



## INDICADORES HIGROTÉRMICOS HORÁRIOS NOS NÚCLEOS DE DESERTIFICAÇÃO DO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL

*Hourly hygrothermal indicators of desertification centers in  
the state of Paraíba, Brazil*

*Indicadores higrotérmicos horarios en centros de  
desertificación del estado de Paraíba, Brasil*

Hermes Alves de Almeida  

Universidade Estadual da Paraíba  
hermes@servidor.uepb.edu.br

Emerson Galvani  

Universidade de São Paulo  
egalvani@usp.br

**Resumo:** Embora a desertificação seja um processo de degradação de terras, não há consenso científico, se as causas sejam ocasionadas pelo clima, por ações antrópicas e/ou resulte de uma interação entre si. Diante disto, procurou-se estabelecer os principais indicadores higrotérmicos do ar atmosférico, nos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba, localizados nas regiões geográficas intermediárias de Campina Grande e Patos, sendo essas determinações os objetivos principais. Utilizando-se dados horários de temperatura do ar e umidade relativa, coletados nas estações meteorológicas automáticas, instaladas em Cabaceiras (Cariri) e Santa Luzia (Seridó), entre 01.01.2013 e 31.12.2020, foram determinadas as pressões parcial e de saturação, o déficit de pressão, a temperatura do ponto de orvalho e as umidades absoluta e de saturação. Com as séries climatológicas mensais de chuvas, foram estabelecidos os regimes pluviais. Os principais resultados indicaram que as características higrotérmicas horárias, dos referidos núcleos, diferem entre si. O núcleo de desertificação do Cariri é mais frio e mais úmido do que o do Seridó. A capacidade de retenção de vapor d'água é função direta da temperatura do ar e a umidade relativa ocorre de forma inversa. As ações antrópicas adversas contribuem para aumentar a degradação ambiental, embora os elevados indicadores térmicos, os baixos teores de umidades do ar atmosférico e a irregularidade no regime pluvial contribuam para acelerar o processo de desertificação. Como a temperatura do ar é o principal indicador higrotérmico, ela pode ser usada para estimar os demais indicadores termodinâmicos, com elevada precisão.

Palavras-chave: Microclima. Temperatura do ar. Umidade atmosférica. Degradação ambiental.

**Abstract:** Although desertification is a process of land degradation, there is no scientific consensus as to whether the causes are caused by the climate, by anthropic actions and/or result from an interaction between them. In view of this, an attempt was made to establish the main hygrothermal indicators of the atmospheric air, in the desertification centers of Cariri and Seridó of Paraíba, located in the intermediate geographic regions of Campina Grande and Patos, these determinations being the main objectives. The desertification nuclei of Cariri and Seridó of Paraíba are located in the intermediate geographic regions of Campina Grande and Patos. Hourly air temperature and relative humidity data were collected from automatic meteorological stations installed in Cabaceiras (Cariri) and Santa Luzia (Seridó), from 01.01.2013 to 12.31.2020, and the pressures were determined partial and saturation, pressure deficit, dew point temperature and absolute and saturation humidity's. With the monthly climatologically series of rainfall, local rainfall regimes were established. The main results indicate that the hourly hygrothermal characteristics, in the mentioned desertification nuclei, differ from each other. The desertification core of Cariri is colder and more humid than that of Seridó. The water vapor retention capacity is a direct function of the air temperature and the relative humidity occurs inversely. Adverse anthropic actions contribute to increase environmental degradation, although high thermal indicators, low moisture levels and irregular rainfall contribute to culminating in desertification. Air temperature is the main hygrothermal air indicator and can be used to estimate other thermodynamic indicators with high precision.

Keywords: microclimate. Air temperature. Atmospheric humidity. Ambiental degradation.

**Resumen:** Si bien la desertificación es un proceso de degradación de la tierra, no existe un consenso científico sobre si las causas son causadas por el clima, por acciones antrópicas y/o resultan de una interacción entre ellas. Ante esto, se intentó establecer los principales indicadores higrotérmicos del aire atmosférico, en los centros de desertificación de Cariri y Seridó de Paraíba, ubicados en las regiones geográficas intermedias de Campina Grande y Patos, siendo estas determinaciones los principales objetivos. Se recogieron datos horarios de temperatura del aire y humedad relativa de estaciones meteorológicas automáticas instaladas en Cabaceiras (Cariri) y Santa Luzia (Seridó), del 01.01.2013 al 31.12.2020, y se determinaron las presiones parciales y de saturación, déficit de presión, temperatura de punto de rocío y humedades absoluta y de saturación. Con la serie climatológica mensual de precipitaciones se establecieron el régimen de lluvias. Los principales resultados indican que las características higrotérmicas horarias, de los lugares mencionados, difieren entre sí. El núcleo de desertificación de Cariri es más frío y húmedo que el de Seridó. La capacidad de retención de vapor de agua es función directa de la temperatura del aire y la humedad relativa ocurre de manera inversa. Las acciones antrópicas adversas contribuyen a aumentar la degradación ambiental, aunque los altos indicadores térmicos, los bajos niveles de humedad y las precipitaciones irregulares contribuyen a culminar en la desertificación. La temperatura del aire es el principal indicador higrotérmico del aire y se puede utilizar para estimar otros indicadores termodinámicos con alta precisión.

Palabras-clave: Microclima. Temperatura del aire. Humedad atmosférica. Degradación ambiental.

Submetido em: 10/04/2023

Aceito para publicação em: 03/12/2023

Publicado em: 25/01/2024



## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), as terras secas, com predominância de climas dos tipos áridos, semiáridos e subúmidos secos, equivalem a 41,3% da superfície do planeta e a 35,5% da população global (UNCCD, 2014).

Nesses recortes territoriais, além dos elevados índices de pobreza, há, também, as maiores pressões sobre os seus recursos naturais: água, solo e a biodiversidade, que resultam na degradação da terra, por consequência de ações antrópicas predatórias, tendo contribuições das variações meteorológicas. Essas condições que predominam no Semiárido nordestino, cujo regime pluvial é irregular e tem elevada frequência de secas, contribuem para intensificar a degradação de terras (ALMEIDA et al., 2014; ALMEIDA; GALVANI, 2021).

A terminologia desertificação foi descrita, pela primeira vez, por AUBREVILLE (1949), para designar áreas em vias de degradação na África Tropical, ocasionada pelo mau uso dos recursos naturais, associado às ações antrópicas, em especial, às relacionadas aos efeitos da erosão dos solos, como consequências do desmatamento e maior déficit de água no solo.

A Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD, 1995) conceituou a desertificação como o processo de degradação das terras das regiões áridas, semiáridas e subúmidos secos, resultantes de variações climáticas e de ações antrópicas.

Para Vasconcelos Sobrinho (1978a; 1978b), a desertificação é um processo de fragilidade dos ecossistemas das terras secas, em geral, decorrente da pressão excessiva da população, das perdas da produtividade e da capacidade de regeneração.

De acordo com Perez-Marin et al., (2012), as áreas susceptíveis à desertificação (ASD), no Brasil, englobam quase 1500 municípios dos nove Estados do Nordeste brasileiro, além de alguns outros estados, como o norte de Minas Gerais e do Espírito Santo. O Estado da Paraíba, por exemplo, tem 96,4% do seu território com ASD (BRAZIL, 2004).

O processo de desertificação é uma das maiores ameaças ambientais do planeta (UNCCD, 1995; VASCONCELOS SOBRINHO, 1978a; 1978b) e atinge mais de 40% do planeta (AKBARI et al., 2020), destacando-se países como a China, Itália, África do Sul, Estados Unidos, México, Argentina e Brasil (BRIASSOULIS, 2019).

Destaca-se, entretanto, que esse processo tem efeito negativo não somente na degradação ambiental, mas na redução ou extinção da produção. As flutuações do tempo atuam como elementos dinâmicos chaves, por afetarem o crescimento e o desenvolvimento vegetal e/ou interferindo na regeneração (WU, 1991; WANG et al., 2008; Oo et al., 2019; SOLANGI et al., 2019).

Neste contexto, a pressão exercida pelas atividades antrópicas culmina na supressão da vegetação nativa, na exploração intensiva e no manejo inadequado do solo, o que resulta na devastação do potencial produtivo da terra.

