

## **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento climático a fim de comparar a qualidade do clima em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal no Município de Assú, Estado do Rio Grande do Norte (RN), Brasil**

Development of a climate monitoring system to compare climate quality in areas with different levels of vegetation cover in the municipality of Assú, state of Rio Grande do Norte (RN), Brazil

Desarrollo de un sistema de monitoreo climático para comparar la calidad del clima en áreas con diferentes niveles de cobertura vegetal en el municipio de Assú, estado de Rio Grande do Norte (RN), Brasil

Recebido: 22/10/2024 | Revisado: 31/10/2024 | Aceitado: 01/11/2024 | Publicado: 05/11/2024

**Izabel Tayná Nogueira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2406-7706>  
Centro Estadual de Educação Profissional, Brasil  
E-mail: [izabeltayna748@gmail.com](mailto:izabeltayna748@gmail.com)

**Alef Kennedy Rocha da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4069-6076>  
Centro Estadual de Educação Profissional, Brasil  
E-mail: [alefkennedy94@outlook.com](mailto:alefkennedy94@outlook.com)

**Matheus Emanuel Tavares Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9025-9918>  
Centro Estadual de Educação Profissional, Brasil  
E-mail: [matheus.emmanuelts@gmail.com](mailto:matheus.emmanuelts@gmail.com)

**João Paulo Rodrigues de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5869-6878>  
Centro Estadual de Educação Profissional, Brasil  
E-mail: [jrodrigues064@gmail.com](mailto:jrodrigues064@gmail.com)

### **Resumo**

A presente pesquisa visa comparar condições climáticas em diferentes áreas do município de Assú/RN, na Caatinga brasileira. Foi desenvolvido um sistema de monitoramento climático de baixo custo capaz de detectar diferenças significativas no clima de áreas degradadas e preservadas. Para alcançar o objetivo, a pesquisa teve o seguinte itinerário: 1) Delimitação da área de estudo (três unidades experimentais foram demarcadas: Floresta Nacional de Açu - FLONA, Área Urbana - AU e Área Rural Degradada - ARD); 2) Desenvolvimento e aplicação do protótipo com hardware e software; 3) Análise e discussão dos dados, utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar normalidade e homogeneidade. A Análise de variância (ANOVA) detectou diferenças significativas entre as áreas, com  $p < 0,05$ , seguida do teste de Tukey para determinar quais unidades experimentais divergiram significativamente entre si. Todas as análises estatísticas apresentadas na pesquisa foram realizadas no *Software R*. A FLONA apresentou índices mais próximos do ideal, com temperaturas mais baixas, maior umidade relativa do ar, menor taxa de concentração de CO<sub>2</sub> e valores condizentes com a estação do ano em radiação solar (UV). A área também atua no combate à desertificação da Caatinga, e sua ampliação, defendida pelo ICMBio, é de extrema importância no que diz respeito ao uso sustentável dos recursos naturais, ao incentivo à prática da educação ambiental e ao desenvolvimento da pesquisa científica.

**Palavras-chave:** Desertificação da Caatinga; Arduino IDE; Unidade de conservação.

### **Abstract**

This research aims to compare climatic conditions in different areas of the municipality of Assú/RN, located in the Brazilian Caatinga. A low-cost climate monitoring system was developed to detect significant differences in the climate of degraded and preserved areas. To achieve the objective, the research followed the following steps: 1) Delimitation of the study area (three experimental units were demarcated: Floresta Nacional de Açu - FLONA, Urban Area - AU, and Degraded Rural Area - ARD); 2) Development and implementation of the prototype with hardware and software; 3) Data analysis and discussion, using the Shapiro-Wilk and Levene tests to check for normality and homogeneity. Analysis of variance (ANOVA) detected significant differences between the areas, with  $p < 0.05$ ,

followed by the Tukey test to determine which experimental units differed significantly from each other. All statistical analyses presented in the research were conducted using R Software. FLONA showed the most favorable climatic indices, with lower temperatures, higher relative humidity, lower CO<sub>2</sub> concentration, and UV radiation values consistent with the season. The area also plays a crucial role in combating the desertification of the Caatinga, and its expansion, advocated by ICMBio, is of utmost importance in promoting the sustainable use of natural resources, encouraging environmental education, and fostering scientific research.

