16, p. 683-694, 1996.

WALISER, D. E.; GAUTIER, C. A.: Satellite-derived climatology of the ITCZ. **Journal of climate**, v. 6, p. 2162-2174, 1993.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, p. 254-271, 2002.

ZHANG, W; YAN, Y; ZHENG, J; LI, L; DONG, X; CAI, H. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. **Global and Planetary Change** v. 69, p35-47, 2009.

APÊNDICE

Tabela 4. Anomalias da Energia Estática Seca média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,2	0,9	-1,3	0,0	-0,9	2,3	-0,2	0,0	0,4	3,9	3,0	5,1
1988	0,0	-0,7	2,7	-1,1	3,4	0,5	2,6	-0,9	-0,5	-2,2	-4,2	-3,6
1989	-5,3	-0,6	-3,9	-2,2	-1,5	-1,5	-0,3	-4,2	-2,5	-0,9	-3,1	-2,6
1990	-1,9	-0,1	2,7	-2,1	-0,4	1,1	-0,1	0,9	-0,5	-0,4	1,1	2,0
1991	0,8	0,2	3,1	0,6	3,5	2,9	0,6	0,5	1,9	-1,2	-1,3	-3,0
1992	-4,2	-3,2	-0,8	-3,7	-5,6	-6,5	-6,8	-5,7	-4,1	-5,6	-4,5	-3,4
1993	-7,4	-5,3	-6,2	-7,2	-3,9	-3,4	-2,4	-2,4	-6,1	-3,3	-3,3	-0,3
1994	-1,2	-5,0	-3,8	-2,4	-2,4	-3,1	-3,2	-3,5	-2,3	-4,0	-2,3	-0,6
1995	-0,3	-2,9	-3,9	-1,2	-1,7	-1,6	-5,3	-2,3	-0,2	-2,4	-0,1	-7,3
1996	-6,3	-6,2	-2,0	-5,0	-2,6	-2,6	-3,0	-4,6	-5,6	-3,0	1,4	-1,6
1997	-8,9	-6,2	-3,4	-7,3	-4,3	-5,4	-1,7	-1,3	-1,2	-0,4	-4,3	-2,4
1998	2,7	1,9	5,0	7,0	5,2	7,4	4,9	4,4	2,3	4,4	0,4	2,6
1999	-0,7	-1,5	-3,0	0,6	-1,5	-3,5	-2,8	-4,0	-3,8	-1,8	-2,6	-0,6
2000	-3,5	-5,9	-4,6	-2,6	-3,9	-3,5	-5,4	-3,5	-6,4	-3,7	-3,6	-1,8
2001	-4,3	-2,2	-3,2	-0,9	-1,0	-3,7	-2,2	0,9	-2,0	-0,1	-1,8	1,3
2002	0,7	2,9	1,5	1,1	0,0	-1,8	1,5	-1,4	-1,8	-2,4	-1,4	-0,9
2003	2,0	-0,8	-1,9	1,3	2,5	-2,7	0,5	2,5	1,9	2,8	3,1	1,4
2004	-0,1	2,1	7,2	0,7	2,7	0,8	-4,1	-1,9	-0,1	0,1	0,1	-0,1
2005	2,1	3,3	1,3	5,3	0,0	-0,3	2,1	0,4	3,3	4,0	3,1	0,8
2006	2,3	4,5	1,9	0,2	2,4	2,5	3,6	0,6	1,5	2,9	1,0	2,4
2007	6,2	0,9	3,4	0,7	0,7	0,3	-0,6	0,2	0,8	2,5	-1,4	-0,3
2008	-2,3	0,5	-1,2	0,0	-2,4	-1,5	-1,5	-3,7	0,5	1,7	0,6	3,4
2009	2,0	4,9	2,6	-0,2	-1,8	-2,5	0,9	1,1	3,0	1,4	0,7	0,9
2010	3,6	3,2	6,0	6,4	8,2	6,3	6,4	6,3	3,9	1,3	0,1	-1,1
2011	-2,8	-4,6	-4,3	-4,8	0,7	1,3	0,2	0,1	0,1	-1,5	-3,5	0,1
2012	-0,2	-1,5	0,5	0,6	2,7	1,7	0,8	0,4	3,2	1,6	0,1	0,3
2013	5,2	3,9	2,6	1,7	3,4	3,2	1,7	-0,3	1,6	2,5	-1,8	1,2
2014	0,9	1,0	-0,6	-0,5	4,1	3,2	3,8	1,1	-0,5	3,2	1,6	4,5
2015	5,1	1,0	4,3	3,1	4,7	5,4	4,0	4,4	5,7	7,7	6,5	6,7
2016	8,0	14,0	10,9	9,8	9,1	7,6	6,9	7,4	7,9	7,5	5,9	5,1
Is-H.N.*	2809,5	2810,7	2819,7	2838,2	2861,2	2882,8	2896,4	2894,0	2877,4	2854,3	2833,2	2817,1