Numa análise crítica do conceito da "desertificação", HEITOR (2001) relatou algumas fragilidades teóricas e/ou metodológicas, tais como: a) amplitude conceitual; b) ausência de métodos de estudo universalmente aceitos; c) ausência de métodos confiáveis para identificar os processos de desertificação; e d) falta de uma metodologia de avaliação econômica.

Para esse mesmo autor, embora o fenômeno da desertificação não seja novo, a ciência reconhece que se trata de um problema sério a nível mundial e atribui, como causa principal, a variabilidade meteorológica e as atividades antrópicas.

Dentre as formulações científicas que mais contribuem para o alarmismo da desertificação, Souto (1985) atribuiu as ações antrópicas como às principais responsáveis pela retirada da vegetação e o sobrepastoreio. Embora, na concepção de Duanyang et al., (2011), a desertificação é um fenômeno integrador de processos econômico, social e natural que destrói o solo, a vegetação e a ambiência, bem como, a qualidade de vida, nas áreas áridas.

A maioria dos artigos científicos relacionados ao tema desertificação utiliza dados médios de chuva e/ou da temperatura do ar, coletados em estações meteorológicas. O uso de médias (mensais ou anuais), em essência, só elucida parcialmente, porque um microclima requer análise em escalas local e tempo menor (ALMEIDA; MACHADO, 2008).

No Semiárido paraibano, atribui-se ser a chuva o principal elemento do clima que mais contribui na degradação ambiental. Certamente, a irregularidade na quantidade, distribuição e duração das chuvas corroboram para agravar o referido processo. Além disto, a estação chuvosa dura, em média, três meses, mas tem elevada chance de ser irregular ou de chover abaixo de 50% do esperado (ALMEIDA; RAMOS, 2020).



O conhecimento da termodinâmica do ar atmosférico, próximo à superfície do solo, torna-se decisivo para entender o complexo sistema solo-atmosfera, por que esses indicadores interagem entre si e permitem compreender a semiaridez ambiental (ALMEIDA; MACHADO, 2008).

No Semiárido nordestino, Vasconcelos Sobrinho (1978b) relatou que o manejo inadequado dos solos, o extrativismo vegetal e a mineração, além do sobrepastoreio das pastagens nativas ou cultivadas expõem os solos aos agentes erosivos que são as principais causas dos processos de desertificação.

A intensidade da desertificação, nessa região, concentra-se, na sua maioria nos núcleos de desertificação delimitados por (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978a; 1978b) e resulta de procedimentos exploratórios ecologicamente incorretos, cujas gravidades se expressam por meio da degradação conjunta de ativos ambientais: solo, biodiversidade e recursos hídricos.

É importante destacar que, o uso inadequado da monocultura, em terras secas, por exemplo, com as práticas das queimadas e desmatamento da flora nativa, nestas áreas ambientalmente frágeis, contribuem para aumentar a degradação dos solos e, conseqüentemente, reduzir e/ou inviabilizar a capacidade produtiva. Ações essas que evidenciam o processo de desertificação (PEREIRA; OLIVEIRA JUNIOR; LOBÃO, 2020)

Embora a desertificação não seja um problema ambiental novo, há carência de procedimentos metodológicos para a sua identificação. No entanto, os indicadores de clima (chuva, temperatura do ar, evapotranspiração, dentre outros) são necessários para monitorar as condições hídricas e térmicas e, ao mesmo tempo, estabelecer as diferentes potencialidades de risco ambiental. Neste contexto, surgiu o índice de aridez anual, que passou a ser adotado para mapear as áreas susceptíveis à desertificação (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Destaca-se, ainda, que não existem, na literatura científica, estudos, das áreas em processo de desertificação, delimitando-as e/ou caracterizando-os os indicadores higrotérmicas do ar úmido, na escala horária, seja no Brasil ou no mundo. Assim sendo, a caracterização higrotérmica do ar úmido é determinada mediante relações simplificadas, utilizando-se médias climatológicas da temperatura média do ar e da umidade relativa. Essas variações temporais, nesta escala, não caracterizam as condições higrotérmicas do ar úmido desses e/ou de outros ambientes.

Neste contexto, fez-se um amplo estudo das principais características higrótérmicas horárias do ar úmido, dos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba, sendo essas determinações os objetivos principais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localizações e Procedimentos Metodológicos

O trabalho foi realizado nos núcleos de desertificação paraibanos do Cariri e Seridó, localizados nas regiões geográficas intermediária de Campina Grande e Patos. Para realização deste, utilizaram-se dados horários de temperatura do ar ( $t_{ar}$ ) e umidade relativa ( $Ur$ ), coletados nas estações meteorológicas automáticas (EMAs), instaladas em Cabaceiras ( $7^{\circ}29'21''S$ ,  $36^{\circ}17'18''W$  e +382 m- Cariri) e em Santa Luzia ( $6^{\circ}52'2''S$ ,  $36^{\circ}55'16''W$  e +302 m- Seridó).

Os referidos dados foram armazenados num sistema de aquisição de dados da Campbell Scientific, modelo CR1000, com registros contínuos e leituras de sensores a cada dez segundos, sendo processadas e armazenadas as médias horárias e diárias.

De posse dos dados horários de  $t_{ar}$  ( $^{\circ}C$ ) e  $Ur$  (%), foram estimados os indicadores higrótérmicos derivados da  $t_{ar}$  e  $Ur$ : a pressão parcial ( $e_a$ ) e de saturação de vapor ( $e_s$ ), o déficit de pressão de saturação (DPV) e as umidades absoluta ( $U_a$ ) e de saturação ( $U_s$ ), mediante equações:

$$e_s(kPa) = 0,61 \times 10^{\left[\frac{7,5 \times t_{ar}}{237,3 + t_{ar}}\right]}$$

$$e_a(KPa) = (e_s \times Ur) \times 0,01$$

$$DPV(kPa) = (e_s - e_a)$$

$$U_a(gvapor/m^3 ar) = 216,5 \times \left(\frac{e_a}{(t_{ar} + 273,2)}\right)$$

$$U_s(gvapor/m^3 ar) = 216,5 \times \left(\frac{e_s}{(t_{ar} + 273,2)}\right)$$

Os agrupamentos diários, mensais e por estações do ano foram feitos obedecendo à sequência cronológica do calendário, sendo determinadas as medidas de tendência central



(média e mediana), de dispersão (desvio padrão) e os parâmetros da distribuição de frequência.

Inicialmente, foram determinadas as médias e medianas horárias para todo o período de 01.01.2013 a 31.12.2020. Em seguida, foram computadas as frequências horárias da temperatura do ar (tar) e umidade relativa (Ur), em cinco faixas: tar  $\leq 24,0$  °C;  $24 < \text{tar} \leq 28$ ;  $28 < \text{tar} \leq 32$ ;  $30 < \text{tar} \leq 36$  e  $\text{tar} \geq 36,0$  °C e Ur  $\leq 30,0$  %;  $30 < \text{Ur} \leq 40$ ;  $40 < \text{Ur} \leq 60$ ;  $60 < \text{Ur} \leq 80$  e  $\text{Ur} \geq 80,0\%$ , agrupando-as, diariamente, nas escalas mensais e para as estações do ano: outono e inverno (22/03 a 21/09) e primavera verão (22/09 a 21/03).

Critérios semelhantes foram adotados no estabelecimento dos indicadores derivados da tar e Ur: pressão de saturação e parcial de vapor ( $e_s$  e  $e_a$ ) e umidade absoluta (Ua) e de saturação ( $U_s$ ), para os seguintes intervalos de classes (Tabela 1).

**Tabela 1-** Indicadores higrótérmicos horários do ar úmido, por intervalos de classe, para os núcleos de desertificação do Estado da Paraíba

Indicadores	Intervalos de classes
Pressão de saturação de vapor ( $e_s$ -kPa)	$e_s \leq 2,0$ ; $2,0 < e_s \leq 2,5$ ; $2,5 < e_s \leq 3,0$ ; $e_s > 3,0$
Pressão parcial de vapor ( $e_a$ - kPa)	$1,0 < e_a < 2,0$ ; $2,0 < e_a < 2,5$ ; $e_a > 2,5$
Umidade absoluta do ar (Ua- $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	$U_a < 1,0$ ; $1,0 < U_a < 2,0$ ; $2,0 < U_a < 2,5$ e $U_a > 2,5$
Umidade de saturação do ar ( $U_s$ - $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	$U_s < 1,0$ ; $1,0 < U_s < 2,0$ ; $2,0 < U_s < 2,5$ e $U_s > 2,5$ .

