

ATUAÇÃO DO RELEVO E DO CLIMA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DOS INHAMUNS, CEARÁ, BRASIL

Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo 

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Brasil

pedroitalo@ige.unicamp.br

Jonas Teixeira Nery 

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Brasil

jonas@ourinhos.unesp.br

Atuação do relevo e do clima no núcleo de desertificação dos Inhamuns, Ceará, Brasil (Resumo)

As distintas e individuais características naturais e sociais, que prevalecem em uma determinada área, podem influenciar no desencadeamento do processo de desertificação. Acredita-se que alguns desses elementos apresentam maiores correlações com a gênese do processo, tais como o clima, o relevo e a ação antrópica, e outros com os efeitos desse processo, tais como a vegetação, o solo e os corpos hídricos. Nesse artigo especifica-se a discussão sobre fatores gênese, buscando demonstrar como o relevo e o clima, são configurados como importantes precursores da desertificação no núcleo dos Inhamuns, Ceará, Brasil. Utiliza-se na compreensão do relevo as diferentes orografias e do clima, os dados meteorológicos e dados pluviométricos centenários. A área de estudo, foi delimitada visando realizar comparações, entre áreas desertificadas e não desertificadas, sobre efeitos orográficos. Observa-se com as análises, que o processo de desertificação na área de estudo, pode ser desencadeado pela influência da interação, relevo e clima.

Palavras-Chave: Desertificação; Relevo; Clima; Inhamuns.

Interacción del relieve y del clima en el núcleo de desertificación de Inhamuns, Ceará, Brasil (Resumen)

Las características naturales y sociales distintas e individuales que prevalecen en un área determinada, pueden influir en el desencadenamiento del proceso de desertificación. Se cree que algunos de estos elementos tienen mayores correlaciones con la génesis del proceso, tales como el clima, el relieve y la acción antrópica, y otros con los efectos de este proceso, como la vegetación, el suelo y los cuerpos de agua. Este artículo especifica la discusión sobre los factores de génesis, buscando demostrar cómo el relieve y el clima, se configuran como importantes factores de la desertificación en el núcleo de Inhamuns, Ceará, Brasil. Se usa en la comprensión del relieve de las diferentes orografías y del clima, los datos meteorológicos y los datos de precipitaciones centenarias. Se delimitó el área de estudio con el fin de realizar comparaciones entre áreas desertificadas y no desertificadas, sobre los efectos orográficos. Se observa con los análisis, que el proceso de desertificación en el área de estudio puede ser desencadenado por la influencia de la interacción, el relieve y el clima.

Palabras-clave: Desertificación; Relieve; Clima; Inhamuns.

Recepción: 25 de noviembre de 2021

Aceptación: 1 de junio de 2022



Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional
© Copyright: Pedro Ítalo Carvalho Aderaldo, Jonas Teixeira Nery, 2022

Interacció del relleu i del clima al nucli de desertificació d'Inhamuns, Ceará, Brasil (Resum)

Les característiques naturals i socials distintes i individuals que prevalen en una àrea determinada poden influir en el desencadenament del procés de desertificació. Es creu que alguns d'aquests elements tenen més correlacions amb la gènesi del procés, com ara el clima, el relleu i l'acció antròpica, i d'altres amb els efectes d'aquest procés, com ara la vegetació, el sòl i els cossos d'aigua. Aquest article especifica la discussió sobre els factors de gènesi, buscant demostrar com el relleu i el clima, es configuren com a importants factors de la desertificació al nucli d'Inhamuns, Ceará, Brasil. S'usa en la comprensió del relleu de les diferents orografies, i del clima, les dades meteorològiques i les dades de precipitacions centenàries. L'àrea d'estudi es va delimitar per tal de fer comparacions, entre àrees desertificades i no desertificades, sobre els efectes orogràfics. S'observa amb les anàlisis que el procés de desertificació a l'àrea d'estudi pot ser desencadenat per la influència de la interacció, el relleu i el clima.

Paraules-clau: Desertificació; Relleu; Clima; Inhamuns.

Interaction of relief and climate in the Inhamuns desertification nucleus, Ceará, Brazil (Abstract)

The distinct and individual natural and social characteristics that prevail in a given area can influence the triggering of the desertification process. It is believed that some of these elements present greater correlations with the genesis of the process, such as climate, relief and anthropic action, and others with the effects of this process, such as vegetation, soil and water bodies. In this article, we discuss the genesis factors, trying to demonstrate how the relief and climate, are configured as important precursors of desertification in the Inhamuns nucleus, Ceará, Brazil. It is used in the understanding of the relief the different orographies, and of the climate, the meteorological data and rainfall data centenarians. The study area was delimited in order to make comparisons between desertified and non – desertified areas on orographic effects. It is observed with the analysis that the desertification process in the study area can be triggered by the influence of interaction, relief and climate.

Key-words: Desertification; Relief; Climate; Inhamuns.

Introdução

No Brasil, a temática da desertificação foi introduzida no âmbito acadêmico, com o trabalho intitulado de “O Deserto Brasileiro”. Nesse, indica-se que as áreas desertificadas, são configuradas com marcas de degradação na cobertura vegetal e do solo, o qual alcançaram patamares de irreversibilidade e podem ser identificadas como pequenos desertos¹. A existência de fatores que intensificam o processo de desertificação no Nordeste do Brasil, podem ser observadas em algumas referências², os quais, são representados principalmente pela ação antrópica, através do uso abusivo e desordenado da natureza, extrativismo vegetal causando à erosão danosa do espaço, técnicas de desenvolvimento regionais imediatista sem práticas sustentáveis, concentrações populacionais superiores à capacidade de suporte do ambiente, práticas agrícolas inadequadas e queimadas.

Ao se basear no conceito oficial da Organização das Nações Unidas - ONU, que a desertificação é o processo de degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas, resultantes de vários fatores, entre eles a variação climática e as atividades humanas, observa-se a indicação

¹ Vasconcelos Sobrinho, 1974.

² Sampaio e Sampaio, 2002; Botelho, 2004; Rodrigues, 2004; Vasconcelos Sobrinho, 2004; Secretaria dos Recursos Hídricos – CEARÁ, 2010. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

de imprecisão nos fatores atribuídos ao processo, tendo em vista a evidência da frase: “[...] resultantes de vários fatores [...]”³.

Acredita-se que os fatores, nos quais, irão proporcionar ou justificar a desertificação, são indicados, a partir de uma específica análise da área, dado que, as particularidades socioambientais, irão variar nas distintas posições geográficas, em que se encontram tal processo. Ao especificar esse entendimento sobre a área de estudo, localizada no núcleo dos Inhamuns, Ceará - Brasil, nota-se que, os fatores atribuídos a presente desertificação⁴, são representados primordialmente pela ação antrópica e pelo clima⁵.

Ao se debruçar apenas sobre os fatores naturais da área de estudo que, possivelmente estariam potencializando o processo de desertificação, percebe-se destaque no fator relevo, uma vez que este apresenta oscilações altimétricas, nas quais podem se relacionar com o clima, proporcionando efeitos orográficos e conseqüentemente, maiores ou menores totais pluviométricos. A relevância dessa interação entre clima e relevo, no processo de desertificação é o motivo desta pesquisa por: o total pluviométrico, de acordo com Brasil⁶, ser um importante critério na delimitação de áreas desertificadas; serem visualizadas na área de estudo, porções a sotavento desertificadas e de porções a barlavento não desertificadas; ser considerado o fator relevo nas discussões, ainda pouco apontado como relevante no processo de desertificação no núcleo dos Inhamuns.

O clima local é identificado como tropical zona equatorial⁷, é marcado por chuvas em poucos meses do ano, torrenciais, mal distribuídas e com seus totais sobre interferências de sistemas de ENOS, de dipolo do Atlântico do Sul e de Oscilação Madden-Julian⁸. Essas características pluviométricas podem ser intensificadas ou minimizadas, ao interagirem com os relevos locais mais elevados, representado principalmente pelo maciço residual de Pedra Branca. Para as populações que habitam a área em questão, com elevados índices de temperaturas anuais, qualquer diferenciação entre os totais pluviométricos, tem reflexo em uma maior ou menor produtividade agropecuária e disponibilidade hídrica.

A compreensão das chuvas locais, também pode se associar a esclarecimentos sobre a recuperação da área desertificada em questão, já que as porções desertificadas a sotavento do maciço residual de Pedra Branca recebem menores totais pluviométricos, quando comparadas às porções não desertificadas a barlavento, apresentando assim, maiores níveis de aridez ou de ressecamento e menores susceptibilidades ao processo de recuperação natural. Seriam ideais que as práticas na porção a sotavento fossem primordialmente sustentáveis e adequadas ao regime pluviométrico, contudo o que se identifica, são significadas marcas de degradação, com solos expostos e/ou compactados, afloramentos rochosos, queimadas e desmatamentos, que contribuem para perpetuação da desertificação.

³ Ministério do Meio Ambiente – BRASIL, 2021. Disponíveis em <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>> e <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap12.pdf>.

⁴ Secretaria dos Recursos Hídricos – CEARÁ, 2010. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

⁵ Conti, 1995; Ab’Saber, 1977.

⁶ Secretaria dos Recursos Hídricos, BRASIL, 2004. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>.

⁷ IBGE, 1978.

⁸ Cavalcanti, 2009.

Objetiva-se nesse artigo, aprofundar o entendimento da relação clima e relevo no processo de desertificação no núcleo dos Inhamuns, a partir da orografia e da pluviometria presentes. Para isso, abordam-se introdutórias compreensões sobre a desertificação e os efeitos orográficos, embasam-se entendimentos do relevo e do clima a partir das respectivas análises de dados hipsométricos, de declividade e meteorológico, e ao final, tenta-se inter-relacionar no processo de desertificação, o clima e o relevo, representados neste artigo pela pluviometria e orografia.

Material e Método

Antes de adentrar de fato nos passos metodológicos, esclarece-se que a compreensão da desertificação, se envolve por um conjunto de questões complexas. Como o método sistêmico proporciona o entendimento a partir de uma visão holística e integradora sobre os elementos constituintes, embasa-se as discussões do tema da desertificação a partir do método sistêmico, mostrando-se satisfatório⁹. Destaca-se que esse método, se baseia na Teoria Geral dos Sistemas - TGS e pode ser definido como conjunto de objetos, organizados para executar uma função particular¹⁰. Seu objetivo pode ser representado, por analisar a natureza dos sistemas e as inter-relações das suas partes e componentes, bem como destas com o todo¹¹. Além disso, de acordo com a perspectiva sistêmica, a relação sociedade x natureza pode ser representada da seguinte forma: são sistemas com organização, dinâmica de funcionamento e especificidades próprias de cada um, mas que, ao se inter-relacionarem, formam um sistema de maior nível hierárquico. Observando-se assim que as partes podem ser entendidas a partir de um todo maior¹².

Área de Estudo

A área de estudo foi delimitada objetivando respostas sobre a interação do relevo com o clima, no contexto da desertificação. Para tal, foram escolhidos os municípios que se localizam o núcleo de desertificação denominado de Inhamuns e o maciço residual de Pedra Branca, bem como, alguns municípios adjacentes, todos localizado no estado do Ceará, Brasil. As equiparáveis distâncias entre sotavento e barlavento do maciço de Pedra Branca, no qual permitiu a comparação, foi também um dos critérios de delimitação.

A área de estudo, a partir desses critérios, foi composta pelas junções dos seguintes municípios, Tamboril, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem, Madalena, Quixeramobim, Milhã, Senador Pompeu, Pedra Branca, Mombaça, Piquet Carneiro, Dep. Irapuã Pinheiro, Acopiara, Iguatu, Jucás, Saboeiro, Catarina, Arneiroz, Aiuaba, Parambu, Tauá, Quiterianópolis, Novo Oriente, Independência e Crateús (Figura 1).