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 5. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m^2).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	-0,1	0,8	-1,4	-0,5	-1,5	2,6	-0,7	-1,0	0,0	4,3	4,8	6,8
1988	1,3	-0,3	3,3	-0,7	3,0	0,6	3,0	-1,6	-1,6	-3,6	-5,0	-5,3
1989	-6,5	-2,2	-5,1	-4,0	-3,7	-3,7	-2,3	-6,3	-4,8	-2,0	-2,8	-3,4
1990	-1,0	0,6	3,9	-1,5	0,4	2,0	-0,4	0,2	-0,9	-0,5	2,9	3,2
1991	1,8	0,6	4,7	1,5	4,0	4,1	0,6	0,2	1,0	-2,3	-1,1	-3,4
1992	-4,8	-5,1	-0,5	-4,5	-6,7	-8,5	-10,4	-9,0	-7,5	-7,6	-5,4	-4,6
1993	-7,7	-6,7	-7,2	-8,2	-4,7	-4,9	-4,2	-4,8	-9,5	-4,2	-2,7	0,0
1994	-1,6	-6,7	-4,3	-2,8	-3,1	-3,6	-4,6	-4,8	-3,7	-4,9	-1,8	-1,1
1995	-1,1	-4,3	-4,2	-1,0	-2,9	-2,3	-6,7	-2,9	-0,6	-3,2	-0,7	-8,4
1996	-7,2	-6,8	-2,3	-6,2	-3,7	-3,4	-5,2	-7,6	-8,5	-4,4	1,3	-2,8
1997	-10,8	-8,1	-4,1	-8,4	-6,3	-6,4	-1,6	-1,7	-1,9	0,2	-2,8	-1,7
1998	3,2	2,0	5,4	9,1	7,0	9,0	5,6	4,7	2,4	4,7	0,3	2,4
1999	-0,8	-1,8	-3,8	0,1	-3,3	-5,4	-4,0	-5,3	-5,4	-2,6	-3,0	-1,7
2000	-4,4	-7,6	-6,8	-3,3	-5,0	-5,2	-7,8	-5,6	-8,4	-4,1	-3,7	-2,8
2001	-5,4	-3,6	-3,7	-1,2	-1,2	-5,7	-2,9	0,8	-3,5	-0,6	-1,2	1,5
2002	0,2	2,4	1,8	1,0	-1,0	-2,5	1,4	-2,3	-2,9	-2,7	-0,5	-0,1
2003	2,4	-1,2	-2,3	1,6	1,6	-3,8	0,0	2,1	1,1	3,3	4,6	1,8
2004	0,2	1,5	7,1	1,1	2,3	-0,6	-6,0	-2,8	-2,0	-0,3	0,8	0,0
2005	2,6	4,0	2,2	6,0	-0,4	0,8	2,8	0,8	3,8	5,0	4,5	1,3
2006	3,1	5,7	1,8	-0,2	2,6	3,1	5,3	1,7	2,8	5,6	2,5	4,1
2007	8,3	1,1	4,4	2,0	2,1	1,2	0,1	1,1	1,4	2,9	-0,3	-0,7
2008	-1,9	-0,5	-1,5	0,0	-3,0	-2,0	-1,9	-4,7	0,0	2,6	1,8	3,7
2009	2,5	5,3	3,6	-0,1	-2,7	-2,5	1,6	1,5	5,1	2,5	2,7	1,7
2010	4,6	4,5	8,4	9,7	11,0	8,8	8,5	8,8	5,1	2,1	0,6	-2,4
2011	-3,4	-5,4	-4,2	-4,9	1,4	3,0	1,5	1,2	1,2	-1,4	-3,0	-0,1
2012	-1,0	-1,7	0,5	1,7	3,1	2,6	2,1	0,4	3,8	2,4	1,8	0,4
2013	5,9	4,4	3,7	2,7	4,0	4,2	2,2	-0,1	1,8	3,2	-0,7	1,3
2014	1,4	0,3	-0,5	0,8	4,8	5,0	5,1	1,9	0,1	4,5	3,5	5,5
2015	5,4	0,7	5,8	3,8	5,6	7,4	5,4	6,1	8,6	11,6	10,4	9,5
2016	9,9	16,3	14,6	12,9	12,0	9,8	9,4	9,6	10,3	9,1	8,2	6,5
<i>Iu-H.N.*</i>	2858,8	2860,0	2870,7	2894,5	2925,3	2955,1	2975,5	2973,5	2950,6	2918,8	2890,2	2869,8

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 6. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Hemisfério Norte (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	-0,1	0,7	-3,0	-1,1	-3,0	2,0	-0,8	-0,8	-0,3	2,7	4,6	6,3
1988	1,3	-0,3	3,7	-1,6	3,2	0,3	2,2	-1,9	-2,5	-5,4	-6,3	-7,7
1989	-8,1	-3,7	-8,1	-5,4	-5,1	-4,2	-3,5	-7,3	-5,5	-4,3	-4,6	-5,3
1990	-3,1	-1,0	2,0	-3,6	-1,3	1,3	-2,8	-0,1	-2,7	-1,5	2,4	1,1
1991	0,6	0,0	3,7	0,0	2,7	4,5	-0,3	0,0	0,2	-5,0	-2,6	-5,9
1992	-6,9	-5,0	-2,7	-6,3	-10,0	-10,0	-13,5	-11,3	-9,8	-10,3	-8,0	-7,9
1993	-11,3	-9,6	-10,2	-11,2	-8,0	-5,7	-6,4	-6,8	-11,8	-7,3	-4,9	-1,6
1994	-2,2	-6,8	-5,9	-5,1	-4,9	-4,6	-5,9	-6,0	-6,1	-8,0	-3,2	-2,3
1995	-0,9	-3,5	-5,8	-3,0	-4,0	-1,6	-8,0	-2,4	-1,4	-4,4	-0,5	-10,8
1996	-8,0	-7,7	-4,1	-8,9	-5,3	-5,5	-6,2	-8,3	-9,3	-6,5	0,0	-4,6
1997	-12,5	-7,9	-5,0	-11,4	-7,3	-7,1	-2,6	-1,8	-2,0	-1,6	-3,7	-1,8
1998	5,6	6,4	7,1	10,8	7,6	10,7	7,3	7,1	3,8	5,4	1,2	2,3
1999	-1,1	-1,6	-4,6	-0,4	-3,7	-5,2	-5,5	-6,0	-5,9	-4,4	-3,6	-2,7
2000	-5,9	-7,4	-6,4	-3,4	-5,2	-5,6	-8,6	-5,5	-9,3	-7,1	-4,6	-2,9
2001	-4,9	-2,6	-3,6	-1,3	-0,8	-4,8	-2,9	2,6	-2,8	0,1	-1,0	0,8
2002	0,8	4,8	2,6	0,9	-0,1	-1,3	3,0	-1,7	-2,2	-4,4	-0,1	-1,3
2003	4,1	0,6	-1,8	1,8	3,7	-2,8	0,3	4,2	3,0	4,2	5,3	1,7
2004	0,2	3,7	10,0	0,9	2,5	-0,3	-6,8	-2,0	-0,9	0,0	1,6	0,0
2005	3,3	5,1	3,3	7,7	0,3	2,0	4,4	2,4	5,9	5,3	5,1	0,9
2006	3,4	6,8	2,3	1,0	2,7	4,5	5,5	3,5	2,9	4,9	2,7	3,9
2007	9,4	3,0	5,0	1,9	2,0	2,6	0,9	2,3	1,7	2,9	-0,4	-1,3
2008	-3,5	0,1	-0,6	0,0	-3,9	-1,0	-1,3	-2,8	1,1	2,0	2,1	3,2
2009	2,5	6,3	2,5	0,0	-2,0	-2,2	2,1	3,4	6,0	3,0	3,5	1,8
2010	7,4	7,5	10,9	10,3	12,2	10,9	10,4	10,9	5,7	1,9	1,3	-2,6
2011	-4,1	-5,1	-5,6	-5,9	0,0	3,6	1,4	2,2	1,1	-2,0	-2,8	-0,1
2012	-1,5	-2,7	0,0	0,6	4,0	4,4	2,8	2,5	4,3	2,3	1,7	0,2
2013	7,3	6,1	5,0	2,4	4,3	5,9	2,7	1,1	3,3	3,3	-0,9	1,0
2014	1,9	2,0	0,0	1,0	5,2	6,8	6,4	4,1	1,1	5,0	4,3	5,9
2015	6,9	3,0	5,7	4,4	7,8	9,8	7,7	9,5	10,6	13,1	11,8	10,9
2016	13,0	21,6	17,4	15,6	13,5	13,2	11,5	13,2	12,5	10,7	9,8	7,0
<i>I_s-H.N.*</i>	2901,0	2902,8	2917,4	2945,6	2981,2	3015,1	3038,0	3033,6	3006,7	2970,2	2935,8	2913,3