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2024).

Os modelos de regressão linear simples foram estabelecidos mediante a equação do tipo:  $Y = a + bX$ . O melhor modelo foi escolhido com base nos indicadores estatísticos de concordância e precisão: coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e de correlação ( $r$ ) de Pearson e de exatidão: índice de concordância ( $d$ ) e pelos indicadores do modelo: erro absoluto médio (EAM) e eficiência do método (EF), propostos por Willmott et al., (1985) e o de desempenho ou confiança do modelo ( $c$ ), estabelecido por Camargo; Sentelhas (1997), mediante as expressões:

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left( |E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right)^2} \right]$$

$$EAM = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - E_i) \right]$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \overline{O_i})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \overline{O_i})^2}$$

Sendo:  $O_i$ =O valor observado (do elemento) utilizado no modelo;

$\overline{O_i}$  = média do valor observado (do elemento) utilizado no modelo;

$E_i$ =O valor estimado (do elemento) utilizado no modelo.

Os cálculos, as análises estatísticas e as confecções de tabelas e de gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da dinâmica meteorológica, nos recortes semiáridos paraibanos, tem elevado grau de complexidade, em virtude das interações complexas dos sistemas atmosféricos. Nesses ambientes, os impactos das oscilações dos elementos meteorológicos contribuem para aumentar a degradação ambiental, agravando-se, ainda mais, nos anos sequenciais de estiagens e/ou de secas.

Concorda-se com Almeida; Galvani (2021) que o Semiárido nordestino é um recorte geográfico aonde o regime pluvial é caracterizado pela irregularidade espacial e temporal e, por isso, associa-se sempre ao fenômeno da seca. Essas oscilações nas condições do tempo são as principais responsáveis pela dinâmica ambiental, por exercerem influência direta nos processos de ordem física e biológica, assim como na sociedade, em geral.

A crescente preocupação com a degradação ambiental e a contínua subtração dos recursos naturais considera-se que seja fator fundamental para atribuir às ações antrópicas a principal consequência da deterioração ambiental.

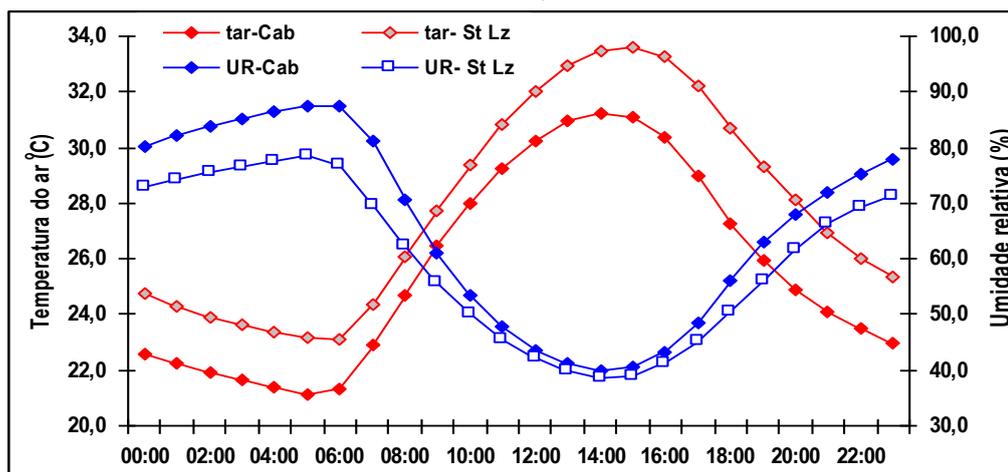
A maioria dos artigos científicos que relaciona o clima com a desertificação utiliza-se de médias mensais ou anuais de chuva e/ou de temperatura do ar. Essas escalas não permitem caracterizar as principais condições climatológicas e ambientais e, portanto, afirmar que o clima local seja ou não um fator determinante para desencadear o referido processo.



Neste contexto, constatam-se a inexistência de indicadores termodinâmicos, na escala micrometeorológica horária, especificamente, os higrotérmicos, ou seja, os resultantes da associação entre a temperatura do ar (tar) e umidade relativa (Ur), incluindo-se os seus respectivos derivados, em ambientes degradados e/ou, até mesmo, os descritos como desertificados.

Diante deste contexto, este estudo contempla os dois núcleos de desertificação do Estado da Paraíba (Cariri e Seridó), delimitados por Vasconcelos Sobrinho (1978a e 1978b), representados, neste trabalho, respectivamente, pelas localidades de Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), cuja representação gráfica, das relações médias horárias entre a temperatura do ar e a umidade relativa, é apresentada na Figura 1.

**Figura 1-** Relações horárias entre as temperaturas do ar e a umidade relativa do ar, em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz). Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2024).

As relações horárias entre a temperatura do ar versus umidade relativa do ar mostram, de forma clara, razões inversas entre si, com concavidades opostas e bem definidas, sobretudo, entre 09 e 17 h e noturno/começo da manhã (das 18 às 08 h). Além dessa característica e, em qualquer horário, a inversão se mantém, ou seja, quanto maior for a temperatura menor será a umidade relativa e vice-versa.

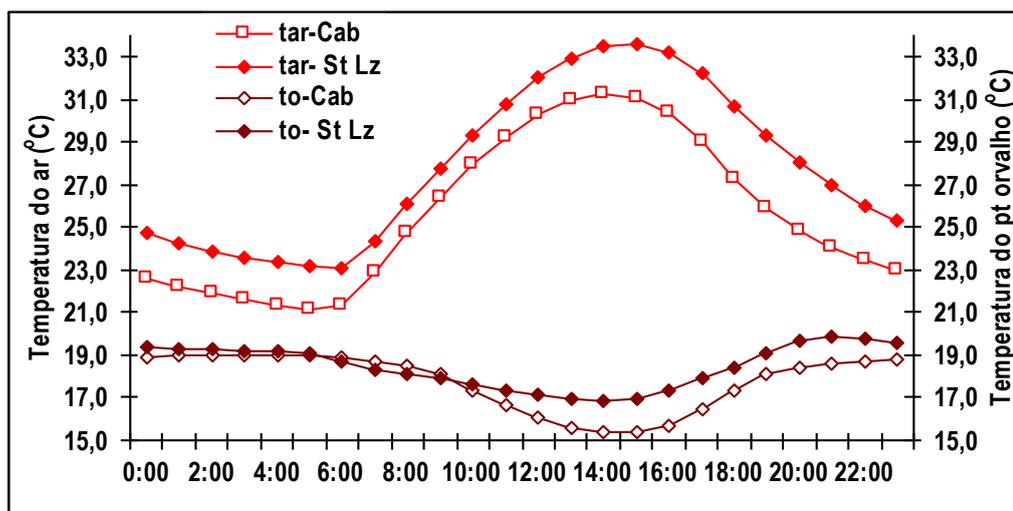
Mesmo mantendo-se as características próprias de tar e Ur, as relações entre si são inversas. Observa-se (Figura 1) que os formatos côncavos das curvas diferem entre si, quando se comparam as médias horárias da temperatura do ar e de umidade atmosférica de Cabaceiras com as de Santa Luzia.

As concavidades mostram a existência de diferenças nos valores das ordenadas, no período diurno (abscissa), quando essa relação for com a temperatura do ar, ou seja, nitidamente menor em Cabaceiras do que em Santa Luzia e, de forma inversa, com a umidade relativa.

Observa-se (Figura 1) que a temperatura do ar foi sempre maior, em qualquer horário, em Santa Luzia do que em Cabaceiras, numa razão média de +2,2 °C. Como a Ur tem uma relação inversa, os respectivos indicadores foram sempre menores, em média, 5,2 %.

A temperatura do ponto de orvalho ( $t_o$ ) equivale à temperatura na qual ocorre a saturação, ou seja, quando a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) se torna saturante pela redução da temperatura do ar, cuja relação é mostrada na Figura 2.

**Figura 2** - Relação horária entre as temperaturas do ar ( $t_{ar}$ ) e a do ponto de orvalho ( $t_o$ ) em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz). Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A relação  $t_{ar}$  versus  $t_o$  da Figura 2 mostra discrepância entre si, nos dois ambientes, especialmente, no turno vespertino. Para ocorrer à saturação do ar, a temperatura do ar tem que se igualar ao valor da temperatura do ponto de orvalho. Essa ocorrência natural em Cabaceiras, por exemplo, exigiria uma redução média horária na  $t_{ar}$  de 7,8 °C contra 9,4 °C, para Santa Luzia.