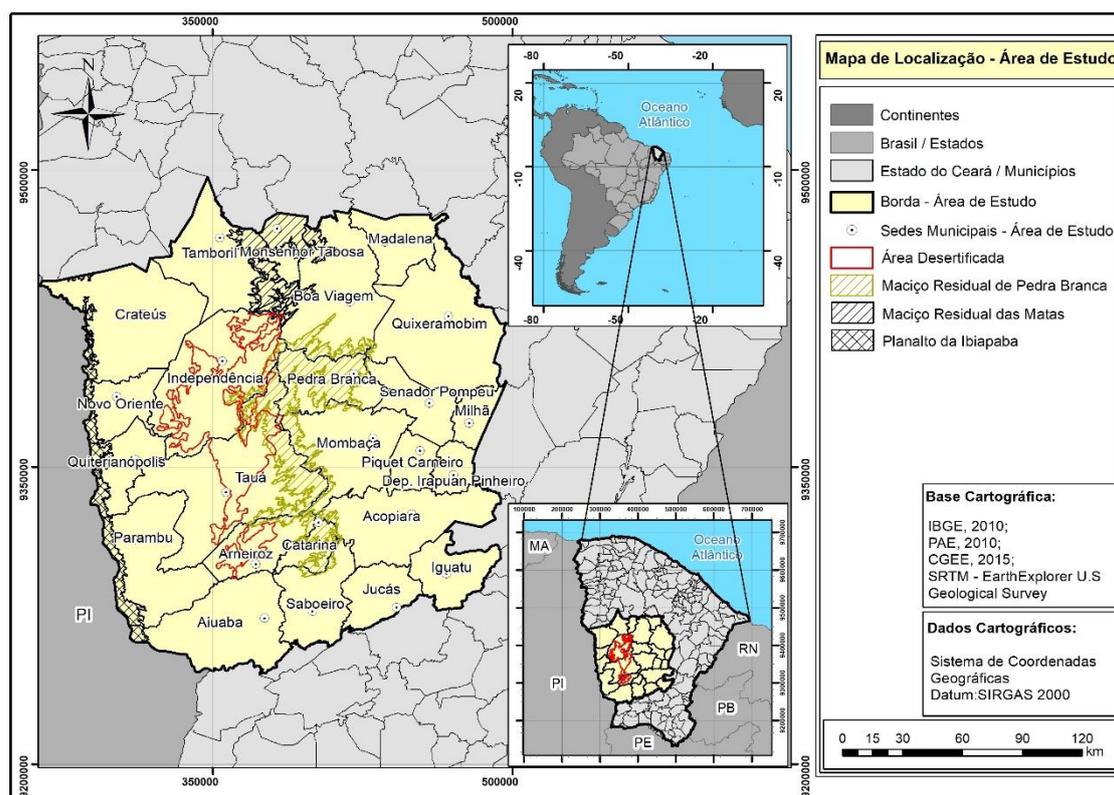
⁹ Bertalanffy, 1975.

¹⁰ Bertalanffy, 1975; Mendonça, 2001.

¹¹ Perez Filho, 2007.

¹² Chistofoletti, 1999.

Figura 1. Mapa de Localização – Área de estudo



Fonte: Elaboração Própria.

Hipsometria e Declividade

Utilizou-se durante a realização dos mapas as imagens *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*, com resolução espacial de 30 metros, retiradas no *site Earth Explorer - U.S Geological Survey* e aplicadas no *software ArcGis (ESRI)* (Quadros 1 e 2). As classes hipsométricas e de declividade, foram definidas a partir do modelo digital de elevação, retirado das SRTM's. O critério para definição dos intervalos entre classes, baseou-se na melhor representação do maciço de Pedra Branca, buscando também deixar evidente, suas áreas de barlavento e sotavento.

Quadro 1. Nomenclatura das imagens utilizadas

Imagens SRTM			
S05_W040_1ARC_V3	S05_W041_1ARC_V3	S06_W040_1ARC_V3	S06_W041_1ARC_V3
S06_WP42_1ARC_V3	S07_W040_1ARC_V3	S07_W041_1ARC_V3	-

Fonte: EarthExplorer – U.S Geological Survey

Quadro 2. Dados especificando as características das SRTM utilizadas

Especificações do produto	
Projeção	Geográfica
Datum Horizontal	WGS84
Datum Vertical	EGM96 (Earth Gravitational Model 1996)
Unidades verticais	Metros
Resolução especial	1segundo de arco para cobertura global (~30 metros) 3 segundos de arco para cobertura global (~90 metros)
Tamanho Raster	Telhas de 1 grau
Comprimento de onda de banda C	5,6 cm

Fonte: EarthExplorer – U.S Geological Survey.

Dados Meteorológicos

Utilizou-se para a construção dos gráficos, dados de totais anuais de chuvas e médias das temperaturas anuais, provindos de estações meteorológicas - E.M, presentes na área de estudo, tais como, E.M de Crateús, E.M de Tauá, E.M de Quixeramobim e E.M de Iguatu, todas sob domínio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Nessas mesmas estações, com intuito de confirmar a posição de barlavento e sotavento, também foram analisados dados médios de direções dos ventos (Quadro 3).

Quadro 3. E.M. Quixeramobim, Tauá e Iguatu, presentes na área de estudo

Estação Meteorológica – E.M	Latitude	Longitude
Quixeramobim	-5,16	-35,28
Crateús	-5,16	-40,66
Iguatu	-6,36	-39,29
Tauá	-6,00	-40,41

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021, <<https://mapas.inmet.gov.br/>>; <<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>>.

Dados Pluviométricos

Todas as séries pluviométricas utilizadas e que estão espacializadas nas figuras, tiveram seus dados pluviométricos e de localização retirados da Agência Nacional de Águas – ANA, na plataforma HIDROWEB (Figura 2 e Quadro 4). Objetivando possuir uma maior quantidade possível de dados pluviométricos para as análises, adquiriu-se um intervalo centenário, correspondendo aos anos de 1917 a 2016.

Foram utilizadas 12 séries pluviométricas, nas quais apresentaram dados sem falhas e dados com possibilidades de reparos em suas falhas. Essas falhas, eventualmente evidenciadas, foram sanadas pela substituição de dados de pluviômetros vizinhos (Quadro 5).

Para espacialização dos totais médios pluviométricos no mapa, utilizaram-se as médias dos totais de cada pluviômetro, com exclusão de 10 % de *outliers* (pontos extremos) a fim de minimizar erros, em cada série histórica. Após adequação da base pluviométrica, aplicou-se o

método de Krigagem no *software* ArcGis (ESRI), propiciando estimar dados pluviométricos e preencher vazios¹³.

Figura 2. Exemplo de Pluviômetro, modelo Ville de Paris, presente na área de estudo. No caso do especificado, localiza-se em Tauá-CE



Fonte: Acervo do Autor.

Quadro 4. Coordenadas Geográficas dos pluviômetros utilizados na área de estudo

Pluviômetro Oficial	Longitude	Latitude
Crateús	-40 40 00	-05 12 00
Monsenhor Tabosa - DNOCS	-40 04 00	-04 48 00
Cacoci	-40 30 00	-06 25 00
Saboeiro	-39 54 00	-06 32 00
Independência – DNOCS	-40 20 00	-05 23 00
Mombaça – DNOCS	-39 37 00	-05 45 00
Pedra Branca – DNOCS	-39 43 00	-05 27 00
Tauá – FUNCEME	-40 17 00	-06 01 00
Ibicuã	-39 25 00	-05 55 00
Senador Pompeu – ANA	-39 20 54	-05 34 42
Quixeramobim – SUDENE	-39 18 00	-05 12 00
Iguatu – INMET	-39 18 00	-06 22 00

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, 2021,
<<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

¹³Teixeira, 2010. Disponível em <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro_celimar.pdf>.

Quadro 5. Síntese dos pluviômetros utilizados para preenchimento de falhas

Pluviômetro Oficial	Pluviômetro Utilizado - Preenchimento	Período do Preenchimento	Distância entre os Pluviômetros
Crateús	Crateús-Aeroporto	1966-1975	4 km
Monsenhor Tabosa - DNOCS	Monsenhor Tabosa - FUNCEME	1976-2016	2 km
Cacoci	Parambu	1976-2016	30 km
Saboeiro	Malhada	1993-2016	15 km
Independência – DNOCS	Independência – FUNCEME	1976-2016	2 km
Mombaça – DNOCS	Mombaça - FUNCEME	1976-2016	Mesmo Local
Pedra Branca – DNOCS	Pedra Branca – FUNCEME	1976-2016	Mesmo Local
Tauá – FUNCEME	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos
Ibicuã	Piquet Carneiro	1986-2016	11 km
Senador Pompeu – ANA	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos	Dados Perfeitos
Quixeramobim – SUDENE	Quixeramobim – FUNCEME	1986-2016	2 km
Iguatu – INMET	Iguatu – Aeroporto	1966-1975	2 km

Fonte: Elaboração Própria.

Resultados e Discussões

Desertificação e Fatores Orográficos no contexto do Ceará

O diagnóstico de áreas desertificadas, fruto da má relação entre a natureza e a sociedade, são consideradas recentes, contudo, têm-se relatos de algumas paisagens antigas, que se assemelharam a áreas desertificadas, com evidências que se remetem a cerca de 2.600 Antes de Cristo (A.C.), no Mediterrâneo Oriental, quando houve uma grande retirada da madeira nativa, com o propósito de liberar terras para agricultura, construção civil e naval¹⁴.

Dentre outros fatos semelhantes acontecidos, verifica-se que em 1949, a desertificação teve a seu primeiro encaminhamento conceitual, desenvolvido pelo estudioso ambiental Albert Abreuville, a qual foi motivada pelo intenso desmatamento e queimadas de áreas equatoriais em ex-colônias africanas, desencadeando processos erosivos e ressecamento dos solos. No tocante ao rumo de interesse da Ciência Geográfica, sobre o tema da desertificação, averigua-se seu início no Congresso Internacional de Geografia, realizado no Rio de Janeiro em 1956, no qual foram desenvolvidos, por parte da Comunidade Geográfica Internacional, estudos sobre a problemática da desertificação e das terras áridas¹⁵.

Com foco na região semiárida do Brasil, um dos importantes estudos, publicado em 2004, foi o PAN-Brasil. Neste, observa-se discussões sobre áreas suscetíveis à desertificação – ASD e paisagens consideradas como núcleos de desertificação. Além disso, teve como objetivo apoiar o desenvolvimento sustentável nas ASD's, estimulando mudanças no modelo de desenvolvimento em curso, sendo, o combate à pobreza, às desigualdades, preservação e conservação dos recursos naturais, os elementos norteadores dessa mudança¹⁶.

¹⁴ Conti, 1995.

¹⁵ Nascimento, 2006.

^{16, 17} Secretaria dos Recursos Hídricos – BRASIL, 2004. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>.

No PAN-Brasil deixa-se clara a importância da pluviometria no contexto da desertificação, bem como, apresenta dados de índices de aridez – IA no semiárido. A aplicação do IA quando associada à desertificação, correlaciona-se com o ressecamento ambiental, podendo proporcionar consequentes perdas nas colheitas e na pecuária, diminuição do acúmulo hídrico superficial e subterrâneo, desencadeamento da fome, dentre outros¹⁷.

Além da construção do PAN-BRASIL, em 2008, consolida-se a relevância da desertificação no Brasil, por meio da criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação - CNCD, instaurada no Decreto Presidencial de 21 de julho de 2008, presidida pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA. Com sua criação a CNCD, órgão colegiado de caráter consultivo e deliberativo, teve como dentre outras competências, avaliar e acompanhar a gestão do combate à desertificação nas áreas suscetíveis, estando sempre em consonância com os acordos firmados na Agenda 21¹⁸.

Em 2010, com a realização do ICID+18 – *International Conference on Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions*, em Fortaleza, especifica-se o tema da desertificação no contexto do estado do Ceará, com a elaboração do estudo intitulado de Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAE-CE¹⁹.