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 7. Anomalias da Energia Estática Seca média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,8	1,8	-2,0	1,1	0,9	0,5	-0,2	-2,5	-2,0	-2,5	-0,6	2,2
1988	2,8	0,8	3,2	4,2	0,3	-0,7	-0,3	0,1	2,5	0,2	2,7	-0,1
1989	-4,5	-4,4	-2,7	-2,8	-4,6	-4,7	-4,1	-1,0	0,3	-1,9	0,9	3,3
1990	0,6	0,2	3,2	3,4	5,6	3,2	2,3	-0,8	-3,0	0,2	1,3	0,3
1991	-0,5	1,7	3,1	-1,2	-0,6	2,2	1,3	3,0	-1,6	-1,7	-2,1	0,0
1992	1,0	-0,8	-0,2	-2,0	0,8	0,4	-1,0	-4,7	-4,6	-0,2	-2,3	-4,9
1993	-3,9	-4,9	-5,7	-4,2	-3,6	-3,7	-4,3	-7,1	-7,2	-5,4	-5,3	-3,1
1994	-7,2	-5,2	-4,9	-6,0	-4,7	-2,6	-2,4	-3,2	-4,4	-6,9	-3,1	-1,5
1995	-3,2	-2,6	-3,4	-1,9	-3,1	-3,2	-3,1	-0,4	-1,6	-3,2	-5,5	-3,2
1996	-4,9	-1,9	-3,1	-2,2	-5,4	-6,2	-4,4	-1,9	0,3	-2,8	-6,3	-5,6
1997	-0,9	-1,3	-3,1	-3,8	-3,8	-3,6	-2,8	-4,0	-3,7	-3,1	0,4	2,5
1998	2,9	7,9	1,7	3,8	3,2	0,0	2,0	1,7	3,1	-0,3	-3,1	-2,6
1999	-2,7	-0,3	-3,8	-5,3	-4,4	-6,6	-3,9	-4,8	-3,8	-5,9	-6,8	-7,3
2000	-10,1	-1,7	-1,4	-4,1	-1,5	-3,9	-4,2	-7,8	-1,8	-3,6	-3,3	-3,9
2001	-3,6	-1,0	-1,0	-1,0	-0,2	-2,6	-2,5	0,0	-1,8	0,2	1,7	-2,3
2002	0,2	0,5	0,7	-0,7	1,8	3,5	1,0	2,5	3,5	1,1	3,0	1,6
2003	2,3	3,4	2,9	-0,3	1,0	0,4	-0,6	-2,3	-0,7	0,5	-0,9	3,8
2004	2,3	0,4	-0,6	1,7	-0,7	-2,5	-1,1	-2,1	-1,5	0,5	-1,3	-1,8
2005	1,4	-0,1	2,4	1,9	2,7	2,1	2,0	0,2	1,0	1,6	0,1	0,1
2006	-0,3	-0,6	2,8	0,7	-2,3	-1,2	0,2	0,7	0,7	1,2	-0,9	-0,1
2007	1,5	1,9	0,1	0,9	1,5	-0,1	2,8	2,4	-0,3	-1,0	0,5	-2,2
2008	-3,7	-3,3	-3,4	-5,1	-4,1	-2,5	-0,5	-0,5	-0,8	-1,8	-0,8	-4,6
2009	-1,7	-2,6	-1,3	0,0	1,2	-0,8	4,4	1,2	3,7	3,2	4,8	1,9
2010	5,8	8,2	7,6	3,4	3,9	3,3	3,9	3,7	5,3	3,8	2,0	0,5
2011	-0,1	3,3	1,2	3,3	0,7	2,5	4,8	2,9	2,6	-1,1	0,0	-2,9
2012	-6,9	-4,4	-0,4	2,1	-0,4	1,4	1,5	2,1	2,2	3,3	3,0	2,0
2013	4,9	0,9	2,4	1,1	-0,3	2,7	2,3	1,9	2,9	1,9	2,3	1,1
2014	1,9	1,0	3,9	3,7	1,7	3,4	3,4	1,5	3,5	2,7	3,3	0,1
2015	0,1	2,9	0,9	-0,1	3,5	3,7	3,2	3,7	1,7	4,1	1,5	4,2
2016	5,4	6,8	9,1	7,4	5,2	2,9	3,8	4,1	5,2	3,0	4,7	1,7
<i>I_S-H.S.*</i>	2873,3	2874,2	2867,9	2856,9	2844,3	2836,1	2829,1	2828,6	2831,4	2839,4	2850,3	2864,0