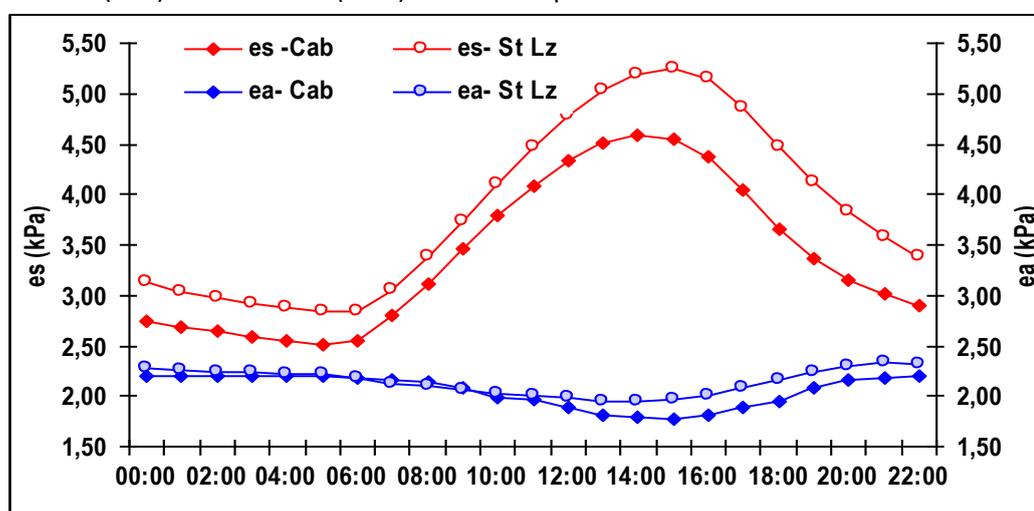
As diferenças entre  $t_{ar}$  e  $t_o$  demonstram que esses ambientes têm pouca ou nenhuma chance de formar orvalho; saturam-se apenas quando chove. Mesmo assim, as desigualdades entre as curvas em Cabaceiras são menores do que as de Santa Luzia.



Outra maneira para ocorrer saturação ocorrerá quando a pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ) se iguale à pressão parcial ( $e_a$ ). Essa condição pode ser, também, quantificada pela umidade relativa, calculada pela razão entre  $e_a$  e  $e_s$  (Figura 3).

Como a  $Ur$  é diretamente proporcional à  $e_a$  e inversamente à  $e_s$ , verifica-se (Figura 3) que, em virtude da pressão parcial de vapor ser quase constante, ao longo do dia, a variação do teor de umidade ocorre de forma inversa ao valor da pressão de saturação de vapor, que depende, exclusivamente, da temperatura do ar.

**Figura 3** – Relações horárias entre a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) e a de saturação ( $e_s$ ), em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz). Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020

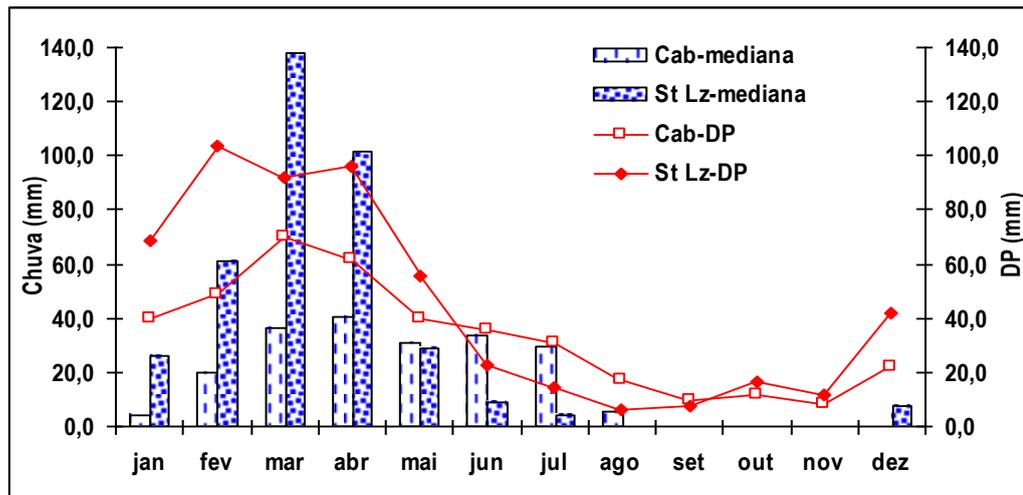


Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A pressão de saturação de vapor, em Santa Luzia, foi, em média, 0,50 kPa maior que em Cabaceiras. Essa condição, a priori, parece ser contraditória, haja vista que Santa Luzia tem regimes pluviais mensais e anuais mais bem distribuídos do que em Cabaceiras (Figura 4), com totais medianos de chuvas de 540 mm e 320 mm/ano, respectivamente.

O uso da mediana, em vez da média aritmética, se deve a assimetria existente entre si, ou seja, os valores das médias mensais e anuais diferem dos das medianas, o que concorda com as recomendações feitas para outros locais por (ALMEIDA; RAMOS, 2020; ALMEIDA; GALVANI, 2021).

**Figura 4** – Medianas e desvios padrão mensais (climatológicos) da chuva, dos núcleos de desertificação paraibanos do Cariri (Cabaceiras-Cab) e Seridó (Santa Luzia- St Lz)



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A duração da estação chuvosa refere-se à sequência cronológica de meses com os maiores valores medianos. Observa-se (Figura 4) que tanto a quantidade quanto a duração e a distribuição temporal, das referidas estações, diferem entre si, ou seja, as condições ambientais são distintas.

Esses resultados corroboram-se com os de Conti (2002), nos quais a desertificação seja um processo de deterioração do ambiente natural, e com os de Conti (2005), ao relatar que a chuva acelera o processo de degradação ambiental, reduz de forma progressiva a biomassa e o ressecamento ambiental e com Ab'Saber (1974); o Nordeste seco é uma região de posição marcadamente azonal.

Na visão de Sampaio e Sampaio (2002), a desertificação é um processo que resulta, geralmente, de um emaranhado de causas e de efeitos que se entrelaçam, razões pelas quais o Matallo Junior (2001) propôs o estabelecimento de índices de susceptibilidade e de desertificação.

Comparando-se os modelos mensais da climatologia pluvial (Figura 4), dos dois locais, verifica-se que Santa Luzia é mais chuvoso que Cabaceiras, com percentuais médios anuais e na estação chuvosa superiores a 65,0 e 100,0 %, respectivamente. Comparando-se as duas localidades, constatou-se que Santa Luzia é mais chuvoso, quando se utiliza apenas a média climatológica da chuva, mas as características higrotérmicas do ar úmido horária, indicam ser



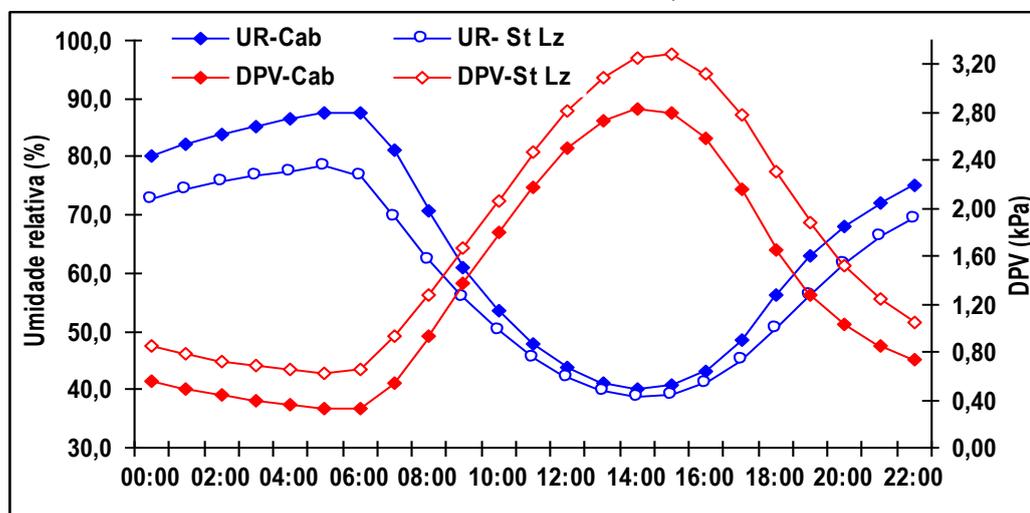
menos úmida ( $U_r -5,2\%$ ), em virtude de ser mais quente ( $+ 2,2\text{ }^\circ\text{C}$ ), haja vista a relação inversa da  $U_r$  com a pressão máxima de saturação de vapor ( $e_s$ ).