O PAE-CE, importante bibliografia para o desenvolvimento do atual artigo, por apresentar contribuições específicas sobre o núcleo dos Inhamuns, expõe de modo geral, a desertificação também presente nos outros núcleos do Estado, a partir da contextualização da situação social e econômica precária, dos diagnósticos das práticas inadequadas, bem como da caracterização ambiental, com realce para as condições climáticas vigentes²⁰.

No cenário científico, há diversidade na abordagem sobre a desertificação, sendo visualizado desde sua aparição, distintos conceitos e variação quanto à questão da escala temporal e espacial (Quadro 6)²¹. Constando-se até mesmo diferenças, na forma como os autores de livros didáticos, usados no ensino médio, apresentam e disseminam o conhecimento básico sobre o tema²².

¹⁸ Comissão Nacional de Combate à Desertificação – Brasil, 2008. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Dnn/Dnn11701.htm#:~:text=DNN%2011701&text=DECRETO%20DE%2021%20DE%20JULHO,CNCD%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.&text=VI%20%2D%20promover%20a%20constru%C3%A7%C3%A3o%20de,mitiga%C3%A7%C3%A3o%20dos%20efeitos%20da%20seca>.

^{19, 20} Secretaria dos Recursos Hídricos – CEARÁ, 2010. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

²¹Nascimento, 2006; Mendonça e Danni-oliveira, 2007.

²²Verdum, 2002.

Quadro 6. Critérios, Conceitos, Escalas Temporais e Espaciais, Consequências e Autores, sobre a desertificação

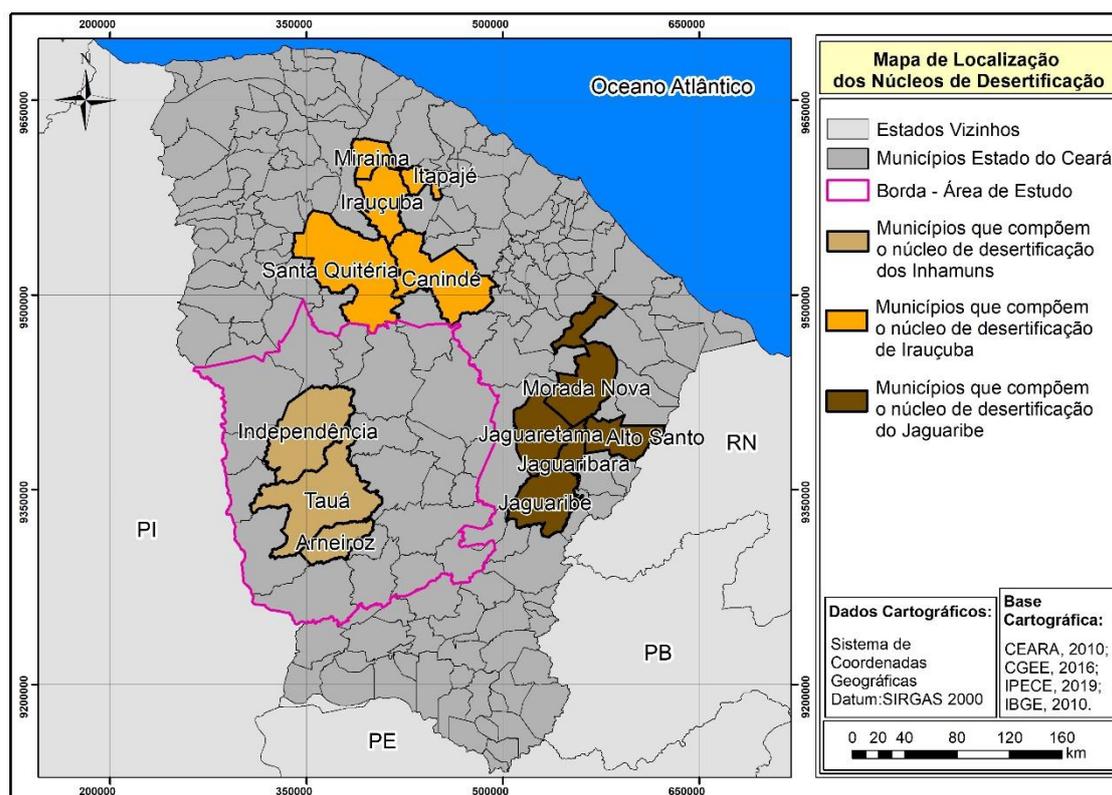
Critérios	Conceitos	Escala temporal e espacial	Consequências	Autores
Antrópico	Degradação da cobertura vegetal para o desenvolvimento de campos cultivados e partiçais.	Humana; ambientes áridos e semiáridos	Degradação ambiental contínua com ressecamento dos solos e decaimento vegetal.	Abreuville (1949)
Antrópico/ Climático	A desertificação é provocada pela ação humana ou por mudanças climáticas.	Humana/ geológica; árido e semiárido.	Difusão das condições de ambientes desérticos nas regiões áridas ou semiáridas	Rapp (1974)
Antrópico	Diminuição e destruição do potencial biológico da Terra.	Tempo presente; áridas, semiáridas e subúmidas secas.	Conduz a um deserto (entendido como ressecamento climático).	Quênia (1977)
Antrópico	Desertificação em geótopos semiáridos, subúmidos secos em seus ecótonos, e a problemática da savanização no Brasil intertropical.	Humana; Nacional; Brasil.	Degradação dos tecidos ecológicos e decréscimo dos fatores de exploração biológica.	Ab' Saber (1977)
Antrópico/ Climático	Processo de deterioração ambiental; mudanças e vicissitudes climáticas e uso inadequado do solo. Havendo mudança climática (global ou regional), o processo tende à desertificação. Não havendo tal mudança e a ação humana sendo decisiva, tende à semidesertificação.	Humana; Domínios subúmidos e semiárido nas regiões quentes do mundo.	Progressiva deficiência de chuvas, mudanças do clima macrorregional, transformação gradativa de áreas florestais em áreas desérticas expressa no ressecamento dos solos.	Nimer (1988)
Antrópico/ Climático	Criação de condições semelhantes às dos desertos; deficiência de água no sistema natural; desertificação climática e ecológica.	Humana; Domínios subúmidos e semiárido nas regiões quentes do mundo	Perda progressiva da produtividade dos ecossistemas	Conti (1989)
Climático/ Antrópico	Degradação das terras secas consequentemente, sobretudo, dos impactos antropogenéticos	Humana; terras áridas, semiáridas e subáridas	Degradação da capacidade bioprodutiva	PNUM A (1991)
Antrópico	Destruição do potencial biológico das terras áridas e semiáridas.	Tempo presente; áridas, semiáridas e subúmidas secas.	Deterioração da vida, interface na frágil relação homem/clima/solo/vegetação.	Rio 92
Antrópico	Queimadas e Desmatamento	Humana/ Espacial: Áreas vizinhas aos desertos ou áreas semi-áridas sertão Nordeste.	Destruição da vegetação original; ação erosiva; diminuição dos Índices pluviométricos; desequilíbrio hídrico; redução da diversidade biológica.	J.William Vesentini (2000)

Fonte: Nascimento, 2006; Verdum, 2002. Adaptado pelos autores.

No estado do Ceará, averigua-se que dos 184 municípios presentes, 115 são classificados como susceptíveis à desertificação e 14 encontram-se compondo 03 distintos núcleos de desertificação²³, denominados de Irauçuba - I, Inhamuns - II e Jaguaribe - III, ilustrados na Figura 3.

²³Secretaria dos Recursos Hídricos, CEARÁ, 2010. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

Figura 3. Núcleos de desertificação presentes no estado do Ceará



Fonte: Elaboração própria; Ceará, 2010 <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

No núcleo dos Inhamuns, de forma geral, identifica-se algumas características naturais, tais como: predominância de litotipos do embasamento cristalino; superfícies de aplainamentos escalonadas em dois níveis; presenças de cristas residuais e campos de inselbergs, solos rasos com horizontes superficiais removidos pela erosão hídrica e com baixa capacidade de retenção de umidade, fácil visualização de afloramentos rochosos; clima semiárido e/ou subúmido seco; rede hidrográfica de padrões dendríticos e/ou subdentrítico, com escoamento intermitente sazonal; elevada presença de plantas caducifólias, cactáceas e outras espécies espinhosas; processos erosivos muito ativos; e fundos de vales preenchidos por materiais sedimentares oriundos de escoamento superficial²⁴.

Ressalta-se também que, as marcas de degradação nesse núcleo desertificado, são motivadas por práticas predatórias, como as queimadas, o extrativismo vegetal e a pecuária extensiva, ao longo de décadas²⁵. As consequências dessas ações degradadoras em conjunto com fatores naturais, são notados em alguns aspectos, como inexistência de potencial agrícola, carência de animais silvestres, marcas de erosão e solos rasos, manto de intemperismo com nítidos pontos

²⁴Secretaria dos Recursos Hídricos – CEARÁ, 2010. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

²⁵Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CCGE, 2016. Disponível em <<https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>>.

de afloramento rochoso, insignificância ou inexistência de corpos hídricos e vegetação caatinga totalmente degradada ou inexistente (Figuras 4 e 5).

Figura 4. Afloramento rochoso com marcas de erosão, solos rasos e inexistência de corpos hídricos e efetiva cobertura vegetal



Fonte: Acervo do Autor.

Figura 5. Manto de intemperismo com pontos de afloramento rochoso e marcas de erosão, bem como, inexistência de corpos hídricos e efetiva cobertura vegetal



Fonte: Acervo do Autor.

Mesmo existindo significativo avanço acadêmico sobre o tema da desertificação, ainda se evidencia lacunas pouco esclarecidas, na medida em que se percebe na gênese do seu processo, insuficientes análises que considerem as disposições dos relevos presentes no Ceará em associação com a atuação pluviométrica, proporcionando situações de barlavento e sotavento.

Essa possibilidade de análise é pertinente, visto a interligação entre as localizações dos relevos de maciços residuais, as posições de sotavento e as áreas desertificadas. Percebe-se que os três núcleos de desertificação presentes no estado do Ceará, estão posicionados em áreas de depressão sertaneja e a sotavento de relevos com níveis altimétricos mais significativos. O núcleo de Irauçuba está a sotavento do maciço residual de Uruburetama, o núcleo do Jaguaribe está a sotavento do maciço residual do Pereiro e da chapada do Apodi e o núcleo dos Inhamuns, localizado na área de estudo, está a sotavento dos maciços residuais de Pedra Branca e das Matas.

A situação orográfica na área de estudo é justificada pela combinação de dois fatores, as disposições dos relevos, que estão predominantemente nas direções N-S e NE-SO, seguindo o padrão da zona de cisalhamento brasileiro, e as direções dos ventos, que atuam predominantemente no sentido E – O.

As chuvas orográficas são ocasionadas em suma, pela elevação do ar úmido e quente, forçado durante sua passagem por relevos com patamares significativamente maiores que o nível de base ao seu entorno. O ar ao se elevar resfria-se adiabaticamente, formando nuvens e podendo produzir chuvas na porção a barlavento. Na porção a sotavento há também possibilidade de chuva, contudo com menores totais. Salienta-se que toda essa situação, por se tratar de uma área próxima da linha do equador, sofre influência dos alísios, em consequência do cavado equatorial²⁶.

A intensificação ou redução das chuvas em áreas respectivamente de barlavento e sotavento, estão relacionadas a algumas características do relevo, tais como posição, comprimento, declividade, largura, altitude e orientação das vertentes, bem como associados a alguns fatores, tais como densidade vegetal, acúmulo hídrico, umidade e diferenciação dos níveis de temperaturas envolvendo a circulação vale-montanha²⁷.