**Keywords:** Desertification of the Caatinga; Arduino IDE; Conservation unit.

### Resumen

Esta investigación tiene como objetivo comparar las condiciones climáticas en diferentes áreas del municipio de Assú/RN, ubicado en la Caatinga brasileña. Se desarrolló un sistema de monitoreo climático de bajo costo capaz de detectar diferencias significativas en el clima de áreas degradadas y preservadas. Para alcanzar el objetivo, la investigación siguió los siguientes pasos: 1) Delimitación del área de estudio (se demarcaron tres unidades experimentales: Floresta Nacional de Açu - FLONA, Área Urbana - AU y Área Rural Degradada - ARD); 2) Desarrollo e implementación del prototipo con hardware y software; 3) Análisis y discusión de los datos, utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene para verificar la normalidad y homogeneidad. El análisis de varianza (ANOVA) detectó diferencias significativas entre las áreas, con  $p < 0.05$ , seguido de la prueba de Tukey para determinar qué unidades experimentales divergieron significativamente entre sí. Todos los análisis estadísticos presentados en la investigación fueron realizados utilizando el software R. La FLONA mostró los índices climáticos más favorables, con temperaturas más bajas, mayor humedad relativa, menor concentración de CO<sub>2</sub> y valores de radiación solar (UV) coherentes con la estación del año. El área también desempeña un papel crucial en la lucha contra la desertificación de la Caatinga, y su expansión, defendida por ICMBio, es de suma importancia para promover el uso sostenible de los recursos naturales, incentivar la educación ambiental y fomentar la investigación científica.

**Palabras clave:** Desertificación de la Caatinga; Arduino IDE; Unidad de conservación.

## 1. Introdução

A Caatinga é um Bioma exclusivamente brasileiro, ocupando cerca de 734.000 km<sup>2</sup> e abrangendo todos os estados da região Nordeste e uma pequena parte do norte do estado de Minas Gerais (Souza, Artigas & Lima, 2015). Quanto à diversidade de plantas, a Caatinga possui pouco mais de 3.000 espécies, com 724 apresentando endemismo para o Bioma. Esta riqueza de espécies vegetais gera uma série de benefícios socioeconômicos e ambientais para os seres vivos que habitam a região (Fernandes & Queiroz, 2018; ICMBio, 2019; Farias & de Melo, 2020; Sousa Silva et al., 2020; Camacam & de Omena Messias, 2022).

Quanto à conservação e preservação da Caatinga, estudos com quase três décadas já demonstravam preocupação em relação à sua degradação (e. g., Araújo Filho & Carvalho, 1997). Atualmente estima-se que cerca de 80% da vegetação presente no bioma já foi modificada por ações antrópicas (Souza, Artigas & Lima, 2015). Os dados são preocupantes, uma vez que a cobertura vegetal presente no bioma tem como finalidade proteger o solo e evitar impactos ambientais e climáticos. Um desses impactos é a desertificação, principal problema socioambiental enfrentado pela Caatinga atualmente, afetando a mudança climática a nível mundial (Lucena, 2019; Tavares, Arruda & Silva, 2019).

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo comparar condições climáticas em diferentes áreas do Município de Assú/RN, região localizada na Caatinga brasileira. Para isso, será desenvolvido um sistema de monitoramento climático de baixo custo capaz de detectar diferenças significativas no clima de áreas degradadas e preservadas. Além disso, este projeto alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos) e 15 (Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade) das Nações Unidas.