Essa comparação simples demonstra que usar somente as médias climatológicas da chuva não caracteriza as condições ambientais do local. Por isso, um local mais chuvoso, nesta escala, não significa, necessariamente, que o ar seja mais úmido, como pode ser comprovada mediante outras análises e/ou relações dos indicativos higrotérmicos do ar úmido, mostrados nas Figuras 1, 2 e 3.

Outro indicativo importante do ar atmosférico é o déficit de pressão de saturação (DPV), ou seja, quanto falta para atingir a saturação. A maneira mais usual dessa conexão é a relação do DPV versus  $U_r$ , como mostra a Figura 5.

As curvas horárias do DPV (Figura 5) foram sempre maiores em Santa Luzia do que em Cabaceiras, com média de 0,4 kPa, e têm concavidades opostas, ou seja, quanto maior for a  $U_r$  menor será o DPV e vice-versa.

**Figura 5** - Relação horária entre o déficit de pressão de vapor (DPV) e a umidade relativa do ar, em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), Paraíba. Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Verifica-se, também, que o DPV cresce entre 07:00 h e 16:00 h, com máximo por volta das 14:00 h, e decresce das 17:00 até 06:00 h da manhã.

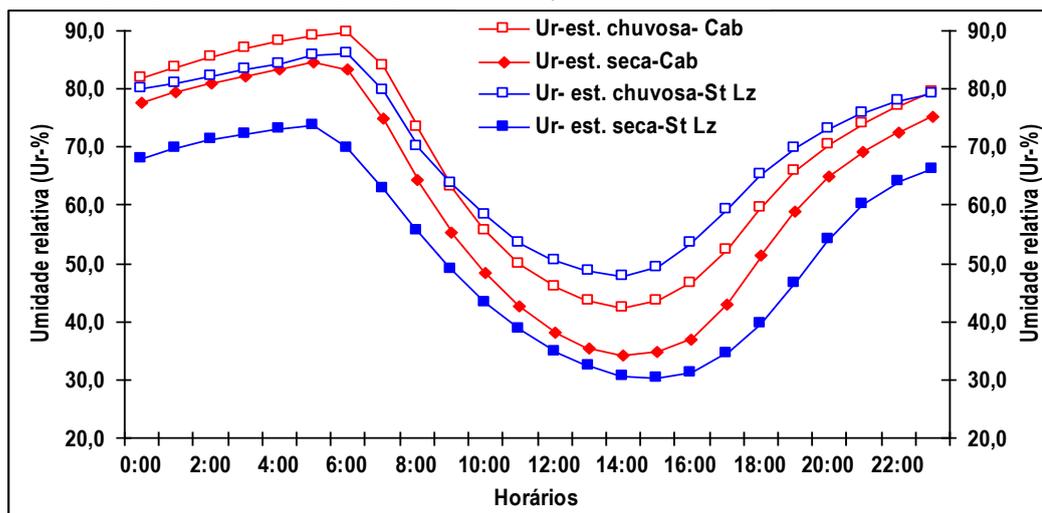
Destaca-se, entretanto, que, nos horários com maiores déficit de pressão de saturação de vapor (DPV), incluindo-se os de picos, coincidem com os de menores teores de umidade relativa. Essa coincidência deve-se a existência de uma relação direta com a pressão parcial

de vapor, que é quase constante, ao longo do dia, e inversa com a temperatura do ar e pressão de saturação.

A tendência crescente do DPV, predominantemente, no período diurno, especialmente, resulta do aumento da pressão de saturação de vapor, haja vista que a pressão parcial de vapor é praticamente constante ao longo do dia.

Outras características termodinâmicas do ar atmosférico, em ambientes semiáridos, são os indicadores de umidade atmosférica, durante as estações seca e chuvosa. A Figura 6 apresenta os teores de umidade relativa do ar e a Figura 7, os de umidades de saturação e absoluta.

**Figura 6** - Oscilações horárias da umidade relativa (Ur) e nas estações chuvosa e seca, em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz). Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

As curvas dos teores de umidade na atmosfera, em ambas as estações e localidades, comportam-se ao longo do dia de forma simétrica, ou seja, com maiores valores da umidade relativa e de saturação na estação chuvosa e os menores na seca.

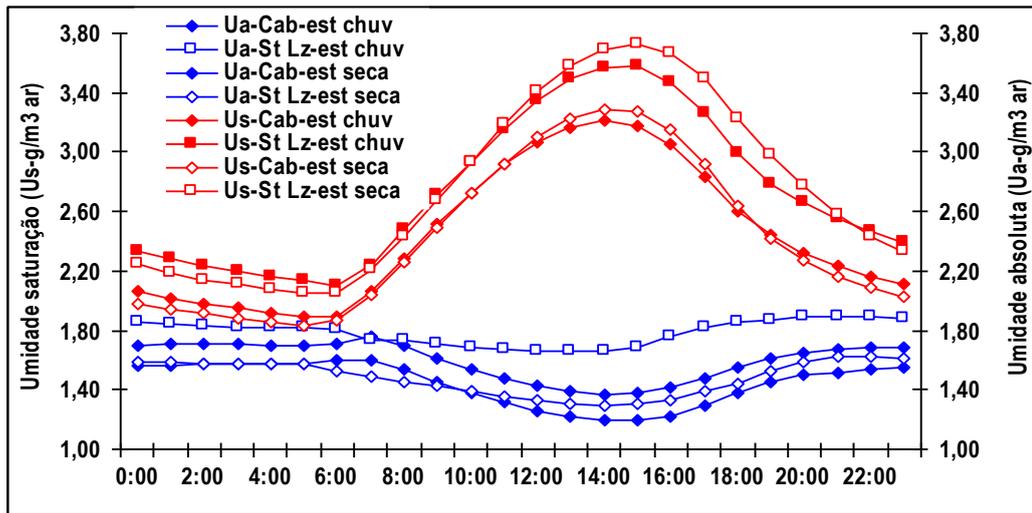
No entanto, percebe-se que a maior diferença ocorreu na estação seca, entre 20 h e 08 h da manhã. Já, na estação chuvosa, esse intervalo coincidiu com a menor diferença.

Observa-se, na Figura 7, uma pequena variação da umidade absoluta (Ua), ao longo do dia, até mesmo, quando se compara a estação chuvosa com a seca, em razão de a pressão parcial ser quase constante, exceto para Santa Luzia, por ter um quantitativo de chuva maior, na estação chuvosa, três vezes maior que o de Cabaceiras. Verificou-se, também, uma grande



diferença percentual média da Ua, quando se compara a estação chuvosa com a seca, equivalente a 10,7 %, em Cabaceiras contra 20,7 %, em Santa Luzia.

**Figura 7** – Relações horárias entre as umidades absoluta (Ua) e as de saturação (Us), nas estações chuvosa e seca, em Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz). Médias do período: 01.01.2013 a 31.12.2020.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

No entanto, quando se compara as médias horárias para todo o período, comprova-se que os valores da Ua são praticamente constantes, em ambos os locais, sendo maior em Cabaceiras ( $1,49 \text{ g vapor. m}^{-3}$  de ar) do que em Santa Luzia ( $1,32 \text{ g vapor. m}^{-3}$  de ar), ou seja, o ar atmosférico médio horário do período estudado foi um pouco mais úmido ( $\approx 2,0\%$ ).