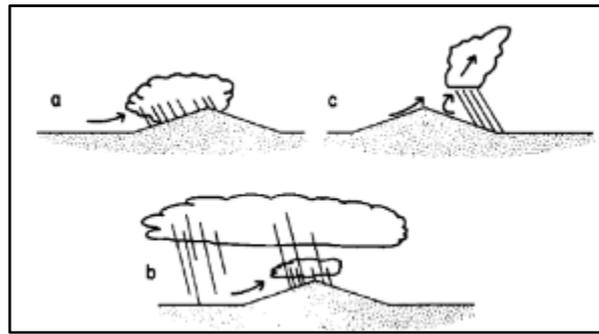
Ao tratar de chuvas orográficas, identifica-se três mecanismos básicos que intensificam esse efeito. O primeiro representado pela autoconversão, configura-se como uma consequência da elevação forçada do ar pela vertente do relevo, podendo em condições favoráveis existir a presença de chuva, sendo esse mecanismo considerado o mais comum. O segundo representado pelo semeador-alimentador, provocado pela ocorrência de nuvens mais altas precipitando sobre nuvens mais baixas. Esse mecanismo com presença de nuvens superiores pode facilitar, na medida em que há aumento da umidade, a criação de nuvem em porções mais abaixo. O terceiro é representado pela convecção disparada, na qual as chuvas têm sua gênese estimulada a partir do calor absorvido durante o dia e pela umidade presente na vegetação. Esse tipo de mecanismo de chuva pode ser disparado a partir da ativação das nuvens do tipo cúmulos (Figura 6)²⁸.

²⁶Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Nery e Carfan, 2013.

²⁷ Milanesi, 2007. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04012008-114406/pt-br.php>>.

²⁸ Smith, 1979. Disponível <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065268708602629#aep-abstract-id5>>.

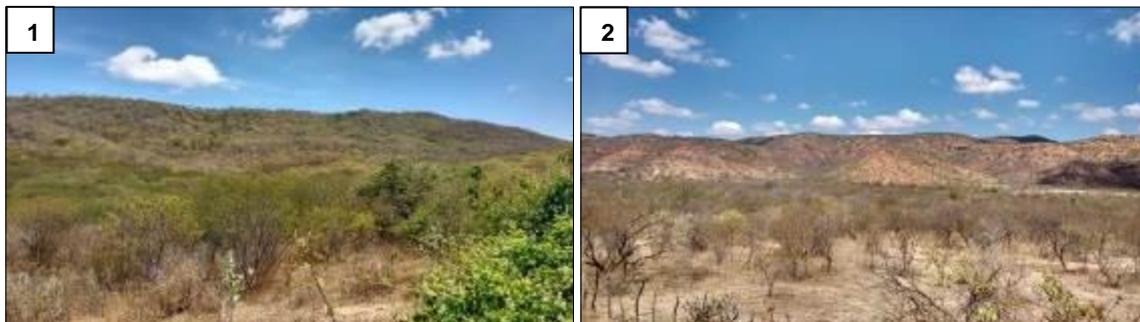
Figura 6. Mecanismo propostos por Smith (1979). (a) – Autoconversão; (b) - Convecção disparada; (c) - Semeador-alimentador



Fonte: Smith, 1979 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065268708602629#aep-abstract-id5>>

Durante atividade de campo, observa-se facilmente os efeitos das chuvas orográficas, a partir dos aspectos vegetacionais. Na área a barlavento por mostrar-se com predisposição a maiores totais pluviométricos, visualiza-se aspectos da caatinga mais verdes e densos, contudo na área a sotavento com predisposição a menores totais pluviométricos, visualiza-se aspecto da caatinga mais seco e espaçado (Figura 7).

Figura 7. 1 - Aspecto da vertente a barlavento, presente no município de Pedra Branca-CE; 2 – Aspecto da vertente a sotavento, presente no município de Pedra Branca-CE. Ambas evidenciadas na data 12 de agosto de 2018

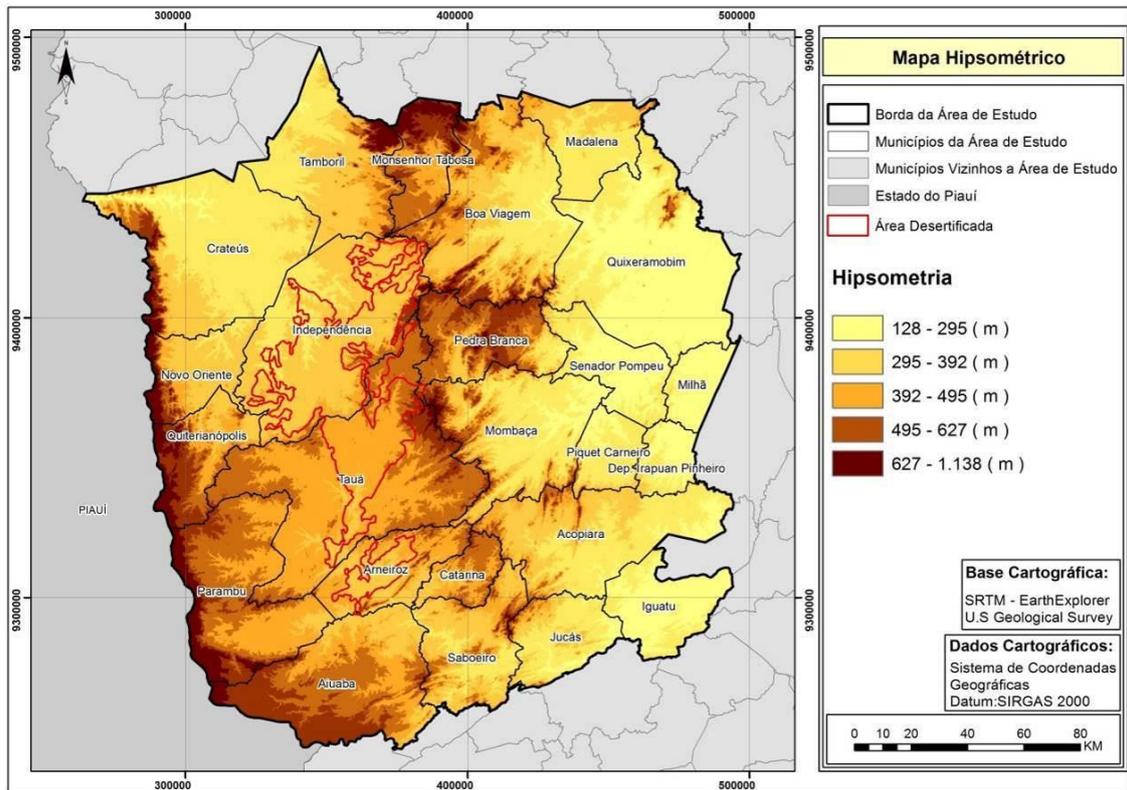


Fonte: Acervo do Autor.

Hipsometria e Declividade

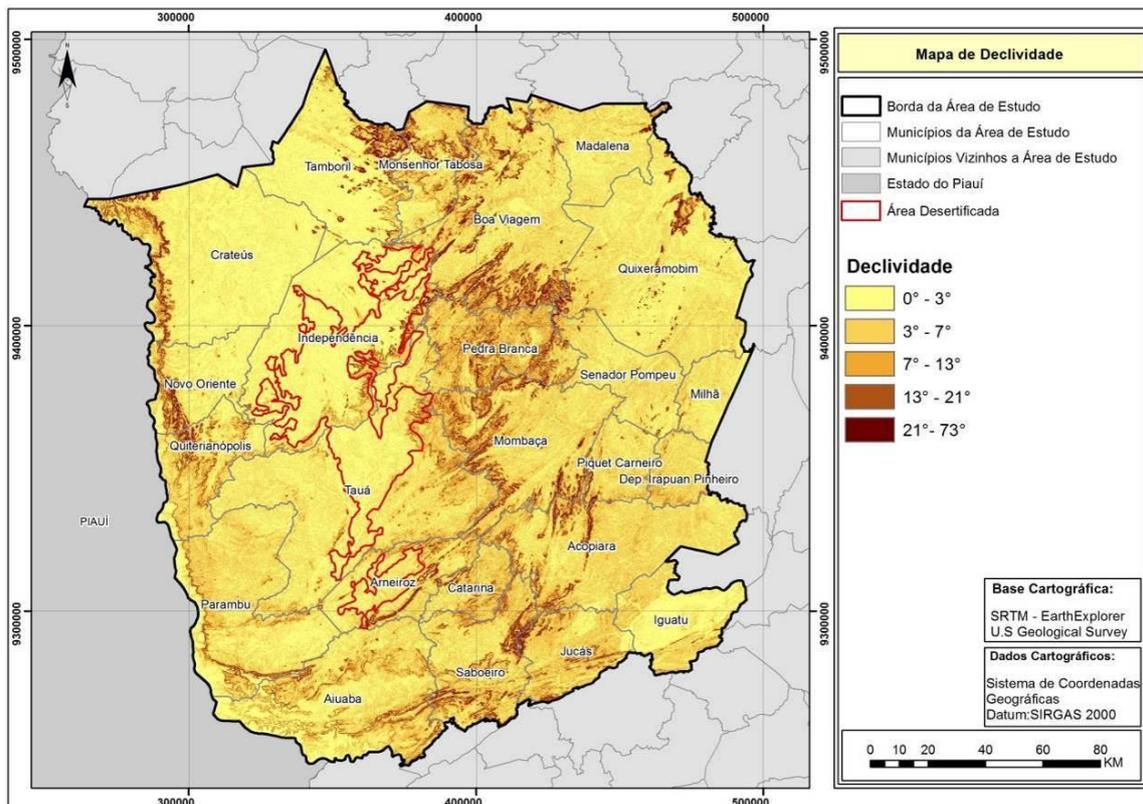
A análise dos diferentes níveis hipsométricos e de declividades, traz clareza na identificação de áreas a barlavento e a sotavento, bem como facilita, a partir das suas visíveis oscilações orográficas, discussões sobre o fator relevo no contexto da desertificação (Figuras 8 e 9).

Figura 8. Mapa Hipsométrico



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 9. Mapa de Declividade



Fonte: Elaboração Própria.

Reconhece-se duas porções, ao verificar as Figuras 8 e 9, a primeira com predominância de baixos níveis altimétricos e de declividades, representada respectivamente por classes entre 128 a 495 metros e de 0 a 13 graus, e a segunda com predominância de altos níveis altimétricos e de declividade, localizada principalmente na porção central e de extremo oeste, sendo representada respectivamente por classes entre 495 e 1138 metros e de 13 a 73 graus. A primeira porção é configurada por áreas de depressão sertaneja e planícies, já a segunda porção é configurada por áreas de cristas, incelbergs, maciços residuais e planaltos, com prevalências de disposições nos sentidos N-S e NE-SO. Essas disposições predominantes possibilitam compreender que, os efeitos de barlavento e sotavento nos maciços residuais são possíveis.

Ao relacionar a altimetria com a declividade identifica-se que: na porção central representada por maciços residuais, mostra-se com maior declividade (13 a 73 graus) quando comparadas as suas áreas de sotavento e barlavento (0 a 13 graus); nas áreas elevadas e isoladas nas depressões sertanejas, com feições alongadas e retilíneas, denominadas de cristas, têm seus lados bem delimitados pela significativa declividade (21 a 73 graus); entre os municípios de Tauá e Independência, tem um pequeno desnível topográfico na depressão sertaneja, caracterizando-se²⁹, como níveis distintos de pediplanos, demonstrados pelas variações de duas classes altimétricas, 295 a 392 metros e 392 a 495 metros (Figuras 8 e 9).

Nota-se que os pontos mais elevados, com 1.138 metros acima do nível do mar posicionam-se em algumas situações, nas porções centrais e predominantemente no extremo oeste, sendo representados pelos Maciços Residuais de Pedra Branca e das Matas e pelo Planalto da Ibiapaba. Já os pontos mais rebaixados, com 128 metros acima do nível do mar, encontram-se nas porções nordeste, leste e sudeste, caracterizando-se pela depressão sertaneja ou superfícies pediplanadas (Figuras 8 e 9).