## 2. Metodologia

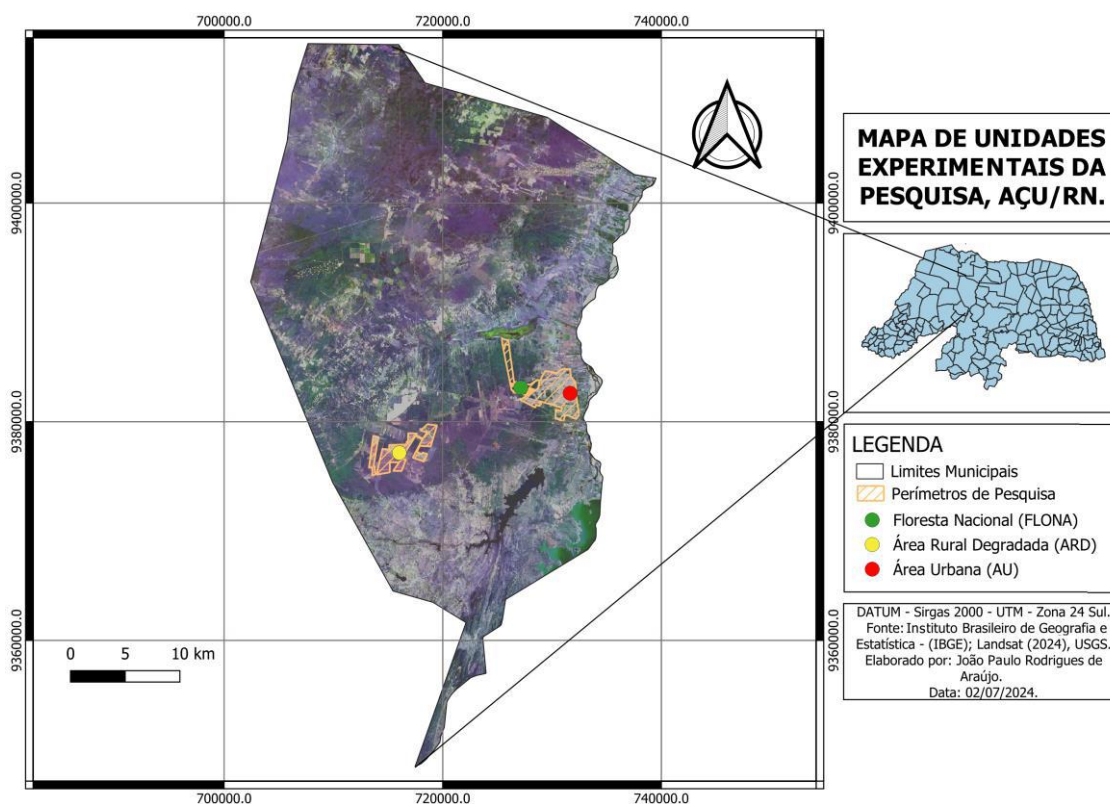
A pesquisa foi realizada no município de Assú, RN (latitude: 5° 34' 36'' Sul e longitude: 36° 54' 31'' Oeste). A região apresenta um clima semiárido com período chuvoso entre março a abril, e temperaturas médias anuais: máxima 33,0 °C, média 28,1 °C e mínima 21,0 °C (IDEMA, 2008).

### 2.1 Delineamento da pesquisa

O trabalho aqui apresentado caracteriza-se como uma pesquisa experimental, com parte de coleta de dados em campo e parte de tratamento de dados, laboratorial, em um estudo de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018). O estudo também faz uso de métodos estatísticos e análises estatísticas (Shitsuka et al., 2014; Schmuller, 2019). De acordo com Gil (2002, p. 47) “a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

Para analisar as condições climáticas em diferentes ambientes do município, foram utilizados três tratamentos: Floresta Nacional de Açu (FLONA), Área Urbana (AU) e Área Rural Degradada (ARD), Figura 1. Cada tratamento representa uma unidade experimental específica onde foram coletadas as variáveis ambientais de temperatura (°C), umidade (%), índice de radiação UV e concentração de dióxido de carbono (ppm). Para cada unidade experimental foram selecionadas doze unidades amostrais, totalizando trinta e seis unidades amostrais para todo o projeto.