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 8. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	1,5	2,8	-3,5	1,9	1,5	1,3	-0,2	-1,9	-1,4	-1,8	0,5	4,2
1988	3,7	0,6	3,5	5,0	-0,1	-1,4	-1,0	-0,2	3,0	0,2	2,4	-0,2
1989	-6,0	-6,2	-5,6	-4,4	-6,6	-5,2	-4,8	-1,4	-0,1	-2,3	0,3	4,1
1990	0,7	-0,8	2,9	3,7	5,2	3,8	1,6	-0,5	-2,8	0,4	1,1	1,1
1991	0,1	2,5	3,3	-1,8	-1,1	3,2	0,8	3,4	-1,5	-2,5	-3,1	-0,2
1992	0,8	-1,7	0,0	-2,2	0,0	0,3	-2,7	-5,9	-4,8	-0,9	-3,5	-5,8
1993	-4,9	-5,9	-8,4	-5,0	-4,4	-3,9	-5,1	-8,4	-7,9	-6,0	-6,1	-1,8
1994	-7,7	-5,8	-6,9	-7,7	-6,2	-3,4	-3,6	-3,8	-5,3	-8,5	-4,1	-0,5
1995	-3,1	-3,7	-5,0	-1,7	-3,0	-3,5	-3,8	-0,3	-0,9	-3,7	-6,2	-3,9
1996	-7,1	-3,3	-4,9	-3,1	-7,1	-7,0	-6,1	-2,4	0,0	-2,6	-8,2	-6,2
1997	-1,8	-2,2	-5,2	-6,1	-5,5	-4,4	-2,9	-4,7	-3,3	-2,4	0,2	4,3
1998	5,4	10,9	3,6	6,6	3,9	0,7	3,7	3,9	4,6	1,3	-3,1	-2,3
1999	-4,0	-1,5	-4,8	-6,6	-6,5	-7,9	-4,9	-6,1	-4,4	-6,1	-8,2	-7,8
2000	-12,1	-2,7	-2,5	-4,8	-2,9	-4,3	-5,7	-8,8	-2,3	-3,3	-4,0	-3,3
2001	-4,1	-0,9	-2,2	-1,2	-1,4	-2,8	-3,1	0,1	-1,0	0,7	1,6	-2,1
2002	-0,2	0,7	0,1	-1,0	0,9	3,6	0,9	2,9	3,8	1,2	2,5	2,3
2003	3,0	4,0	2,1	-0,9	0,1	-0,4	-1,3	-2,8	-0,9	0,0	-1,5	4,5
2004	2,3	0,5	-1,2	1,1	-2,8	-3,5	-2,3	-3,2	-1,9	0,1	-1,9	-1,8
2005	1,9	0,1	1,9	3,2	2,8	2,8	1,4	0,1	1,9	2,4	-0,2	0,1
2006	0,0	0,0	2,5	1,3	-3,7	-1,1	0,2	0,3	1,1	2,5	-0,5	1,5
2007	3,7	2,4	0,3	1,7	1,9	0,7	2,5	2,8	0,5	-0,3	0,5	-1,9
2008	-3,7	-4,1	-5,3	-6,8	-6,3	-2,6	-1,5	-0,7	-0,1	-1,1	-0,2	-4,2
2009	-1,8	-2,5	-2,4	0,0	0,8	-0,3	4,9	2,5	5,9	4,5	5,9	3,6
2010	7,8	10,3	9,4	6,0	5,9	4,9	5,5	4,4	7,1	5,2	1,8	1,2
2011	0,0	2,7	0,1	3,0	0,1	2,8	4,7	2,7	3,1	-0,8	-0,1	-1,6
2012	-7,1	-5,3	-1,7	1,8	-1,2	1,9	2,0	2,1	3,3	4,7	3,4	3,1
2013	6,9	1,2	3,3	1,6	0,3	4,1	3,0	1,6	4,0	2,4	1,9	2,5
2014	2,3	1,1	3,4	4,5	2,2	5,4	4,6	2,4	4,4	4,0	3,8	2,0
2015	1,4	3,0	0,4	0,0	3,8	5,2	4,4	4,6	2,6	5,7	3,2	7,8
2016	8,7	10,9	12,7	10,9	7,2	4,8	4,8	5,2	7,4	4,5	5,4	3,6
<i>Iu-H.S*</i>	2941,5	2944,1	2936,8	2921,3	2904,5	2891,1	2881,4	2879,5	2883,0	2894,3	2910,1	2927,8

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 9. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Hemisfério Sul (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,5	1,2	-3,6	0,9	1,1	1,2	-0,4	-2,8	-2,2	-1,7	0,6	4,7
1988	4,7	1,0	4,5	3,6	0,2	-1,8	-1,6	-1,0	2,3	-0,7	0,7	-2,0
1989	-7,4	-8,1	-6,5	-6,2	-7,0	-7,1	-6,6	-3,0	-1,2	-3,2	-0,4	3,1
1990	-0,2	-2,0	2,5	2,0	5,9	3,2	1,3	-1,1	-4,3	0,3	1,9	1,0
1991	-0,3	1,4	3,3	-3,4	-0,6	2,8	0,2	2,4	-2,6	-3,7	-5,0	-1,7
1992	-0,7	-3,7	-1,7	-4,8	-0,5	-1,0	-3,4	-7,8	-6,9	-2,3	-6,8	-8,2
1993	-7,4	-10,6	-9,9	-7,8	-5,6	-5,2	-5,9	-9,7	-10,0	-7,2	-7,6	-3,4
1994	-9,2	-9,1	-8,3	-10,2	-7,2	-4,8	-4,7	-5,4	-6,0	-10,1	-5,5	-1,3
1995	-4,5	-5,5	-5,9	-4,4	-4,4	-3,9	-4,4	-0,6	-2,1	-4,6	-8,1	-5,2
1996	-7,8	-4,5	-5,4	-5,0	-7,5	-8,4	-6,6	-3,8	-1,0	-4,4	-9,3	-7,5
1997	-3,4	-4,5	-5,6	-7,5	-5,9	-5,3	-3,3	-4,8	-3,9	-3,4	0,1	5,1
1998	6,4	11,6	4,5	6,5	6,8	2,1	2,7	2,7	3,6	0,8	-4,0	-2,1
1999	-3,6	-1,8	-5,7	-9,1	-6,6	-9,4	-6,4	-7,1	-5,8	-8,0	-10,6	-10,1
2000	-13,4	-5,0	-3,9	-7,7	-3,4	-6,1	-6,9	-10,5	-3,3	-5,1	-5,6	-4,5
2001	-5,1	-2,2	-2,4	-2,2	-1,0	-3,6	-3,9	0,5	-2,0	1,0	1,6	-1,0
2002	0,2	0,4	1,3	-1,4	2,6	4,7	1,5	2,9	3,7	2,0	3,1	3,3
2003	3,5	4,1	3,1	-1,3	1,9	0,4	-0,2	-2,6	-0,5	1,2	-1,2	5,0
2004	3,5	-0,1	-0,1	1,1	-1,2	-2,9	-2,2	-2,6	-1,2	1,5	-1,9	-1,0
2005	3,0	1,6	3,5	2,8	4,0	2,9	3,1	0,7	2,2	2,8	0,5	1,1
2006	1,0	0,2	3,8	-0,2	-3,0	-0,7	1,0	1,9	1,9	3,3	0,1	2,0
2007	4,3	3,0	0,9	0,7	2,7	0,3	3,6	3,4	1,1	-0,6	0,0	-2,2
2008	-3,8	-5,7	-5,9	-8,5	-6,3	-3,2	-0,8	-0,8	0,5	-0,3	-0,3	-3,8
2009	-0,9	-3,1	-0,8	0,3	1,6	-0,4	6,3	3,1	6,2	5,1	6,9	4,9
2010	9,7	12,5	11,8	5,8	7,8	6,5	5,7	5,6	7,6	5,1	1,9	1,0
2011	0,4	2,8	0,1	2,0	0,6	3,4	5,4	3,8	3,9	-1,2	-0,4	-2,1
2012	-7,8	-6,6	-1,0	1,6	-0,2	2,0	2,4	3,6	4,7	5,4	4,4	4,9
2013	8,6	1,6	4,3	2,4	1,4	5,2	3,4	3,0	4,6	3,1	2,6	3,1
2014	3,8	1,8	5,0	4,0	4,0	6,4	5,3	2,2	5,3	5,1	4,8	2,9
2015	2,2	4,1	2,3	0,2	6,0	6,4	5,2	6,6	4,7	8,3	4,7	9,8
2016	11,6	13,5	15,8	12,7	9,8	6,5	7,2	7,3	8,5	6,1	7,2	4,8
<i>I_{u_s}-H.S.*</i>	2989,6	2993,1	2984,1	2968,1	2947,3	2932,9	2922,3	2921,6	2926,5	2938,8	2956,0	2974,8