Verifica-se também a área desertificada dos Inhamuns, em porções com baixas declividades (0° a 13°) e altimetrias (128 a 495 metros), estando a sotavento de superfícies com maiores níveis altimétricos (495 a 1138 metros), representadas primordialmente no caso, pelo maciço residual de Pedra Branca (Figuras 8 e 9).

Principais Sistemas Atmosféricos Produtores de Instabilidade

Os principais sistemas atmosféricos, atuantes na área de estudo são configurados pela zona de convergência intertropical, por vórtices ciclônicos de altos níveis, por distúrbios ondulatórios de leste, por linhas de instabilidade e por complexos convectivos de mesoescala.

A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, mais importante sistema proporcionador de precipitação sobre a área de estudo, caracteriza-se como uma banda de nebulosidade que circunda prioritariamente a faixa equatorial da Terra, tendo sua formação ligada a uma série de variáveis meteorológicas, tais como: a Zona de Confluência dos Alísios - ZCA dos hemisférios Sul - HS e Norte - HN; a área de cavado equatorial ou zona de baixas pressões e a área com elevados níveis na Temperatura da Superfície do Mar - TSM. Ressalta-se que essas variáveis não atuam nas mesmas latitudes, mas sim em proximidade uma das outras³⁰. Verifica-se, quanto ao seu posicionamento, uma oscilação anual a partir do movimento aparente do Sol, estando no HS em torno de 5°S em março e no HN em torno de 10°N em setembro³¹ (Figura 10). Essa

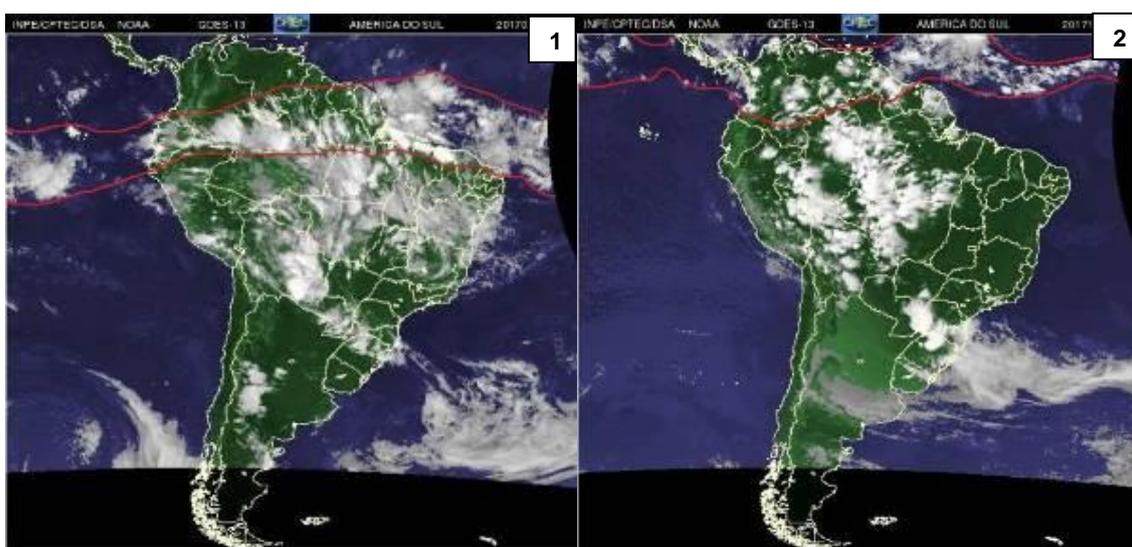
²⁹Souza, 2000.

³⁰Melo, Cavalcanti e Souza, 2009; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, 2014. Disponível em < <http://www.funceme.br/?p=967>>.

³¹Nimer, 1989.

oscilação é explicada por a mesma acompanhar a máxima da TSM, que está diretamente relacionada à linha de máxima temperatura do globo ou linha denominada de Equador Térmico - ET³². A variação anual e a duração de sua atuação entre os hemisférios são as principais características para compreender períodos chuvosos e secos³³.

Figura 10. 1- Destaque em vermelho para ZCIT na porção mais meridional em 15 de fevereiro de 2017 às 22h00min; 2 - Destaque em vermelho para ZCIT na porção mais setentrional em 12 de outubro de 2017 às 21h30min



Fonte: Imagem adaptada do satélite GOES – 13, composição colorida. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021, <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>.

Outro sistema atmosférico representado pelos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCAN's, são caracterizados por centros de pressões relativamente baixos que se originam na troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. Sua formação está associada a um sistema de alta pressão que surge em altos níveis na região da Bolívia, conhecida como a Alta da Bolívia - AB e um cavado sobre o oceano Atlântico Sul. Sua formação também está ligada com menor frequência as intensificações da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, aos aportes de ondas de calor oriundo da África ou da propagação de cavados na alta troposfera provenientes do sudoeste do Saara. Sua atuação se restringe aos meses de dezembro a fevereiro, durando em média de 4 a 11 dias. Seus efeitos pluviométricos são evidentes, principalmente quando se originam sobre o continente, podendo durante o seu ciclo de vida, se deslocar pra leste, oeste ou permanecer estacionado por alguns dias³⁴.

O sistema atmosférico denominado de Distúrbios Ondulatórios de Leste - DOL ou simplesmente Ondas de Leste que atuam sobre o NEB, são definidos como ondulações nos campos de pressão e de vento, imersas nos alísios³⁵. Quando as condições atmosféricas e

³²Uvo, 1989a, b. Disponível em <<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.09.06/doc/6033.pdf>>. Mendonça e Danni-Oliveira, 2007.

³³Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, 2014. Disponível em <<http://www.funceme.br/?p=967>>.

³⁴Ferreira, Ramirez e Gan, 2009.

³⁵Riehl, 1945.

oceânicas são favoráveis, provocam chuvas no interior do estado do Ceará, nos meses de junho a agosto³⁶.

O sistema atmosférico denominado de Linhas de Instabilidade - LI corresponde a um conjunto de nuvens normalmente do tipo cumulonimbus com diversos tamanhos, que se agrupam em linhas ou curvas. Elas se desenvolvem frequentemente na costa da porção nordeste da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente, proporcionando precipitação. São comuns durante a atuação das LI's, quando os ventos aumentam abruptamente e as temperaturas diminuem de modo súbito, ocorrendo pancadas de chuva e granizo, muitas vezes com relâmpagos e trovões. Esse sistema tem maior frequência de atuação na costa nordestina durante os meses de janeiro a maio. Já durante os meses de junho a dezembro, menor frequência ou quase inexistência. Fato explicado e associado aos deslocamentos máximos da ZCIT, nos sentidos norte e sul³⁷.

O último sistema atuante é o Complexo Convectivo de Mesoescala – CCM, que se apresenta como aglomerados de nuvens que se formam devido a condições favoráveis, expressas dentre outras pela temperatura, pressão e relevo³⁸. Esses aglomerados de nuvens têm uma estrutura espessa, com forma circular, com grande crescimento vertical e normalmente acompanhado por rajadas de vento³⁹. Sua formação pode ser resumida em três diferentes etapas. A primeira etapa de formação ocorre no final da tarde e início da noite, quando as primeiras células convectivas se desenvolvem em uma região propícia. As características locais, tais como topografia e fonte localizada de calor podem exercer importantes papéis. A segunda etapa, de estágio maduro, ocorre durante a madrugada, condicionando fortes chuvas. Por fim a terceira etapa, de estágio de dissipação, exibe-se com fluxo de calor e umidade reduzido, ocasionando a dissipação da CCM⁴⁰.

Principais Interferências nos Sistemas Atmosféricos Produtores de Instabilidade

As principais interferências nos sistemas atmosféricos produtores de instabilidade, na área de estudo, são representadas pelos ENOS, pelo dipolo do atlântico sul e pela Oscilação Madden-Julian.

Quanto ao fenômeno do ENOS, este é dividido em duas fases: El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria). O El Niño é ocasionado no oceano Pacífico Equatorial e formado pelo aquecimento incomum das águas, que atingem valores que variam de 1 °C a 6 °C acima de sua média térmica de 23 °C, associado ao enfraquecimento dos ventos alísios, que deixam de arrastar as águas quentes superficiais e inibem as ressurgências na costa sul americana oeste⁴¹. Verifica-se assim uma alteração na célula de Walker, que proporciona uma quebra no aquecimento da normal das águas do Pacífico, em dois fluxos de ar ou no caso em duas correntes subsidentes. Uma sobre

³⁶Ferreira e Mello, 2005. Disponível em < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215/16909>>.

³⁷Ferreira e Mello, 2005. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215/16909>>; Cohen, Cavalcanti, Braga e Neto, 2009; Nery e Carfan, 2013.

³⁸Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, 2014. Disponível em <<http://www.funceme.br/?p=967>>.

³⁹Reboita, Gan, Rocha, Ambrizzi, 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/yhrG5QPXhBCKZXcGKgyzWvf/?lang=pt&format=pdf>>.

⁴⁰Dias, Rozante e Machado, 2009.

⁴¹Ferreira e Mello, 2005. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215/16909>>.

a Indonésia e norte australiano e outra no NEB, inibindo a formação de nuvens e ocorrência de chuvas, causando estiagem⁴².

O La Niña é um fenômeno oposto ao El Niño, por existir o resfriamento das águas no oceano Pacífico Equatorial, proporcionado pela intensificação dos ventos alísios que passam a empurrar com maior intensidade as águas superficiais orientais quentes para os setores central e ocidental do oceano, ocorrendo um fortalecimento da Alta Subtropical do Pacífico Sul, que transporta águas oceânicas superficiais frias de forma mais eficiente para o Pacífico Equatorial Central-Oeste, fortalecendo e alongando a célula de Walker, intensificando a ZCIT e proporcionando maiores valores pluviométricos no NEB⁴³. Esses fenômenos de El Niño e La Niña tendem a se alternar de 3 a 7 anos, porém de um evento ao seguinte o intervalo pode mudar de 1 a 10 anos⁴⁴.

Outra interferência verificada é o dipolo do atlântico sul, o qual se caracteriza como uma anomalia assimétrica em relação ao Equador da TSM, no oceano Atlântico. Ao existir a oscilação na variação da temperatura da superfície do mar, a ZCIT, importante sistema produtor de chuvas, pode “tendenciar” para o norte ou para sul de sua posição climatológica e causar maiores ou menores chuvas na área de estudo⁴⁵.

Por fim, a Oscilação Madden-Julian (OMS) caracteriza-se por uma célula de circulação zonal no plano equatorial, que se propaga de oeste para leste em um período de 30 a 60 dias. Esse sistema é o modo equatorial mais importante na escala intrasazonal, com impactos nas distribuições anômalas de precipitação nos trópicos e subtropicais. Condicionando impactos marcantes em áreas de estações chuvosas curtas, como no NEB e influenciando em fenômenos como o El Niño – Oscilação Sul⁴⁶.

Esse sistema proporciona sequências de nebulosidade em torno do globo, intercaladas por áreas com tempo estável, possibilitando a formação de uma sequência de dipolos de ROL. Além disso, motivados por essa diferenciação nos campos de ROL, que geram perturbações convectivas, percebe-se a alteração das flutuações da célula de Walker⁴⁷.

Análise de Dados Meteorológicos

A área de estudo apresenta quatro estações meteorológicas, nestas são possíveis buscar várias informações específicas, tais como: totais anuais de chuvas, média das máximas temperaturas anuais, média das mínimas temperaturas anuais e média anuais de temperatura.

Ao espacializar esses respectivos dados supracitados, entre os anos de 1965 e 2016, foram possíveis confeccionar gráficos (Figuras 11 a 14), bem como, extrair afirmações destes, tais como:

⁴²Oliveira, 2001. Disponível em < <http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>>

⁴³Freire, Lima e Cavalcanti, 2011. Disponível em < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232719>>.