**Figura 1** - Mapa de Assú/RN com destaque para as três unidades experimentais presentes na pesquisa.



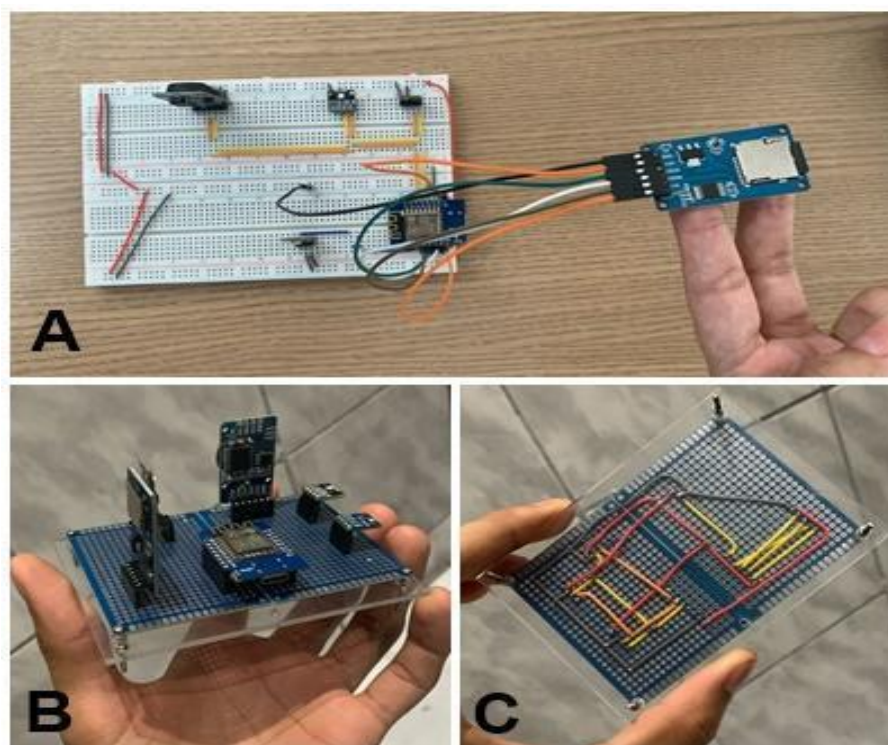
Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 1 apresenta a territorialização do município de Assú/RN, com destaque para as unidades experimentais presentes na pesquisa: FLONA (ponto verde), ARD (ponto amarelo) e AU (ponto vermelho). Além disso, é possível observar o perímetro utilizado durante as coletas de dados ao longo dos tratamentos.

## 2.2 Construção do protótipo

Inicialmente, foi criado o diagrama funcional utilizando o software *Fritzing*. Em seguida, foi construído o hardware com uso de protoboard e posteriormente soldado em uma PCB, Figura 2, e o software, utilizando a plataforma *Arduino IDE* para desenvolver os comandos em linguagem de programação C++.

**Figura 2** - Protótipo do SMC084 na Protoboard (A) e soldado na PCB (B-C).



Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 2 apresenta o protótipo em sua fase inicial, desenvolvido em uma protoboard (A) e sua versão final, com vista frontal (B) e traseira (C), montada em uma PCB com placa de desenvolvimento (D1 mini), fios, módulos e sensores soldados. O protótipo foi projetado para coletar variáveis ambientais em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal.

## 2.3 Coleta e análise de dados

Para captar as variáveis ambientais das três unidades experimentais, a seguinte metodologia foi aplicada: 1) Coleta das variáveis, em ambientes com sombra, a cada trinta segundos durante um intervalo de dois minutos e trinta segundos, totalizando cinco leituras para cada unidade amostral; 2) Distância de trinta metros entre cada unidade amostral.

Para verificar a normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias, foram usados os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para determinar a existência de diferença significativa entre as unidades experimentais, utilizou-se uma Análise de variância (ANOVA). O valor adotado para rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) foi igual ou inferior a 0,05 ( $p < 0,05$ ).