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 10. Anomalias da Energia Estática Seca média do Globo (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,3	1,3	-2,3	0,3	-0,8	1,4	-1,2	-1,5	-1,1	0,7	1,4	3,7
1988	1,2	0,0	2,4	1,3	1,0	0,0	0,2	-0,6	0,9	-0,9	-0,4	-1,6
1989	-5,0	-2,4	-3,7	-2,6	-3,8	-3,0	-3,2	-2,7	-1,2	-1,3	-0,8	0,5
1990	-0,7	0,0	2,4	0,4	1,8	2,2	0,2	-0,2	-1,9	-0,1	1,5	1,3
1991	0,0	1,0	2,6	-0,6	0,6	2,6	0,0	1,6	0,0	-1,2	-1,4	-1,4
1992	-1,7	-2,0	-1,1	-3,2	-3,2	-3,0	-4,9	-5,5	-4,4	-2,8	-3,0	-4,0
1993	-5,8	-5,1	-6,5	-6,0	-4,6	-3,6	-4,4	-5,0	-6,8	-4,3	-4,0	-1,6
1994	-4,3	-5,1	-4,9	-4,4	-4,4	-2,8	-3,8	-3,5	-3,5	-5,4	-2,4	-1,0
1995	-2,0	-2,8	-4,3	-1,8	-3,2	-2,4	-5,2	-1,5	-1,0	-2,7	-2,5	-5,2
1996	-5,7	-3,9	-3,1	-3,8	-4,8	-4,4	-4,7	-3,4	-2,7	-2,8	-2,1	-3,5
1997	-5,1	-3,7	-3,8	-5,9	-4,8	-4,4	-3,3	-2,9	-2,7	-1,7	-1,7	0,0
1998	2,5	4,7	2,6	5,0	3,3	3,8	2,5	2,9	2,6	2,1	-1,0	0,1
1999	-1,8	-0,8	-3,8	-2,6	-3,7	-4,9	-4,3	-4,6	-3,8	-3,7	-4,4	-3,8
2000	-6,9	-3,7	-3,4	-3,6	-3,4	-3,6	-5,7	-5,8	-4,1	-3,6	-3,1	-2,7
2001	-4,0	-1,5	-2,6	-1,2	-1,4	-3,0	-3,3	0,3	-2,0	0,2	0,2	-0,4
2002	0,3	1,7	0,6	0,0	0,1	0,9	0,3	0,5	0,8	-0,5	1,1	0,3
2003	2,0	1,3	0,0	0,2	1,0	-1,0	-1,0	-0,1	0,5	1,8	1,4	2,7
2004	0,9	1,3	2,8	1,0	0,3	-0,7	-3,5	-2,2	-0,8	0,4	-0,3	-0,9
2005	1,6	1,5	1,2	3,3	0,6	1,0	1,1	0,2	2,1	2,9	2,0	0,6
2006	1,0	2,0	1,9	0,3	-0,7	0,8	0,9	0,5	1,0	2,1	0,3	1,1
2007	3,7	1,4	1,3	0,5	0,3	0,3	0,1	1,2	0,2	0,9	0,0	-1,1
2008	-3,1	-1,3	-2,7	-2,6	-4,0	-1,9	-1,9	-2,2	-0,2	0,0	0,2	-0,5
2009	0,0	1,3	0,2	-0,4	-1,1	-1,6	1,7	1,0	3,2	2,4	3,1	1,5
2010	4,5	5,6	6,2	4,6	5,3	4,8	4,2	4,9	4,6	2,7	1,4	0,0
2011	-1,4	-0,5	-2,1	-1,0	-0,1	2,1	1,6	1,4	1,2	-1,2	-1,4	-1,3
2012	-3,7	-2,8	-0,4	1,2	0,4	1,7	0,2	1,1	2,6	2,6	1,8	1,3
2013	4,9	2,5	1,9	1,1	0,8	3,1	1,1	0,7	2,2	2,3	0,6	1,3
2014	1,3	1,1	1,2	1,3	2,1	3,4	2,6	1,2	1,4	3,1	2,8	2,4
2015	2,5	2,0	2,0	1,2	3,3	4,6	2,5	3,8	3,5	5,9	4,2	5,4
2016	6,3	10,4	9,3	8,2	6,3	5,3	4,4	5,6	6,5	5,4	5,6	3,5
<i>I_S-G*</i>	2838,1	2839,7	2841,3	2844,7	2850,2	2856,7	2860,4	2858,5	2851,8	2844,1	2838,16	2837,5