⁴⁴Oliveira, 2001. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>

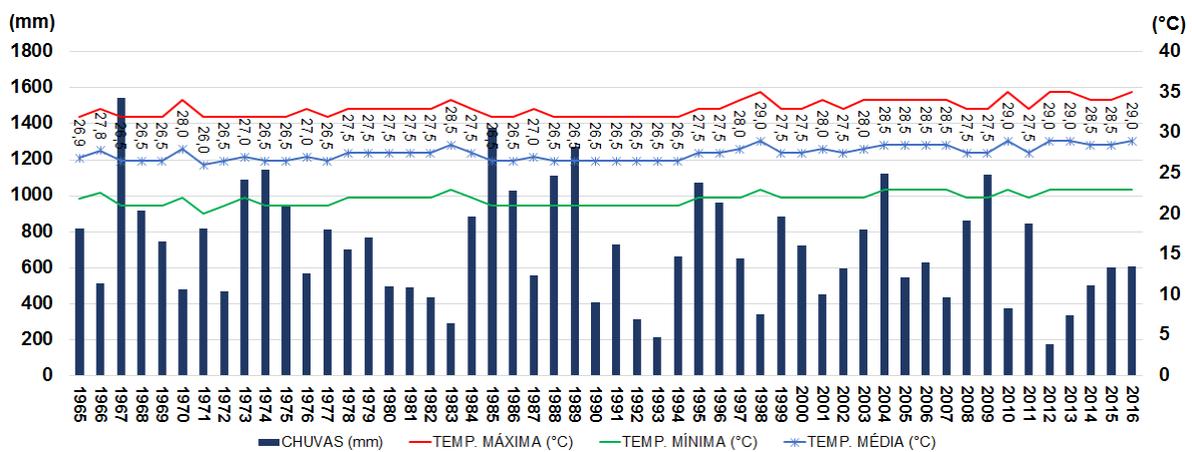
⁴⁵Melo, Cavalcanti e Souza, 2009.

⁴⁶Kayano, Jones e Dias, 2009.

⁴⁷[Gottschalck](https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-mjo-and-why-do-we-care), 2014. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-mjo-and-why-do-we-care>

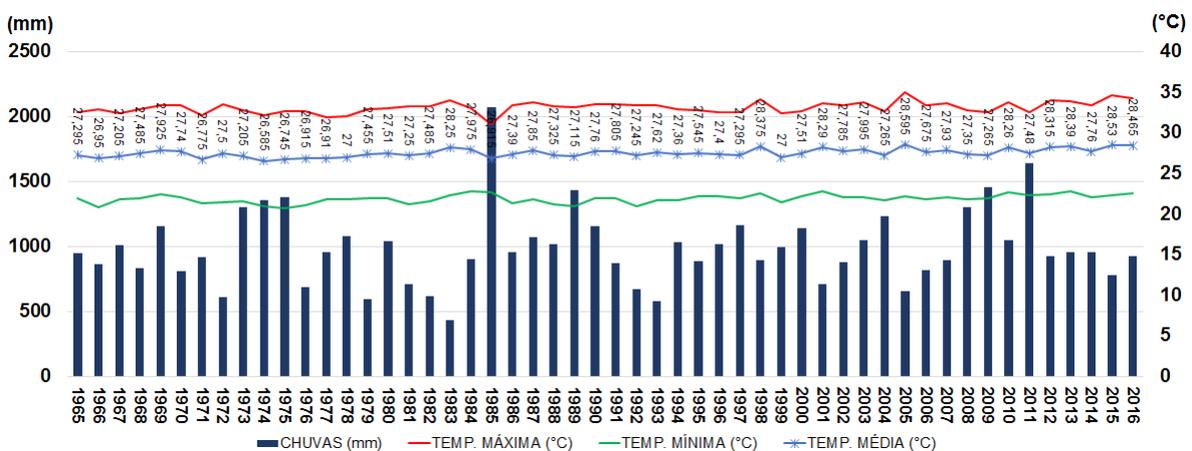
- Verificação de grande oscilação pluviométrica anual, variando em torno de 300 mm a 1.000 mm;
- Constatação que as médias máximas temperaturas anuais têm, aproximadamente, 32°C; as médias mínimas temperaturas anuais têm, aproximadamente, 23°C; as médias anuais de temperaturas ficando em torno de 27°C;
- Indicação de aumento de pelo menos 1°C na média anual da temperatura, das estações em questão.

Figura 11. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Crateús, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas anuais, entre os anos de 1965 a 2016



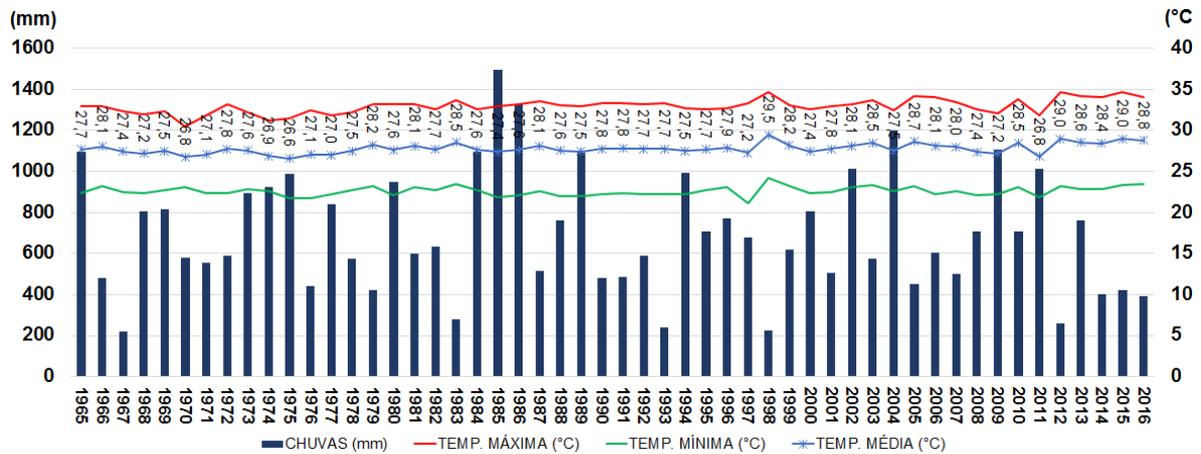
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Figura 12. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Iguatu, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas anuais, entre os anos de 1965 a 2016



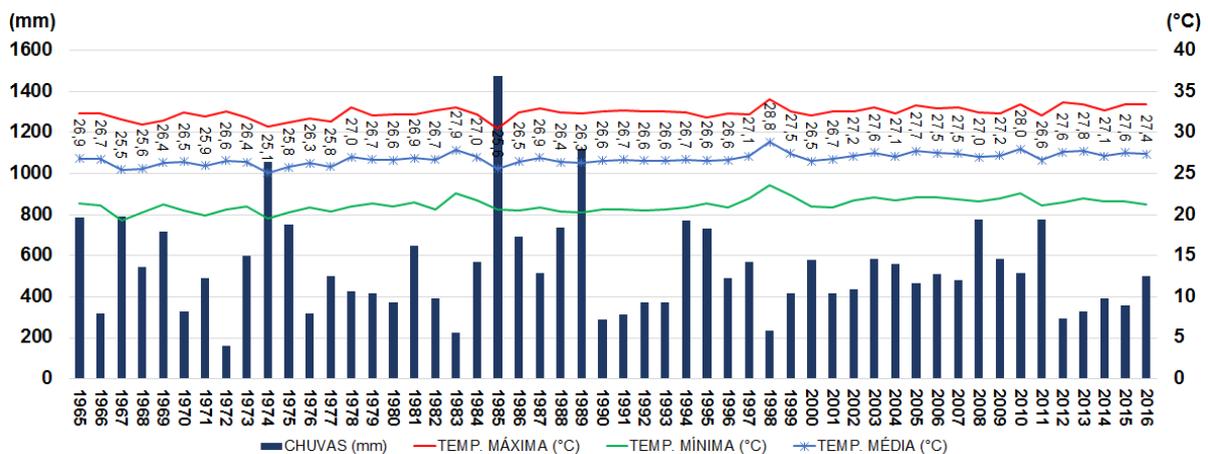
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Figura 13. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Quixeramobim, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas anuais, entre os anos de 1965 a 2016



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Figura 14. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Tauá, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas anuais, entre os anos de 1965 a 2016



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Quanto ao total anual de chuvas, este pode ser resultado do comportamento mensal típico, que constam de três a quatro meses chuvosos e de nove a oito meses com totais pluviométricos insignificantes ou de seca. Típico do clima tropical-equatorial⁴⁸, com sete a oito meses secos ou também denominado de semiárido⁴⁹. Essas assertivas são facilmente visualizadas nas Figuras 16 a 19, na qual são espacializados os dados retirados das mesmas estações meteorológicas usadas, contudo distribuídos em escala mensal, referente ao ano de 2016.

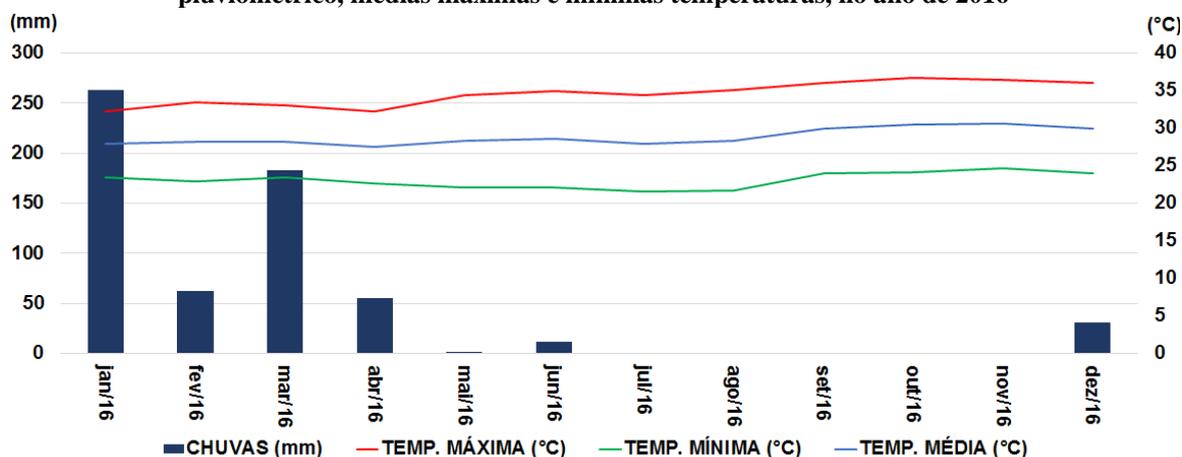
⁴⁸Mendonça e Danni-Oliveira, 2007

⁴⁹Zanella, 2007.

Percebe-se também nos gráficos com dados mensais (Figuras 16 a 19), que no verão e início da primavera, os sistemas modificadores do tempo representados principalmente pela Zona de Convergência Intertropical, proporcionam o reduzido, irregular, torrencial e espacialmente desproporcional, período chuvoso. No período de inexistências de chuvas que predomina a partir do mês de junho, percebe-se o início do inverno e consequente afastamento do ASAS – Alta Subtropical do Atlântico Sul e fortalecimento da MTA – Massa Tropical Atlântica.