Em seguida, um teste de Tukey foi realizado para determinar quais unidades experimentais divergiram significativamente entre si. Todas as análises estatísticas apresentadas na pesquisa foram realizadas no *Software R*.

### 3. Resultados e Discussão

Realizou-se a criação e teste de um sistema de monitoramento climático (SMC084) de baixo custo para comparar a qualidade do clima em diferentes áreas do município de Assú/RN, Figura 3. Nos dias 07, 11 e 14 de setembro de 2024, o protótipo SMC084 foi testado na AU, FLONA e ARD, respectivamente. Tabela 1.

**Figura 3** - SMC084 coletando variáveis ambientais.



Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 3, por sua vez, apresenta os pesquisadores realizando coletas das variáveis ambientais (temperatura, umidade, índice UV e concentração de CO<sub>2</sub>) nas três unidades experimentais presentes na pesquisa: (A) Área urbana; (B) Floresta Nacional de Açú; (C) Área rural degradada.

**Tabela 1** - Média de temperatura, umidade, índice UV e concentração de CO<sub>2</sub> para os tratamentos presentes na pesquisa.

Tratamento	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Índice UV	Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)
Área Urbana (AU)	37.8	35	482	1022
Floresta Nacional de Açú (FLONA)	34.9	41.4	234	448
Área rural degradada (ARD)	40	30.9	363	524

Fonte: Autoria própria (2024).

### 3.1 Temperatura (°C)

Os testes de normalidade e homogeneidade indicaram que os dados seguem uma distribuição normal e que as variâncias são homogêneas. O resultado da Análise de variância (ANOVA) mostrou uma diferença altamente significativa entre os tratamentos ( $p < 0,001$ ). O teste Tukey mostrou que existe diferença na média de temperatura entre os três tratamentos presentes na pesquisa, Tabela 2.

A FLONA apresentou uma média de 34.9 °C. Os resultados se assemelham a pesquisa realizada por Santos et al. (2021) quando em dados compilados do INMET no período de 1981 a 2010, observaram que o município de Apodi/RN, 130 km de distância de Assú/RN, apresentou temperaturas máximas de 35,5°C no período seco, 33,2 no período chuvoso e 34°C anual. Já para AU e ARD a temperatura média foi de 37.8 °C e 40 °C, respectivamente.

A sobre-exploração da Caatinga (e, g., degradação de cobertura vegetal) influencia diretamente nas condições climáticas do bioma (Tabarelli et al., 2018). É o que foi visto durante os resultados de temperatura entre os tratamentos. A FLONA, tratamento com maior índice de cobertura vegetal, apresentou temperaturas significativamente mais baixas que a ARD (5.1 °C de diferença) e a AU (2.9 °C de diferença).

A perda de cobertura vegetal não afeta somente o clima da Caatinga, impacta também a vida de espécies nativas e endêmicas do bioma. É o caso da Abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*), um dos principais polinizadores da Caatinga, que na ausência de espaços sombreados diminui significativamente os níveis de comportamento forrageiro e capacidade defensiva (Bonatti et al., 2014; Castro et al., 2019).

**Tabela 2** - Resultados dos testes estatísticos para a variável temperatura dos tratamentos Área urbana (AU); Floresta Nacional de Açu (FLONA) e Área rural degradada (ARD).

Teste	Estatística	p-value	Resultado
Shapiro-Wilk	W = 0.94216 (AU)	0.5265	Não rejeita H0 (normalidade)
	W = 0.91948 (FLONA)	0.2816	Não rejeita H0 (normalidade)
	W = 0.94216 (ARD)	0.5265	Não rejeita H0 (normalidade)
Levene's Test	F = 0.3657	0.6965	Não rejeita H0 (homogeneidade de variâncias)
ANOVA	F = 19.88	2.16e-06	Rejeita H0 (diferença significativa entre grupos)
Tukey HSD Comparisons	AU-ARD: diff = -2.2	0.0316679	Diferença significativa
	FLONA-ARD: diff = -5.1	0.0000012	Diferença significativa
	FLONA-AU: diff = -2.9	0.0026899	Diferença significativa

Fonte: Autoria própria (2024).