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 11. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Globo (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,4	1,2	-2,9	0,4	0,0	1,7	-1,3	-1,7	-1,0	1,1	2,2	5,3
1988	2,2	-0,4	3,0	2,0	1,5	-0,4	0,4	-0,9	0,7	-1,6	-1,5	-2,5
1989	-6,3	-4,5	-5,4	-4,2	-5,1	-4,5	-4,2	-3,8	-2,3	-2,2	-1,6	0,4
1990	-0,3	-0,6	3,1	0,9	2,8	2,8	0,0	-0,2	-2,0	-0,1	1,7	2,2
1991	0,7	1,0	3,7	-0,3	1,4	3,4	-0,1	1,8	-0,3	-2,3	-2,4	-1,8
1992	-2,3	-3,9	-0,8	-3,7	-3,4	-4,2	-7,2	-7,5	-6,1	-4,2	-4,6	-5,2
1993	-6,5	-6,7	-8,2	-6,9	-4,6	-4,6	-5,3	-6,7	-8,8	-5,2	-4,7	-1,0
1994	-4,9	-6,6	-6,0	-5,4	-4,7	-3,6	-4,7	-4,4	-4,6	-6,6	-3,2	-1,0
1995	-2,4	-4,5	-5,0	-1,6	-2,9	-3,0	-5,9	-1,6	-0,8	-3,4	-3,7	-6,1
1996	-7,2	-5,4	-3,9	-4,8	-5,4	-5,4	-6,3	-5,0	-4,2	-3,5	-3,6	-4,4
1997	-6,4	-5,5	-5,0	-7,4	-5,9	-5,4	-3,1	-3,4	-2,8	-1,3	-1,8	1,0
1998	3,8	5,6	3,9	7,4	5,2	4,7	4,1	4,4	3,5	3,0	-1,6	0,3
1999	-2,4	-2,0	-4,4	-3,3	-4,7	-6,6	-5,0	-5,7	-4,8	-4,3	-5,8	-4,6
2000	-8,3	-5,4	-4,7	-4,0	-3,8	-4,7	-7,3	-7,2	-5,3	-3,7	-4,0	-3,0
2001	-4,8	-2,7	-3,2	-1,3	-1,3	-4,2	-3,6	0,4	-2,2	0,1	0,0	-0,3
2002	-0,1	1,0	0,6	-0,1	0,0	0,4	0,4	0,3	0,4	-0,7	0,6	0,9
2003	2,3	0,8	-0,5	0,1	0,9	-2,0	-1,4	-0,3	0,1	1,7	1,3	3,2
2004	1,0	0,4	2,7	0,9	-0,2	-2,1	-4,7	-3,0	-2,0	-0,1	-0,8	-0,9
2005	2,0	1,4	1,6	4,3	1,2	1,8	1,4	0,4	2,8	3,8	1,9	0,8
2006	1,4	2,3	1,9	0,4	-0,5	0,9	2,0	0,9	1,8	3,9	0,6	2,6
2007	5,5	1,2	2,1	1,6	2,0	0,8	0,7	1,9	0,9	1,4	-0,1	-1,1
2008	-3,0	-2,6	-3,5	-3,4	-4,5	-2,4	-2,4	-2,7	-0,2	0,7	0,5	-0,2
2009	0,2	1,0	0,4	-0,2	-0,9	-1,6	2,4	1,9	5,4	3,5	4,0	2,5
2010	5,8	6,7	8,4	7,4	8,3	6,7	6,3	6,6	6,2	3,8	1,1	-0,3
2011	-1,6	-1,6	-2,3	-1,0	0,8	2,8	2,4	1,9	2,0	-1,1	-1,8	-0,8
2012	-4,2	-3,9	-0,8	1,7	1,0	2,3	1,4	1,2	3,4	3,6	2,3	1,8
2013	6,2	2,3	3,1	1,9	2,1	4,2	2,0	0,7	2,9	2,9	0,4	1,9
2014	1,7	0,4	1,2	2,5	3,4	4,9	4,0	2,1	2,2	4,2	3,4	3,7
2015	3,2	1,4	2,7	1,6	4,6	6,0	4,1	5,2	5,4	8,4	6,3	8,3
2016	8,8	12,8	13,0	11,5	9,5	7,2	6,4	7,4	8,8	6,8	6,6	5,1
<i>Iu-G*</i>	2896,5	2898,7	2900,2	2904,2	2911,1	2919,7	2925,9	2923,3	2913,4	2902,9	2896,6	2894,9

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 12. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Globo (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,0	0,4	-4,2	0,0	-1,5	1,0	-0,7	-2,7	-1,8	-0,1	2,3	5,5
1988	2,8	-0,2	3,2	1,2	1,2	-1,1	0,4	-2,1	-0,3	-3,5	-2,9	-4,5
1989	-7,8	-6,2	-7,8	-5,4	-6,4	-6,0	-5,0	-5,9	-3,6	-4,2	-2,6	-0,9
1990	-1,7	-2,1	1,5	-0,6	1,8	1,9	-0,8	-1,4	-3,9	-1,1	2,0	1,3
1991	-0,1	0,2	2,7	-1,5	0,5	3,2	-0,1	0,5	-1,6	-4,7	-3,9	-3,6
1992	-4,0	-4,9	-3,2	-5,5	-5,7	-5,9	-8,5	-10,4	-8,7	-6,7	-7,5	-7,8
1993	-9,5	-10,5	-10,8	-9,3	-7,3	-5,9	-6,3	-9,1	-11,3	-7,8	-6,4	-2,4
1994	-5,8	-8,4	-7,9	-7,4	-6,5	-5,0	-5,3	-6,4	-6,4	-9,5	-4,5	-1,7
1995	-2,9	-5,1	-6,8	-3,5	-4,7	-3,3	-6,2	-2,2	-2,2	-4,9	-4,4	-7,9
1996	-7,9	-6,5	-5,5	-6,7	-6,9	-7,4	-6,4	-6,7	-5,4	-5,9	-4,7	-5,8
1997	-8,0	-6,5	-6,2	-9,3	-7,1	-6,6	-3,1	-4,2	-3,5	-3,2	-2,2	1,6
1998	5,6	8,1	4,6	8,5	6,5	6,0	5,0	4,3	3,3	2,6	-1,5	0,3
1999	-2,4	-2,0	-5,8	-4,4	-5,4	-7,6	-5,8	-7,2	-6,1	-6,6	-7,2	-6,1
2000	-9,7	-6,5	-5,8	-5,2	-4,7	-6,1	-7,6	-8,7	-6,6	-6,5	-5,2	-3,5
2001	-5,0	-2,7	-3,8	-1,5	-1,3	-4,4	-3,4	0,8	-2,7	0,1	0,2	0,0
2002	0,4	2,1	1,1	0,0	0,8	1,3	2,2	-0,1	0,4	-1,7	1,4	1,0
2003	3,5	1,8	-0,2	0,4	2,3	-1,6	0,1	0,0	0,9	2,2	1,9	3,5
2004	1,6	1,3	4,2	1,2	0,2	-1,9	-4,4	-3,1	-1,3	0,3	-0,4	-0,4
2005	3,0	2,7	2,4	5,4	1,7	2,1	3,7	0,8	3,7	3,6	2,7	1,2
2006	2,1	2,9	2,3	0,7	-0,6	1,6	3,1	2,0	2,0	3,6	1,2	3,0
2007	6,5	2,4	2,2	1,4	1,8	1,1	2,2	2,3	1,1	0,8	-0,2	-1,5
2008	-3,7	-3,2	-3,9	-3,9	-5,4	-2,4	-1,0	-2,5	0,4	0,3	0,7	0,0
2009	0,7	1,3	0,1	0,3	-0,7	-1,7	4,1	2,5	5,7	3,5	5,0	3,5
2010	8,3	9,3	10,4	8,1	9,3	8,3	8,1	7,6	6,4	3,1	1,6	-0,4
2011	-1,8	-1,5	-3,4	-1,7	-0,2	3,2	3,5	2,3	2,2	-2,0	-1,7	-0,9
2012	-4,8	-5,0	-1,2	1,4	1,6	2,9	2,6	2,4	4,1	3,5	2,8	2,7
2013	7,7	3,3	3,8	2,5	2,3	5,3	3,2	1,4	3,6	2,8	0,7	2,2
2014	2,8	1,5	1,7	2,7	4,1	6,2	5,8	2,5	2,8	4,6	4,3	4,5
2015	4,4	3,1	3,1	2,5	6,4	7,7	6,3	7,2	7,1	10,1	7,9	10,3
2016	11,8	16,8	15,4	14,1	11,0	9,4	9,3	9,5	10,1	7,9	8,3	6,1
<i>I_s-G*</i>	2941,2	2944,2	2947,3	2952,4	2960,6	2970,6	2976,7	2974,8	2963,2	2950,9	2941,8	2939,6