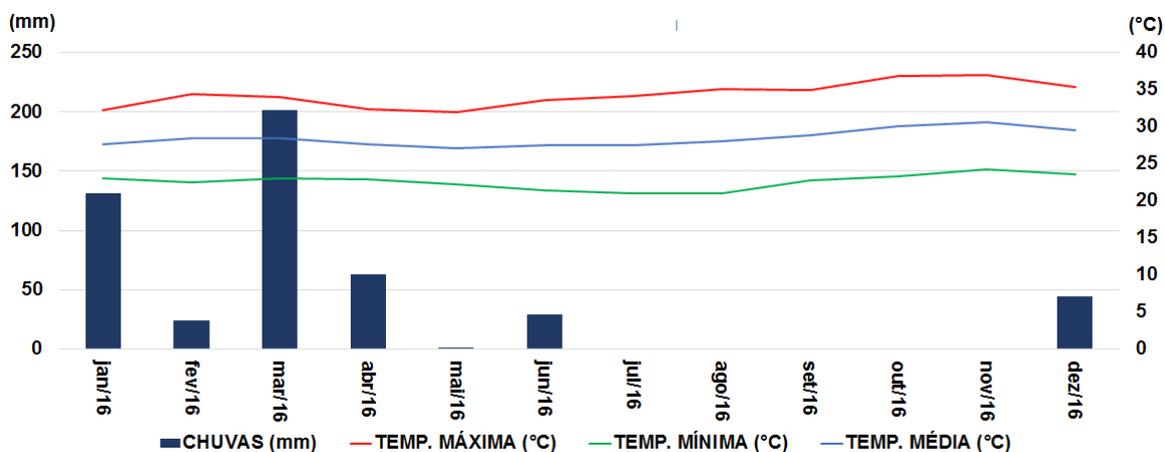
Ressalta-se que à temperatura constatada (Figuras 15 a 18), correspondem aos seus maiores valores no período do inverno e aos seus menores valores no período do verão. Essa atípica interação (temperatura – estações do ano), é explicada pelo fato da área de estudo ser próxima à linha do equador, tendo constantes ou suaves oscilações nos valores da temperatura, bem como pela presença ou ausência de nebulosidade. No período do verão, no qual atuam os principais sistemas causadores de chuvas, verifica-se maior nebulosidade dificultando a entrada da radiação solar e a prevalência de maior umidade. Já no inverno ocorre o inverso.

Figura 15. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Crateús, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas, no ano de 2016



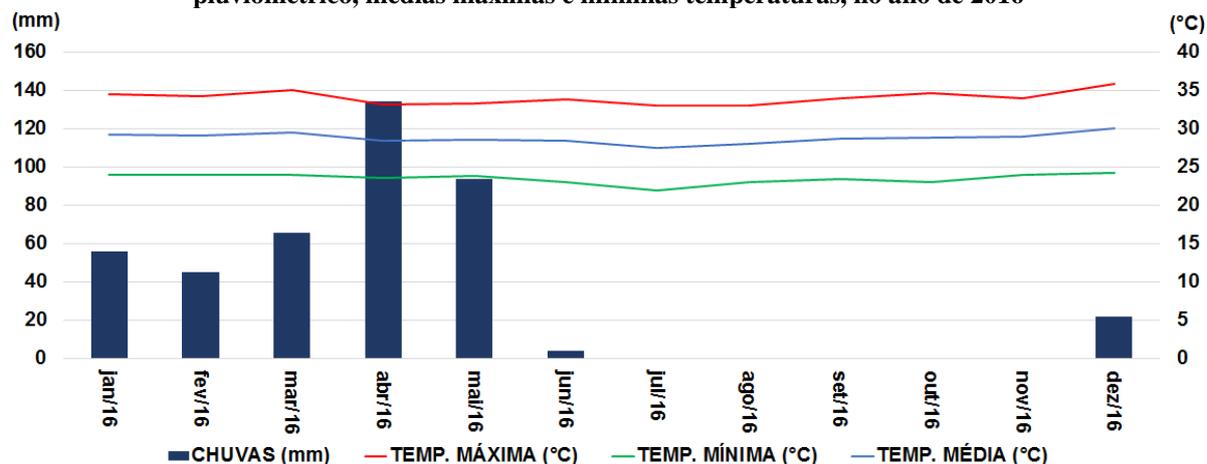
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Figura 16. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Iguatu, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas, no ano de 2016



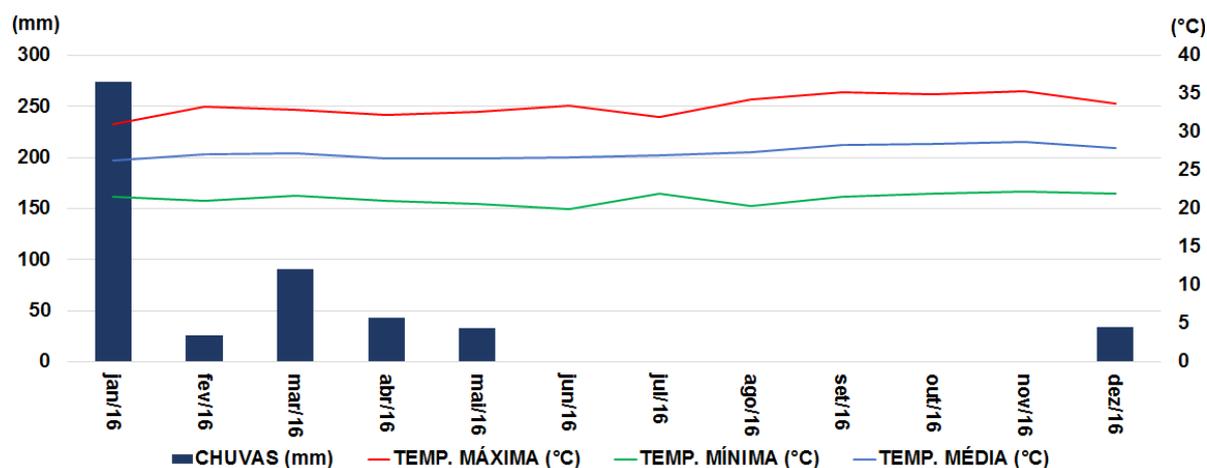
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Figura 17. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Quixeramobim, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas, no ano de 2016



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

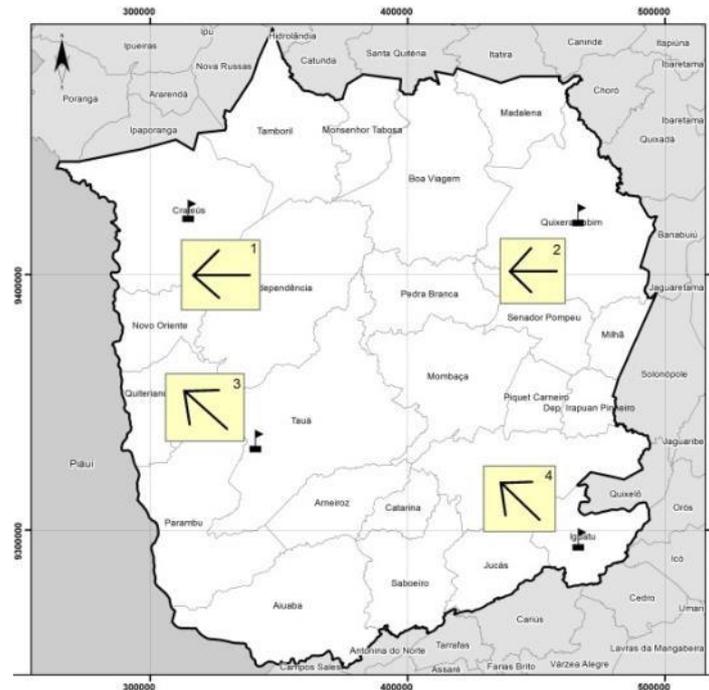
Figura 18. Gráfico com dados meteorológicos da estação em Tauá, referentes ao total anual pluviométrico, médias máximas e mínimas temperaturas, no ano de 2016



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021 <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>.

Ao analisar dados meteorológicos, que determinam as condições de barlavento e sotavento, atribui-se a direção do vento predominante, como o fator crucial na identificação dessas áreas. Para tal constatação, utilizaram-se dados correspondentes ao período entre 1961 a 2010, retirados do INMET. Verificando que a prevalência na direção é de sentido (E – SE), podendo considerar que na área de estudo a barlavento estão na porção leste e a sotavento na porção oeste (Figuras 19 e 210).

Figura 19. As setas apresentam as direções predominantes dos ventos entre os anos de 1961 a 2010, nas Estações Meteorológicas de Tauá, Quixeramobim, Iguatu e Crateús



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>.

Figura 20. Direção mensal predominante dos ventos entre os anos de 1961 a 2010, nas Estações Meteorológicas de Tauá, Quixeramobim, Iguatu e Crateús

MÊS		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANO
	1 CRATEÚS	E	E	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E
Postos	2 QUXERAMOBIM	E	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	SE	SE	E	E	E	NE	E
Meteorológicos	3 TAUÁ	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	E	E	SE
	4 IGUATU	Calmo	Calmo	Calmo	Calmo	SE	SE	SE	SE	SE	E	NE	NE	SE

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021 <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>.

Inter-relação entre Clima e Relevo, no Processo de Desertificação

Um das interessantes contribuições para a população que convive diretamente com a seca ou em áreas desertificadas, são as análises realizadas sobre as chuvas locais, principalmente quando se trata dos diferentes totais pluviométricos, distribuídos em diferentes áreas.

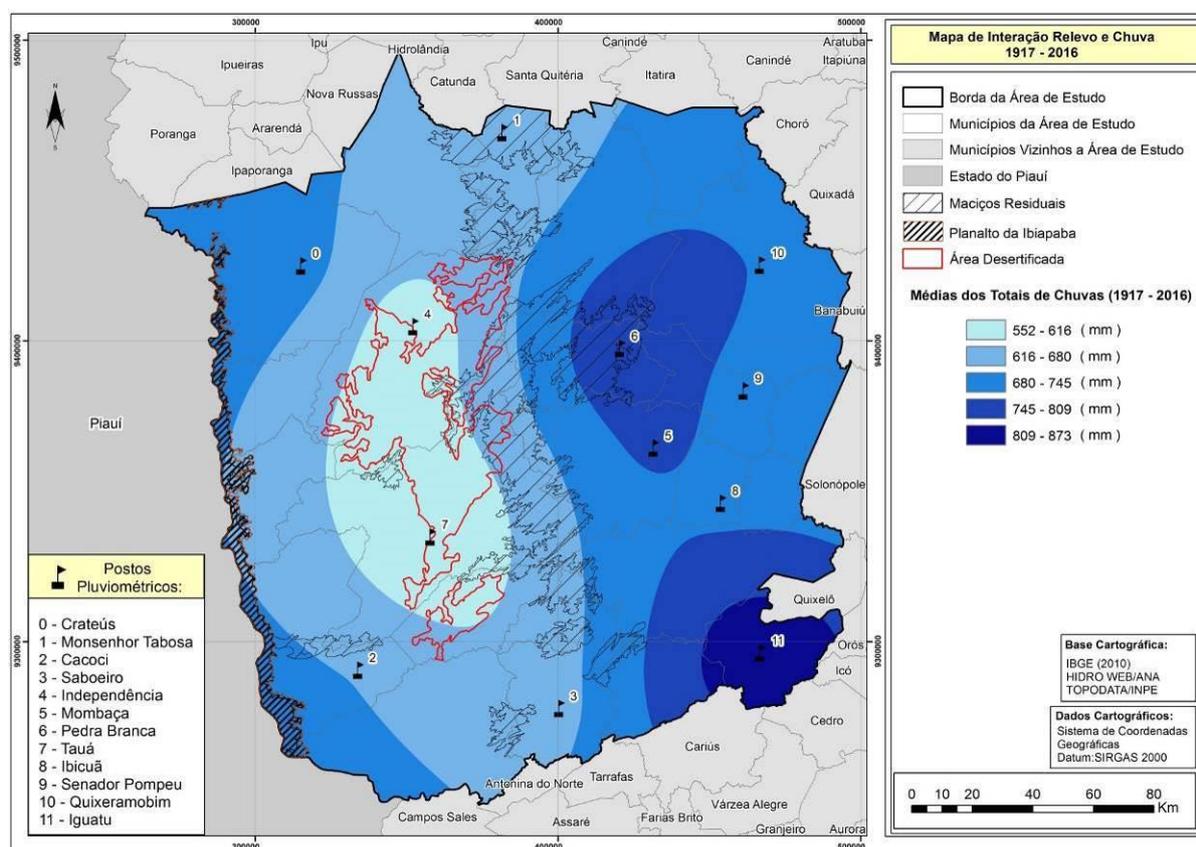
Ao associar as características, posição a sotavento do maciço de Pedra Branca e clima semiárido, percebe-se a junção de duas condições que expressam baixas quantidades pluviométricas, nas quais, pode-se proporcionar como consequência, para a população que utiliza essas áreas com objetivos agropecuários, um cenário que irá exigir uma maior complexidade em suas práticas de uso, dado que, estes usos deveriam ser totalmente adaptados e coerentes aos totais pluviométricos vigentes. Na medida em que há prevalência de atividades não sustentáveis, tais como o desmatamento para pecuária extensiva, venda da madeira ou plantio, devido à menor presença de água no sistema, essas áreas tornam-se de difícil recuperação natural ou florescimento da vegetação. Uma vez que essas situações antrópicas são

intensificadas e perpassam por vários anos, como se evidencia na área de estudo, observam-se condições propícias à inserção do processo de desertificação. Podendo-se assim perceber, que a menor quantidade pluviométrica, baseada na associação entre orografia e chuva, torna mais dificultosa a convivência no semiárido, bem como, contribui para um cenário de desertificação.