### 3.2 Umidade (%)

Os testes de normalidade e homogeneidade indicaram que os dados seguem uma distribuição normal e que as variâncias são homogêneas. O resultado da Análise de variância (ANOVA) mostrou uma diferença altamente significativa entre os tratamentos ( $p < 0,001$ ). O teste Tukey mostrou que existe diferença na média de umidade entre os três tratamentos presentes na pesquisa, Tabela 3.

A Caatinga é um bioma que apresenta umidade relativamente baixa, valores próximos a 50% (Santos et al., 2021). Em relação às médias dos tratamentos foi possível observar que a FLONA mostrou resultados mais próximos ao ideal (41.4%). Já para os outros tratamentos as médias ficaram abaixo de 40% (ARD 30.9% e AU 35%).

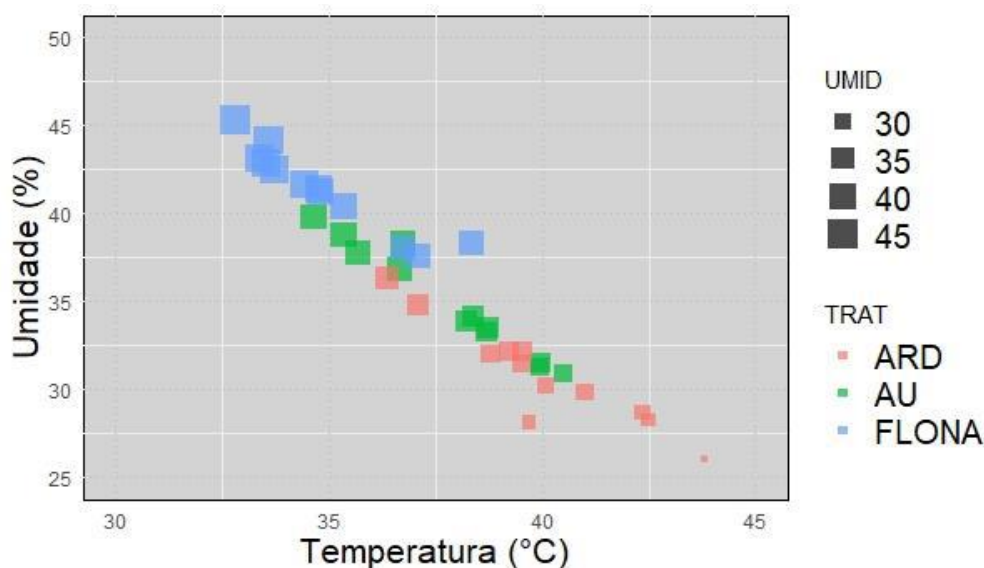
Estudos realizados na Caatinga mostram que variações de umidade influenciam diretamente na riqueza de algumas espécies. Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2022) é possível observar uma relação direta entre o aumento de umidade e aumento na riqueza de espécies de cupins em uma região do Nordeste brasileiro. A partir dos resultados da pesquisa, observou-se uma relação direta entre menor temperatura = maior umidade, Figura 4. Com isso, os dados sugerem que regiões com maior índice de cobertura vegetal atuam no processo de regulação da umidade fazendo com que o bioma apresente condições ideais.

**Tabela 3** - Resultados dos testes estatísticos para a variável umidade dos tratamentos Área urbana (AU); Floresta Nacional de Açu (FLONA) e Área rural degradada (ARD).