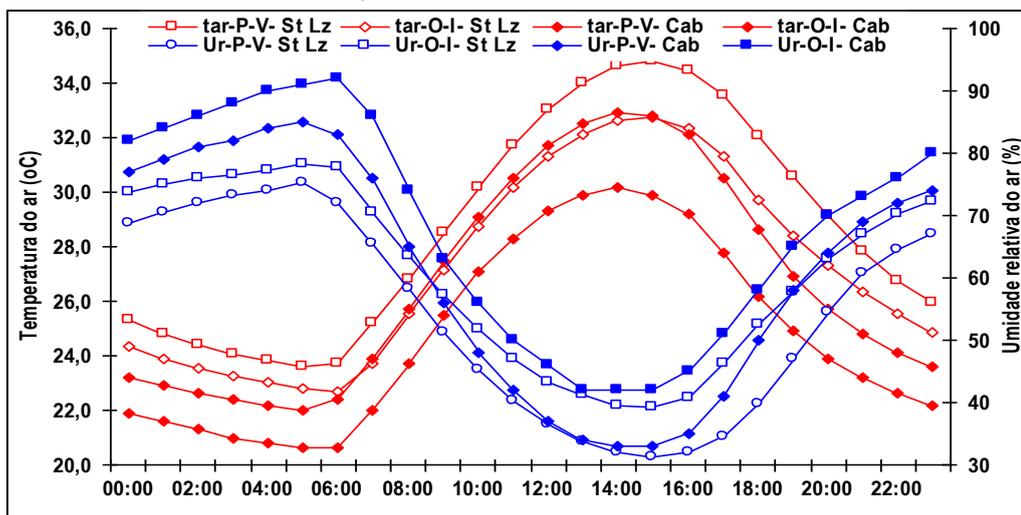
Com relação à umidade de saturação, observa-se (Figura 7) que os valores foram sempre maiores em Santa Luzia do que em Cabaceiras, independente da estação ser chuvosa ou seca. Isso se deve a existência de uma relação direta com a temperatura do ar e, consequentemente, com a pressão parcial de vapor. Condições essas que resultam num valor maior da umidade de saturação, quando comparado com o Ua, de  $2,75 \text{ g.m}^{-3}$  de ar contra  $2,43 \text{ g.m}^{-3}$  de ar.

Nota-se, também, que os extremos da Us além de depender da temperatura do ar, ocorrem em horários próximos, porém com um “lag” de 1 hora. Essa relação direta com a temperatura mostra que as curvas de Us são simétricas, com máximo entre 14:00 e 15:00 h, em ambos os locais.

Para averiguar se essa diferença persiste, quando se compara por estações do ano, incluem-se as relações entre as frequências horárias da tar e Ur (Figura 8), agrupando-as para os dias equivalentes aos da primavera e verão (P-V) e os outono-inverno (O-I).

As linhas azuis referem-se aos valores medianos horários de umidade relativa e os vermelhos, os de temperatura do ar. Observa-se (Figura 8) que as curvas da Ur são inversas às de temperatura do ar, ou seja, quanto maior for a tar menor será a Ur e vice-versa. Essa assertiva se deve, primeiramente, a não variação da pressão parcial de vapor, ao longo dia, em ambos os locais, e segundo, a razão inversa da Ur com a pressão de saturação de vapor.

**Figura 8** - Medianas horárias da temperatura do ar (tar) e umidade relativa (Ur), nas diferentes estações do ano: primavera-verão (P-V) e outono-inverno (O-I). Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), PB, no período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

As características higrótérmicas do ar úmido (tar e Ur), durante os turnos diurnos e noturnos (Figura 8), mostram maiores valores de temperatura do ar nos turnos matutinos e vespertinos e menores entre o ocaso e o nascimento do sol. Essa inversão se deve a razão inversa da tar versus Ur.

Outro aspecto importante nas duas curvas (tar X Ur) é a assimetria existente entre si, ou seja, quando uma cresce a outra decresce; com valores crescentes de temperatura do ar entre 07 e 17 h e decrescente das 18 às 06 h da manhã. Já, em virtude da inversão, os teores de umidade relativa são simetricamente opostos.

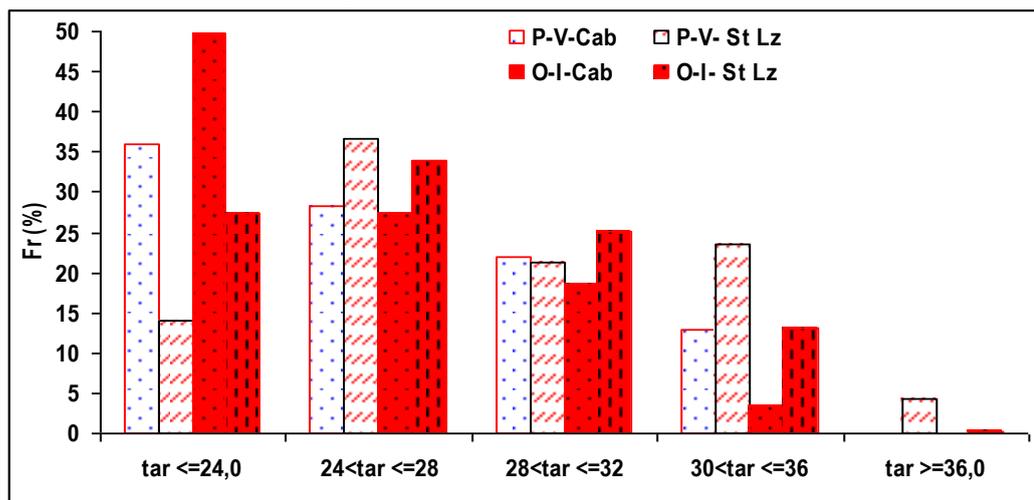


Destaca-se, ainda, que os valores da umidade relativa são maiores no outono-inverno e menores na primavera-verão, em ambas as localidades. Fazendo-se uma comparação entre as medianas horárias das temperaturas do ar com as de umidades relativas (Figura 8), contabiliza-se que, nos dias da primavera-verão e nos de outono-inverno, as tar, em Santa Luzia, foram 2,0 e 2,5 °C maiores do que em Cabaceiras. Contrariamente, os valores da umidade relativa, em Cabaceiras, foram 6,7 e 7,3% maiores.

As Figuras 9 e 10 resumam as frequências (Fr) de ocorrências horárias, da temperatura do ar e umidade relativa, para cinco intervalos de classe. As legendas, com retângulos indicam as Fr de Cabaceiras e as linhas, as de Santa Luzia, para cada grupo de estações.

Numa análise isolada da temperatura do ar (Figura 9), as frequências relativas de ocorrência de tar menor que 24,0 °C - na primavera-verão e outono-inverno - são maiores em Cabaceiras (Fr 42,8 %) que em Santa Luzia (Fr 20,7 %). Verifica-se que, para os demais intervalos de classes de temperatura do ar, as frequências de ocorrência da tar foram maiores em Santa Luzia.

**Figura 9** - Frequência relativa (Fr, %) da ocorrência da temperatura do ar (tar), por intervalos de classes, na primavera-verão (P-V) e outono-inverno (O-I). Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), PB, no período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

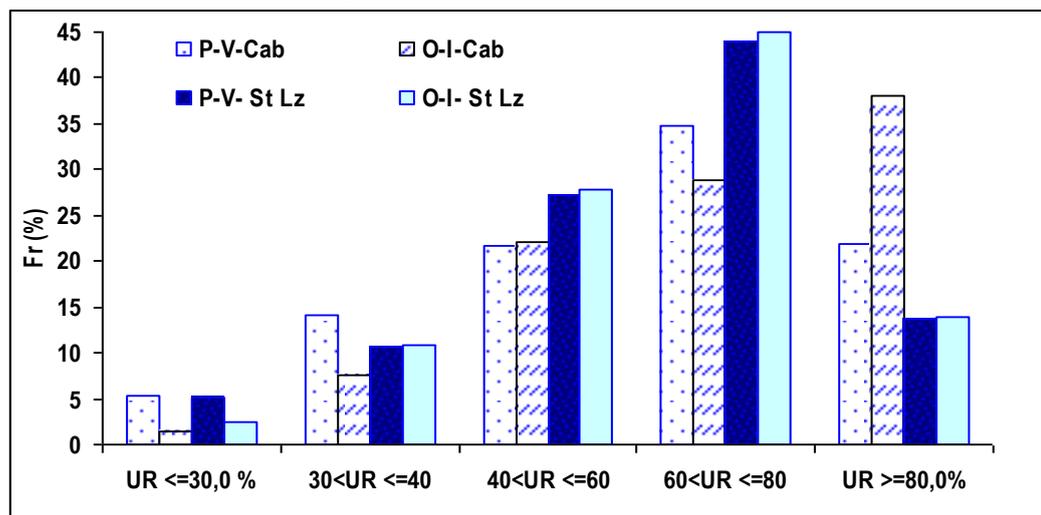
Ao comparar os valores da tar, por intervalo, e agrupando-os por estação do ano, observa-se (Figura 9) que as frequências relativas da tar são maiores na primavera-verão do

que outono-inverno, exceto quando a tar for menor ou igual a 24,0 °C, no outono-inverno, por coincidir com a estação chuvosa.