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 13. Anomalias da Energia Estática Seca média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	1,9	1,2	-0,6	3,1	0,3	5,0	1,3	1,2	5,6	4,3	6,8	8,4
1988	4,8	0,4	5,3	2,1	3,1	0,1	0,0	-2,5	-2,2	-3,6	-1,2	-5,8
1989	-6,7	-5,6	-10,1	-7,2	-4,4	-3,9	-2,9	-3,9	-5,4	-0,7	-0,8	-0,3
1990	-2,5	-0,9	1,2	0,6	1,3	2,4	-0,1	-0,1	-2,0	0,3	0,3	0,5
1991	1,8	3,2	0,3	-0,5	1,1	4,1	1,5	1,3	-0,8	-5,8	-2,5	-2,2
1992	-2,1	-0,2	0,4	0,4	-3,6	-2,8	-2,7	-2,8	-6,6	-3,6	-6,8	-4,1
1993	-2,8	-4,8	-3,8	-3,1	-2,0	-0,1	-1,2	-3,0	-4,9	-1,8	-2,1	0,4
1994	-2,6	-4,0	-3,6	-2,9	-2,6	-3,3	-3,4	-3,9	-1,7	-5,3	-2,3	0,2
1995	1,9	0,2	-1,2	-1,2	-0,9	0,8	-4,4	-1,7	1,4	-3,3	-2,0	-1,4
1996	-7,6	-5,1	-3,4	-4,4	-2,0	-2,2	-3,2	-6,5	-5,3	-4,7	-6,7	-5,2
1997	-4,1	-5,4	-4,4	-3,1	-3,8	-4,3	1,7	1,6	1,3	3,0	4,2	6,2
1998	9,1	16,8	10,4	13,6	11,8	6,1	1,9	0,5	2,1	3,4	-0,3	-0,3
1999	-3,8	-3,0	-7,8	-3,5	-6,3	-6,8	-5,1	-5,2	-7,8	-5,0	-4,1	-5,0
2000	-6,9	-5,2	-8,8	-6,6	-4,5	-5,8	-8,8	-6,4	-7,9	-3,9	-5,4	-2,4
2001	-4,5	-5,7	-3,3	-1,9	-1,5	-5,7	-5,2	0,6	-4,7	0,0	1,1	-0,3
2002	0,4	3,6	1,0	-2,7	0,4	-0,1	2,7	-1,3	-0,7	-3,2	1,7	4,7
2003	7,3	3,8	1,0	2,8	0,9	-2,2	0,4	0,0	0,2	0,2	0,9	2,3
2004	3,0	3,0	2,4	1,6	2,3	-0,9	-5,9	0,5	-2,9	-0,6	1,8	1,8
2005	2,9	5,8	7,1	6,1	0,0	1,0	3,5	0,9	2,7	1,0	0,6	-2,5
2006	0,0	2,6	0,5	-2,7	-0,6	-1,2	1,7	-0,2	0,5	2,9	0,3	6,3
2007	7,8	3,7	-0,3	1,8	1,9	0,3	-0,3	-2,5	-0,6	-3,8	-2,8	-2,9
2008	-3,5	-2,5	-6,9	-7,8	-6,2	-3,7	-2,7	-5,2	-0,2	1,9	2,4	-1,1
2009	0,1	-2,2	-2,0	1,6	-1,9	0,3	2,6	1,9	5,8	1,8	2,3	2,4
2010	5,5	10,4	10,4	10,5	9,9	8,8	3,7	4,0	0,4	2,3	-0,7	-4,3
2011	-5,0	-3,1	-3,2	-3,3	0,1	1,4	-1,5	0,1	2,8	-3,1	-1,3	0,4
2012	-2,1	-7,0	-2,2	-1,8	-1,4	-1,1	-0,7	1,2	2,1	0,1	2,0	-0,4
2013	6,8	1,4	5,6	4,1	3,4	1,4	0,0	-1,4	0,8	0,4	-3,9	0,9
2014	-0,3	-2,0	1,2	2,2	3,0	5,8	6,0	0,5	1,4	1,2	3,8	1,9
2015	3,1	1,8	3,2	3,6	5,0	6,4	6,8	6,6	8,1	10,5	8,1	11,3
2016	13,0	12,9	18,4	14,0	14,2	9,9	7,6	6,3	6,9	5,3	6,2	4,1
Is-NNEB	2967,3	2968,9	2971,0	2973,6	2976,3	2976,0	2974,0	2974,5	2972,8	2970,6	2967,7	2967,3

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 14. Anomalias da Energia Estática Úmida média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	-0,1	-0,4	0,5	5,8	-0,5	7,3	10,4	6,9	11,4	7,9	11,1	14,5
1988	7,7	2,9	9,6	8,3	6,9	2,7	6,3	0,8	0,5	0,0	3,1	-2,5
1989	-10,5	-9,8	-14,1	-5,9	-0,5	-0,1	2,1	3,8	-3,0	1,6	4,6	10,6
1990	-1,6	0,0	1,8	3,1	5,6	8,8	3,7	8,3	5,6	6,1	3,5	4,5
1991	6,9	4,4	6,7	-0,5	8,2	14,7	9,5	5,3	6,3	-8,7	-1,2	-1,8
1992	2,6	2,4	5,6	1,4	-5,1	-4,6	-3,3	-2,9	-4,4	-5,6	-8,6	-2,6
1993	-7,5	-6,8	-7,4	-4,8	-0,7	1,6	-1,2	2,7	-2,5	4,5	3,1	7,1
1994	0,6	-5,4	-5,1	-2,5	2,6	-0,1	-0,5	-2,5	2,2	-5,3	-1,2	6,5
1995	3,4	-0,2	-2,8	4,5	5,9	6,5	2,8	0,6	4,9	-2,2	1,5	-3,0
1996	-10,8	-8,9	-2,8	-2,4	-0,2	1,4	-0,8	0,7	-2,5	-2,8	-3,5	-9,1
1997	-6,4	-12,8	-3,5	-9,9	-9,8	-11,1	-4,0	-2,1	-5,1	-1,5	2,6	5,4
1998	12,3	19,1	12,6	18,5	16,2	6,4	2,5	0,3	1,9	3,4	-3,2	-6,2
1999	-7,2	-4,1	-8,8	-6,9	-3,2	-7,8	-6,8	-5,8	-6,5	-8,5	-6,9	-3,9
2000	-10,2	-9,4	-12,6	-7,6	-6,4	-7,5	-7,5	-7,2	-6,2	-5,6	-7,5	-2,7
2001	-8,3	-11,7	-7,2	-4,3	-5,2	-6,4	-4,2	-0,4	-6,0	-0,8	-2,0	1,4
2002	1,2	0,0	-2,7	-3,9	-1,0	-2,8	1,2	-5,4	-4,6	-5,8	-3,4	4,8
2003	4,4	5,3	2,5	0,6	-2,2	-8,6	-6,1	-2,6	-1,7	-0,3	-0,2	-0,9
2004	12,1	6,7	3,0	-2,4	-1,8	-6,4	-10,0	-2,1	-6,5	-3,0	-4,7	-3,1
2005	0,0	6,9	8,4	7,2	-1,4	-1,1	-2,0	-1,9	-0,5	0,3	0,2	1,3
2006	-1,1	2,1	-1,4	-0,1	0,3	-0,4	1,2	-3,8	0,0	7,1	1,5	5,3
2007	6,7	4,4	0,2	3,4	4,0	-4,9	-2,7	-3,2	0,0	-3,7	-3,1	-2,9
2008	-2,2	-5,3	-3,9	-5,4	-3,0	-3,3	-3,2	-4,2	1,2	2,3	3,0	-1,7
2009	0,7	1,4	-0,3	8,0	5,2	4,6	4,5	4,3	7,5	1,0	-1,6	5,0
2010	5,4	11,2	8,8	16,9	14,5	8,8	12,3	2,6	-4,2	0,4	-2,1	-4,0
2011	-1,8	-0,1	-1,2	0,2	8,5	0,5	-1,8	-2,3	1,1	0,0	0,9	-4,7
2012	-2,6	-7,9	-4,2	-6,2	-5,9	-4,2	-3,6	-0,6	-1,0	-2,9	0,6	-2,6
2013	11,1	1,4	7,4	3,6	6,3	0,1	0,5	0,5	1,4	0,8	-0,7	1,1
2014	-2,3	-0,4	3,4	3,6	8,2	8,6	9,2	0,8	2,7	6,6	0,6	0,8
2015	-2,0	0,8	4,2	-1,4	5,7	6,4	11,1	4,4	3,4	8,2	2,2	8,8
2016	21,5	10,7	27,5	18,9	14,0	5,9	2,8	4,7	9,4	5,3	7,5	5,8
Iu-NNEB	3071,0	3075,2	3078,7	3083,3	3082,4	3075,7	3063,9	3060,3	3060,9	3063,2	3066,5	3068,4