Ao interagir, na Figura 21, os relevos com sobressaltos orográficos e os 100 anos de totais pluviométricos, prova-se que os maciços residuais localizados exatamente na porção central, dividem as áreas com maiores totais pluviométricos e as com menores totais pluviométricos. Levando-se assim, a considerar nas análises que o fator relevo está, juntamente com os outros fatores climáticos, condicionando a distribuição das chuvas.

A interação relevo e chuva é mais marcante nas áreas próximas aos maciços residuais, ou seja, nas depressões sertanejas periféricas a barlavento e a sotavento. Entendendo-se assim, que ao se distanciar dos maciços residuais centrais, se verifica dificuldade na percepção do efeito orográfico (Figura 21).

Figura 21. Mapa de Interação Relevo e Chuva entre os anos de 1917 e 2016



Fonte: Elaboração própria.

Ciente de que o total pluviométrico é considerado um fator determinante no processo de desertificação e que as áreas desertificadas estão com baixos totais pluviométricos, visto significativa influência de sua posição a sotavento de maciços residuais, acredita-se que só alcançar-se-ia abordar as reais causas atuantes da desertificação, considerando o fator relevo em suas discussões e interações.

Em síntese, com essa análise espaço-temporal dos dados pluviométricos, constata-se que nos 100 anos:

- Os totais pluviométricos anuais, responsáveis pela direta relação com a desertificação, são fortemente afetados, negativamente ou positivamente, pelas orografias presentes na porção central;
- Significativas porções da área desertificada e a sotavento dos maciços residuais encontram-se com os menores totais médios pluviométricos anuais;
- A porção a barlavento dos maciços residuais e a porção de extremo sudeste, apresentam-se com a prevalência das melhores médias pluviométricas da área de estudo;
- As áreas a sotavento dos maciços residuais podem alcançar totais médios, menores de 200 mm, quando comparados a algumas porções a barlavento.

Como o total pluviométrico é um dos principais critérios para a delimitação de áreas susceptíveis a desertificação⁵⁰, compreende-se que, quanto menor a precipitação maior sua vulnerabilidade ao processo. Nessa perspectiva, como o relevo está interferindo nos totais pluviométricos sobre a área desertificada, atribuí-lo como causa atuante no processo de desertificação, torna-se bastante pertinente.

Essa compreensão dos resultados pluviométricos, a partir de uma relação, clima e relevo ao longo de 100 anos, relacionam-se também com a desertificação visto que as áreas a barlavento ou áreas com maiores aportes pluviométricos, mostram-se com maiores predisposições a: maior adensamento de caatingas; maior proteção pedológica aos efeitos torrenciais; maior fixação hídrica no subsolo; maior prevalência da fauna silvestre; e maior acúmulo hídrico superficial. Já as áreas com menores aportes pluviométricos mostram-se com a possibilidade de refletir: caatingas mais espaçadas; menor proteção dos solos aos efeitos torrenciais; afloramento rochoso; menor ou inexistência de fixação hídrica no subsolo; êxodo da fauna silvestre e um menor acúmulo hídrico.

Conclusão

Ao aprofundar o entendimento sobre as causas da desertificação no núcleo dos Inhamuns, incluindo o fator orográfico, abrem-se novas possibilidades de pesquisas nesse viés em outras áreas semiáridas desertificadas. Alguns importantes estudos sobre áreas desertificadas fora do Brasil, já incluem o fator relevo, representado por sua orografia, em suas causas gêneses ou potencializadoras de desertificação. No Brasil, especificadamente na região Nordeste, onde se encontram as maiores áreas susceptíveis a desertificação e conseqüentemente onde se direcionam grandes quantidades de estudos sobre esse tema, não são identificadas significativas contribuições que, integrem o fator relevo as causas da desertificação. Acredita-se que essa carência, seja justificada pela predominância de topografias regionais aviltadas, tornando-se não evidente que se leve em consideração. No atual artigo, nota-se que os efeitos orográficos são nítidos, mesmo sendo acarretados por relevos com prevalência altimétrica de 800 metros.

Acredita-se com esse artigo que, ao visualizar diferenças pluviométricas entre áreas desertificadas a sotavento e áreas não desertificadas a barlavento, o fator relevo em conjunto com o fator clima, estão contribuindo para a existência do processo de desertificação no núcleo

⁵⁰ Secretaria dos Recursos Hídricos – BRASIL, 2004. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>.

dos Inhamuns, Ceará - Brasil, dado a compreensão de que quanto menor a precipitação maior sua vulnerabilidade ao processo.

Referências Bibliográficas

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Hidroweb. *Sistemas de informações hidrológicas*. Disponível em <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>> [Consulta em: 10 de julho de 2021].

AB'SABER, A. N. *Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical*. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 1977.

BERTALANFFY, L. Von. *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973.

BRASIL. *Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-BRASIL*. Edições Ministério do Meio Ambiente / Secretária de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2004. 242p. Disponível em <https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf> [Consulta: 08 de agosto de 2020].

BRASIL. *Agenda 21 Global. Capítulo 12*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2021. 18p. Disponíveis em <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>> e <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap12.pdf> [Consulta: 08 de julho de 2021].

BRASIL. Comissão Nacional de Combate à Desertificação. *Decreto Presidencial de 21 de julho de 2008, que cria a Comissão Nacional de Combate à Desertificação*. Brasília: DOU, 2008. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Dnn/Dnn11701.htm#:~:text=DNN%2011701&text=DECRETO%20DE%2021%20DE%20JULHO,CNCD%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs&text=VI%20%2D%20promover%20a%20constru%C3%A7%C3%A3o%20de,mitiga%C3%A7%C3%A3o%20dos%20efeitos%20da%20seca> [Consulta: 15 de julho de 2021].

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2009. 463p.

CCGE. *Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Brasília. Brasília 2016. 252p. Disponível em <<https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>> [Consulta: 05 de agosto de 2020].

CEARÁ. *Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE – CE*. Brasil: Edições Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 372p. Disponível em <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>> [Consulta: 02 de agosto de 2020].

COHEN, J.; CAVALCANTI, I.F.A.; BRAGA, R.H.M.; NETO, L.S. Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 75-94p.

CONTI, J. B. *Desertificação nos trópicos - Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro*. São Paulo, USP, Departamento de Geografia. Tese de Livre Docência. 1995.

CRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Blucher, 1999.

DIAS, M.A.F.S.; ROZANTE, J.R.; MACHADO, L.A.T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2009 p. 181-194.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir G. da Silva. *Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região*. Paraná. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, n.1, 2005. 14p. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1>.

FERREIRA, N.J.; RAMIREZ, M.V.; GAN, M.A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. Em: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2009, 43-60p.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos - Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre o Nordeste. 2014. Disponível em <<http://www.funceme.br/?p=967>> [Consulta em: 01 de fevereiro de 2021].

FREIRE, Juliana L.M.; LIMA, Jeane R.A.; CAVALCANTI, Enilson P. *Análise de Aspectos Meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña*. Recife: Revista Brasileira de Geografia Física, 2011. 429-444p. DOI: 10.26848/rbgf.v4i3.232719.

GOTTSCHALCK, Jon. *What is the MJO, and why do we care?*. NOA - Climate.gov, 2014. Disponível em <<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-mjo-and-why-do-we-care>> [Acesso em: 10 fevereiro de 2020].

KAYANO, M.T.; JONES, C.; DIAS, P.L.S. Variabilidade Intrassazonal. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 337-354p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa Brasil clima*. Climas Escala: 1:5000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – Normais Climatológicas, 2021. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>> e <<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoaut>> [Consulta em: 24 de junho de 2021].

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia – Dados Históricos Anuais, 2021. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> [Consulta em: 26 de junho de 2021].

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Banco de Dados de Imagens, 2021. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>> [Consulta em: 10 de fevereiro de 2021].

REBOITA, Michelle Simões; GAN, Manoel A.; ROCHA, Rosmeri F.; AMBRIZZI, Tércio. Regimes de Precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol.25, nº2, 2010, 185-204p. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>

RIEHL, H. *Waves in the easterlies and polar front in the tropics*. Chicago: Ed. Chicago University. Department of Meteorology, 1945, 79p.

RODRIGUES, V. Combate à desertificação. A experiência inovadora do Estado de Pernambuco. In: *Conviver: Nordeste semiárido*. Fortaleza: DNOCS/BNB, setembro-novembro, 2004.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. *Avaliação de tecnologias atuais e alternativas em áreas em processo de desertificação no semiárido nordestino brasileiro*. Recife: FINEP – UFRPE – UFPE, 2002.

SMITH, Ronald B. *The Influence of Mountains on the Atmosphere*. Ed. Advances in Geophysics V. 21, New Raven, 1979, 144p. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065268708602629#aep-abstract-id5>> [Consulta em: 01 de agosto de 2021].

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz, SOUZA; Marcos José Nogueira de; MORAIS, Jäder Onofre. *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000, 6-98p.

MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; SOUZA, P.P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2009, 25-41p.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007. 208p.

MILANESI, Marcos Alexandre. *Avaliação do Efeito Orográfico na Pluviometria de Vertentes Opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. 141p. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-04012008-114406/pt-br.php>> [Consulta em: 30 de julho de 2021].

NIMER, Edmon. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro; IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.

OLIVEIRA, Gilvan Sampaio. *O El Niño e Você - o fenômeno climático*. São José dos Campos – SP: Ed. Transtec, 2001. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>> [Consulta em: 21 de julho de 2021].

PEREZ FILHO, A. Sistemas Naturais e Geografia. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (org.). *Panorama da Geografia Brasileira*. São Paulo: Annablume, v. 1, 2007, 333-336p.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja. *Apostila de hidrologia aplicada*. Ministério da Educação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 133p. Disponível em:<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro_celimar.pdf> [Consulta: 15 de julho de 2021].

UVO, Cintia Bertachi e NOBRE, Carlos A. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Revista Climanálise*, 1989a, 34-40p. Disponível em:<<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.09.06/doc/6033.pdf>> [Consulta: 27 de julho de 2021].

UVO, Cintia Bertachi e NOBRE, Carlos A. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A influência dos ventos e TSM do Atlântico Equatorial. *Revista Climanálise*, 1989b. 39-47p. Disponível em:<<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.09.06/doc/6033.pdf>> [Consulta: 27 de julho de 2021].

VASCONCELOS SOBRINHO, J. *O Deserto Brasileiro: projeto do trópico árido*. Recife, PE: UFRPE, 1974.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, José Borzacchiello da; CAVALCANTE, Tércia Correia; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. *CEARÁ: um novo olhar geográfico*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, 169-188p.

Ficha bibliográfica:

ADERALDO, Pedro Ítalo Carvalho; NELLY, Jonas Teixeira. Atuação do relevo e do clima no núcleo de desertificação dos Inhamuns, Ceará, Brasil. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de Julio de 2022, vol. XXVI, nº 268. DOI: <https://doi.org/10.1344/ara2022.268.37173>