Quantificando-se as frequências da umidade relativa, por intervalos de classe (Figura 10), observa-se, em geral, que Ur inferior a 40,0 % ocorre, com maior Fr na primavera-verão e a faixa entre 60 e 80 % é a que tem a maior Fr, em ambas as estações do ano e locais.

Observa-se, em geral, na Figura 10, que para intervalos menores da umidade relativa, a tendência seja de ocorrência maior da Fr na primavera-verão do que no outono-inverno, ou seja, refletindo, em parte, com os períodos mais chuvosos e secos de ambos os locais.

**Figura 10** - Frequência relativa (Fr, %) da ocorrência da umidade relativa do ar (Ur), por intervalos de classes, na primavera-verão (P-V) e outono-inverno (O-I). Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), PB, no período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Destaca-se, ainda, que, embora a localidade de Cabaceiras chova menos que a de Santa Luzia, as frequências relativas médias de ocorrências da Ur, para os dois locais, maiores que 80%, foram, em média, de 30,0 %, para em Cabaceiras, contra 13,8 %, para Santa Luzia.

Fazendo uma inter-relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa, por intervalos de classes (Figuras 9 e 10), verifica-se que os maiores valores da tar coincidem com os menores de Ur e vice-versa.

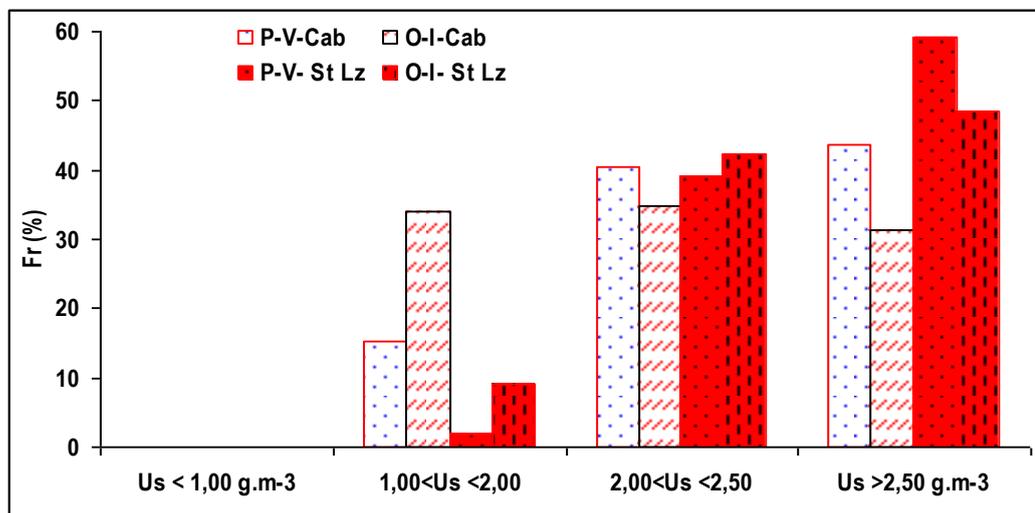
Essa inversão contribui ainda mais para afetar o ar atmosférico do ambiente semiárido, porque à medida que aumenta a temperatura diminui o teor de Ur. Condições naturais essas



que contribuem para tornarem esses ambientes mais frágeis e vulneráveis às ações antrópicas e, portanto, facilitam a degradação ambiental.

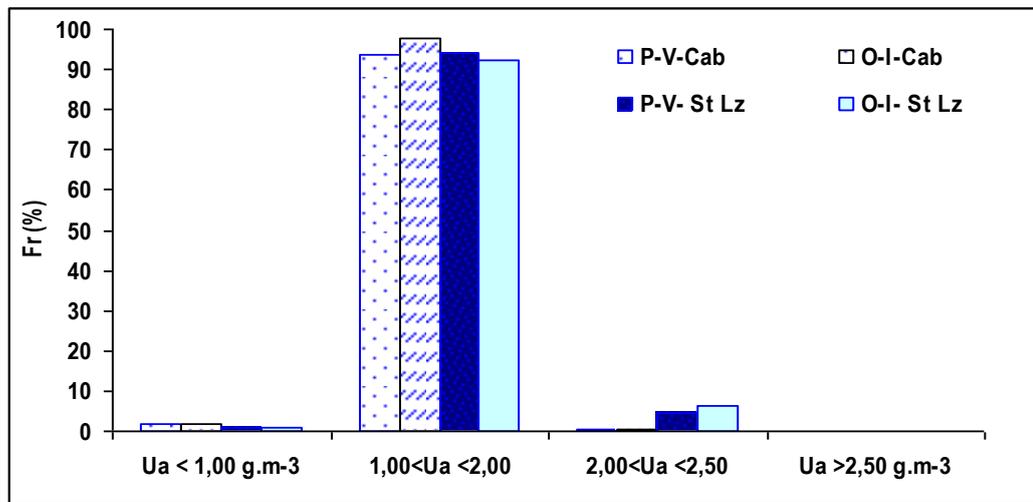
Os teores de umidade relativa são indicadores relativos da umidade do ar, existentes na troposfera próxima ao solo, e representam a quantidade de vapor de água existente até o ponto de saturação a uma determinada temperatura. Já, as umidades de saturação ( $U_s$ ) e a absoluta ( $U_a$ ) indicam a massa real de vapor de água em um volume definido (quantidade de vapor por  $m^3$  de ar), cujas médias horárias são apresentadas nas Figuras 11 e 12.

**Figura 11** – Frequência relativa (Fr, %) da umidade de saturação ( $U_s$ ), por intervalos de classe, na primavera-verão (P-V) e outono-inverno (O-I). Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), PB. Médias de 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

**Figura 12** - Frequência relativa (Fr, %) da umidade absoluta (Ua), por intervalos de classe, na primavera-verão (P-V) e outono-inverno (O-I). Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Lz), PB, no período: 01.01.2013 a 31.12.2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Ao se comparar a Us por estações do ano, verifica-se (Figura 11) que a Fr de ocorrência da Us tem comportamento bem distinto entre as estações e locais. No intervalo de classe entre 1,0 e 2,0 g.m<sup>-3</sup>, por exemplo, as frequências relativas de ocorrência no outono-inverno são maiores do que na primavera-verão, em ambos os locais, embora nos intervalos de classes superiores a esse, há uma inversão.

Como a umidade de saturação é diretamente proporcional à pressão de saturação de vapor e umidade absoluta, à pressão parcial de vapor, a Us será sempre maior Ua, exceto se o ar estiver saturado, quando ambas são iguais.

A maior frequência de ocorrência da Ua, no intervalo entre 1,0 e 2,0 g vapor. m<sup>-3</sup> de ar, deve-se à estação chuvosa de ambos os locais, que ocorre nas estações outono-inverno. Observa-se (Figura 12) que as diferenças nos valores das frequências relativas das UAs, por intervalo de classe, são insignificantes, quando se compara Cabaceiras com Santa Luzia, em qualquer uma das estações do ano.

É importante destacar que, a temperatura do ar é o elemento mais importante na caracterização higrotérmica do ar úmido dos núcleos de desertificação paraibanos. Por isso, os modelos de regressão simples, para estimar os principais indicadores higrotérmicos do ar atmosférico, utilizam-se dos valores de tar, como mostra a Tabela 2.

Os elevados índices estatísticos de precisão ( $r^2$ ), exatidão (d), de confiança (c) e os indicativos referentes a erros dos modelos de regressão (erro absoluto médio e de eficiência)



mostram elevada precisão nas estimativas horárias dos principais indicadores do ar atmosférico, utilizando-se apenas dados horários de temperatura do ar.