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas

Tabela 15. Anomalias da Energia Estática Saturada média do Norte e do Nordeste do Brasil (10^3 kJ/m²).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1987	0,0	-0,1	-0,1	3,0	1,4	6,2	4,1	3,0	7,1	7,4	9,3	10,8
1988	6,2	3,2	7,4	2,0	3,2	-1,2	-5,5	-2,8	-6,1	-6,5	-4,9	-11,2
1989	-12,6	-11,6	-17,3	-13,3	-10,8	-8,1	-9,6	-8,3	-10,4	-8,0	-3,5	-6,3
1990	-7,1	-3,0	-0,3	0,2	0,0	1,6	-4,2	-4,8	-8,5	-2,8	-3,0	-2,3
1991	0,9	3,4	-0,8	-4,5	0,7	5,2	-3,2	-3,7	-6,6	-16,6	-8,0	-6,1
1992	-4,0	-3,1	-2,5	-0,2	-6,8	-7,9	-12,2	-9,6	-15,7	-11,5	-14,6	-11,1
1993	-9,5	-10,0	-10,3	-6,4	-4,6	-3,3	-5,8	-8,2	-10,7	-6,4	-4,7	-1,0
1994	-4,4	-7,9	-8,3	-8,1	-6,5	-7,3	-9,8	-7,3	-7,0	-11,1	-7,0	-2,5
1995	1,0	-1,7	-0,7	-0,5	-1,2	2,5	-7,1	-1,3	-1,9	-6,3	-6,0	-4,7
1996	-9,8	-6,3	-4,0	-7,9	-2,9	-4,7	-7,5	-10,8	-10,1	-9,4	-10,9	-9,7
1997	-5,1	-10,1	-5,4	-6,3	-8,4	-4,3	0,7	1,2	4,1	8,2	7,8	10,2
1998	18,1	30,8	21,1	27,6	20,4	9,9	3,6	3,9	4,1	5,0	0,9	-0,5
1999	-3,3	-2,2	-9,9	-6,7	-10,7	-7,1	-9,2	-7,6	-12,4	-10,3	-6,8	-7,8
2000	-7,9	-8,9	-12,5	-11,1	-6,5	-8,5	-13,8	-9,4	-14,5	-9,9	-9,3	-7,5
2001	-10,8	-9,1	-6,1	-5,2	-1,4	-10,4	-9,4	-1,2	-8,2	0,5	2,0	0,5
2002	-0,3	6,4	1,3	-4,8	0,1	-1,9	2,3	-2,3	-2,9	-6,2	-0,9	4,3
2003	10,8	5,5	1,4	3,3	1,6	-1,3	-0,8	-0,2	0,0	0,1	1,2	2,1
2004	6,9	3,9	3,4	2,6	3,7	-4,7	-10,6	0,2	-4,4	0,0	3,3	2,9
2005	8,8	14,7	12,8	11,5	1,9	5,0	4,9	3,9	5,4	1,5	2,7	-3,8
2006	3,6	7,6	1,8	-3,0	-1,3	-1,0	2,9	4,3	2,1	8,0	1,9	9,6
2007	16,0	7,6	1,4	4,6	6,6	4,3	3,1	0,8	-0,1	-3,0	-2,3	-3,6
2008	-2,5	-1,3	-8,5	-8,2	-5,6	-1,2	-2,3	-0,8	1,8	4,6	6,9	1,0
2009	2,9	0,3	1,4	3,6	-0,4	4,4	5,9	7,4	10,5	5,7	6,5	5,5
2010	12,2	25,6	24,1	23,1	24,3	20,3	9,9	12,4	5,7	9,3	3,3	-2,6
2011	-2,4	-0,6	0,2	-2,1	5,9	8,3	1,1	5,6	6,3	-0,7	-1,3	1,4
2012	-2,5	-9,0	-2,3	0,9	-0,4	1,0	1,2	2,7	2,4	2,4	5,6	1,4
2013	13,8	7,2	13,0	8,2	8,8	7,4	2,1	3,1	2,1	0,5	-5,5	1,4
2014	0,1	0,2	3,9	4,9	8,5	14,1	8,3	3,0	2,4	1,5	6,3	1,9
2015	3,8	4,8	6,7	7,2	10,4	11,9	12,3	14,9	16,1	18,7	16,3	17,7
2016	23,6	26,0	33,6	26,8	24,8	17,0	16,0	15,3	12,0	12,9	13,5	7,6
<i>I_{u_s}-NNEB</i>	3132,1	3134,6	3139,4	3144,3	3145,6	3140,3	3136,8	3137,1	3138,7	3137,6	3135,0	3134,5

(*) – Valores médios mensais no período de 1987 à 2016.

Azul – Anomalias Negativas

Vermelho – Anomalias positivas