**Tabela 2** – Modelos de regressão linear horários e os indicadores estatísticos de precisão: coeficientes de determinação ( $R^2$ ), concordância (d) e confiança (c) e de exatidão: erro absoluto médio (EAM), eficiência do método (EF) e índice de desempenho (Ic), para os núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba

Equações ( $Y=a+bX$ )	$r^2$	d	EMA	EF	c	Ic
$Ur(\%) = -4,92 \times tar(^{\circ}C) + 191,4$	0,994	1,00	0,02	0,99	0,97	Ótimo
$e_s(kPa) = 0,206 \times tar(^{\circ}C) - 1,92$	0,995	1,00	0,00	0,97	0,97	Ótimo
$e_a(kPa) = -0,049 \times tar(^{\circ}C) + 3,30$	0,943	1,00	0,00	1,00	0,97	Ótimo
$t_o(^{\circ}C) = -0,393 \times tar(^{\circ}C) + 27,9$	0,937	1,00	0,01	0,94	0,97	Ótimo
$DPV(kPa) = 0,254 \times tar(^{\circ}C) - 5,22$	0,991	0,99	0,00	0,95	0,96	Ótimo
$U_s(g.m^{-3} ar) = 0,14 \times tar(^{\circ}C) - 1,15$	0,996	1,00	0,00	0,98	0,97	Ótimo
$U_a(g.m^{-3} ar) = -0,04 \times tar(^{\circ}C) + 2,51$	0,957	1,00	0,00	0,97	0,97	Ótimo

(\*) Camargo; Sentelhas, 1997.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2024).

Destaca-se, entretanto, que os indicadores higrotérmicos do ar úmido, na escala horária, do núcleo de desertificação do Cariri com os do Seridó da Paraíba, diferirem entre si, em quantidade e distribuição tanto na escala temporal quanto espacial. Isso evidencia, portanto, que o microclima de cada núcleo requer técnicas de manejo diferenciadas, em função das condições ecológicas.

Além disso, a irregularidade no regime pluvial e a sequência cronológica de anos com estiagens ou secas, especialmente, no núcleo mais seco, por exemplo, poderão afetar de forma mais agressiva o processo de degradação ambiental.

Concorda-se com Conti (2008), que embora a seca seja um fenômeno natural reversível, de ocorrência esporádica e periodicidade complexa, uma prolongada estiagem contribui para fragilizar, ainda, mais o ambiente.

## 4. CONCLUSÕES

Os principais indicadores termodinâmicos do ar horários, nos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó do Estado da Paraíba, diferem entre si, sendo o núcleo do Cariri mais frio e mais úmido do que o do Seridó, embora seja menos chuvoso.

As relações horárias entre temperatura do ar e umidade relativa (Ur), entre Ur e o déficit de pressão de saturação de vapor e umidade de saturação versus umidade absoluta são inversamente proporcionais, com concavidades opostas e bem definidas.

A capacidade de retenção de vapor d'água na atmosfera é diretamente proporcional à temperatura do ar e à formação de orvalho, nesses ambientes semiáridos, é quase nula.

A degradação ambiental é um processo que advém, principalmente, de ações antrópicas, embora os elevados indicadores térmicos, os baixos teores de umidades do ar e a irregularidade no regime pluvial contribuam, em geral, para acelerar o processo de degradação ambiental.

Os indicadores higrotérmicos horários e os regimes pluviais mensais, predominantes em cada núcleo de desertificação do Estado da Paraíba, evidenciam um microclima discernido e, portanto, requerem técnicas de manejos diferenciadas.

Os modelos estatísticos para estimar os indicadores higrotérmicos do ar úmido, nos referidos núcleos de desertificação, utilizando-se apenas a temperatura do ar, mostraram índices elevados de exatidão, precisão e concordância nas estimativas das umidades relativa, de saturação e absoluta, além das pressões parcial e de saturação de vapor.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado Sênior ao primeiro autor e pela Bolsa de Pesquisa e Produtividade do segundo autor.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 43, p. 1-39, 1973.

AKBARI, Morteza., SHALAMZARI, Masoud Jafari., MEMARIAN, Hadi., GHOLAMI, Atefeh. Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. **Ecological Indicators**, v.111, 106011, 2020.

ALMEIDA, Hermes Alves de.; GALVANI, Emerson. Climatologia do regime de chuvas em Campina Grande/PB: modelos e variabilidade. **Revista Entre - Lugar**, v. 13, n.24, p. 147-169, 2021.



ALMEIDA, Hermes Alves de.; RAMOS, Daniela Brito. Alternative of living in the geographical outline of cariri paraibano, Brazil. **International Journal of Development Research**, v. 10, n.05, pp. 35820-35824, 2020.

ALMEIDA, Hermes Alves de.; AGUIAR, Danilo Barbosa de.; SILVA, Nivaldo da Silva.; DAMASECENO, João. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da microrregião do Seridó Ocidental da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.05 (Número Especial- VIWMCRHPE), p 784-797, 2014.

ALMEIDA, Hermes Alves de.; MACHADO, Regina Cele Rebouças. Características termodinâmicas do ar no interior de plantações de cacau, no Sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.39-48, 2008.

AUBREVILLE, Andre. Climats, forêts et désertification de l’Afrique Tropicale. Paris: **Société d’Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales**, 351p, 1949.

BRIASSOULIS, Helen. Combating Land Degradation and Desertification: The Land-Use Planning Quandary. **Land**, vol. 8, n. 2, p, 1-26, 2019

CAMARGO, Ângelo Paes.; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CONTI, José Bueno. O conceito de desertificação. **Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro**, v.3, n.2, p, 39-52; 2008.

CONTI, José Bueno. A questão climática do nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1, p 7-14, 2005.

CONTI, José Bueno. As relações Sociedade/Natureza e os Impactos da Desertificação nos Tópicos. Florianópolis: Imprensa Universitária, **Cadernos Geográficos**, n.4, 42p, 2002.

MATALLO JÚNIOR, Heitor. **Desertification indicators: history and perspectives**. Brasília: UNESCO, 2001, 80p, 2001.

Oo, Han Thi.; ZIN, Win Win; KYI, Cho Cho Thin. Assessment of future climate change projections using multiple global climate models. **Civil Engineering Journal**, v. 5, p, 2152–2166, 2019.

PEREZ-MARIN, Aldrin Martin.; CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto.; MEDEIROS, Salomão Sousa de.; TINÔCO, Leonardo Bezerra de Melo.; SALCEDO, Ignácio Hérnan. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. **Parc. Estrat.**, Brasília, DF. v.17, n. 34, p. 87-106, 2012.

DUANYANG, XU.; CHUNLEI, LI.; DAFANG, ZHUANG.; JIANJUN, PAN. Assessment of the relative role of climate change and human activities in desertification: A review. **J. Geogr. Sci.**, v 21, n. 5, p. 926-936, 2011

SAMPAIO, Everaldo.; SAMPAIO, Y. **Desertificação**. Recife: EDUFPE, 2002. 85 p.

SOLANGI, Ghulam Shabir.; SIYAL, Altaf Ali.; SIYAL, Pirah. **Spatiotemporal dynamics of land surface temperature and its impact on the vegetation**. Civil Eng. J., v.5, p, 1753–1763, 2019.

SOUTO, J. J. P. **Desert, a threat? Study of desertification nuclei on the southwestern border of Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretary of Agriculture, Department of Renewable Natural Resources, 1985. 169 p, 1985.

UNCCD, **Desertification Secretariat. Down to Earth. A simplified guide to the Convention to Combat Desertification, why it is necessary and what is important and different about it**. Bonn: UNCCD, 1995.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **The land in numbers-livelihoods at a tipping point, 2014**. Available in: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>. Access in 31.05.2022.

VASCONCELOS SOBRINHO, João de. **Identification of desertification processes in the Drought Polygon of Northeast Brazil**. Recife. SUDENE. 1978 11p, 1978a.

VASCONCELOS SOBRINHO, João de. **Methodology for identifying desertification processes: indicators manual**. Recife: SUDENE, 1978 18 p, 1978b.

WANG, Xunming.; CHEN, Fahu.; HASI, Eerdun.; LI, Jinchang. Desertification in China: An assessment. **Earth Sci. Ver**, v.88, p. 188–206, 2008.

WILLMOTT, CORT J.; ACKLESON, STEVEN G; DAVIS, ROBERT E; FEDDEMA, JOHANNES J.; KLINK, KATHERINE M.; LEGATES, DAVID R.; O'DONNELL, JAM. ; ROWE, CLINTONM. Statistics for the Evaluation and Comparison of Models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5. p. 8995-9005, 2005.

WU, Zunyou. Superficial review about the desertification in the North zone of China. **Acta Geogr. Sin.**, v. 46, p. 266–276, 1991.