Teste	Estatística	p-value	Resultado
Shapiro-Wilk	W = 0.90877 (AU)	0.2057	Não rejeita H0 (normalidade)
	W = 0.94842 (FLONA)	0.614	Não rejeita H0 (normalidade)
	W = 0.96993 (ARD)	0.9101	Não rejeita H0 (normalidade)
Levene's Test	F = 0.5504	0.5819	Não rejeita H0 (homogeneidade de variâncias)
ANOVA	F = 41.34	1.03e-09	Rejeita H0 (diferença significativa entre grupos)
Tukey HSD Comparisons	AU-ARD: diff = 4.1	0.0033031	Diferença significativa
	FLONA-ARD: diff = 10.5	0.0000000	Diferença significativa
	FLONA-AU: diff = 6.4	0.0000133	Diferença significativa

Fonte: Autoria própria (2024).

**Figura 4** - Dispersão entre temperatura e umidade para os tratamentos. Área Urbana (AU); Área rural degradada (ARD); Floresta Nacional de Açu (FLONA).



Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 4 representa um gráfico de dispersão entre umidade e temperatura para as trinta e seis unidades amostrais presentes na pesquisa, é possível observar a existência de uma relação direta, maior umidade = menor temperatura, para os dados analisados.

### 3.3 Concentração de CO<sub>2</sub> (ppm)

Os testes de normalidade para a FLONA e ARD seguiram uma distribuição normal, já para o tratamento AU foi preciso realizar uma transformação Box-Cox. Para a homogeneidade os dados indicaram que as variâncias são homogêneas. O resultado da Análise de variância (ANOVA) mostrou uma diferença significativa entre os tratamentos ( $p = 0,0365$ ). O teste Tukey mostrou que existe diferença significativa apenas entre os tratamentos FLONA e AU ( $p = 0,0459$ ) na média de concentração de CO<sub>2</sub>, Tabela 4.

De acordo com o MIT (2021), os níveis ideais de CO<sub>2</sub> na atmosfera giram entre 300 e 350 ppm. As médias encontradas para a FLONA (448 ppm) foram as mais próximas do ideal. Em seguida, vieram a ARD e a AU com 524 ppm e 1022 ppm, respectivamente. Segundo Rutz et al. (2019) altas concentrações de CO<sub>2</sub> atmosféricos influenciam diretamente na mudança da temperatura do ambiente. É o que foi observado entre as médias de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> dos tratamentos.

A partir dos resultados, é possível indicar que a degradação da cobertura vegetal influenciou no aumento da temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> dos tratamentos AU e ARD, uma vez que, o tratamento FLONA apresentou uma relação de maior cobertura vegetal, associada a menores índices de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 4** - Resultados dos testes estatísticos para a variável concentração de CO<sub>2</sub> dos tratamentos Área urbana (AU); Floresta Nacional de Açu (FLONA) e Área rural degradada (ARD).

Teste	Estatística	p-value	Resultado
Shapiro-Wilk	W = 0.90668 (AU)	0.1934	Não rejeita H <sub>0</sub> (normalidade)
	W = 0.89093 (FLONA)	0.1212	Não rejeita H <sub>0</sub> (normalidade)
	W = 0.97617 (ARD)	0.9636	Não rejeita H <sub>0</sub> (normalidade)
Levene's Test	F = 2.938	0.06695	Não rejeita H <sub>0</sub> (homogeneidade de variâncias)
ANOVA	F = 3.665	0.0365	Rejeita H <sub>0</sub> (diferença significativa entre grupos)
Tukey HSD Comparisons	AU-ARD: diff = 498.25	0.0927827	Diferença não significativa
	FLONA-ARD: diff = -75.75	0.9422378	Diferença não significativa
	FLONA-AU: diff = -574.00	0.0459419	Diferença significativa

Fonte: Autoria própria (2024).

### 3.4 Índice UV

Os testes de normalidade e homogeneidade indicaram que os dados seguem uma distribuição normal e que as variâncias são homogêneas. O resultado da Análise de variância (ANOVA) mostrou uma diferença significativa entre os tratamentos ( $p = 0,0000348$ ). O teste Tukey mostrou que existe diferença na média de índice UV entre os três tratamentos presentes na pesquisa, Tabela 5.

A cobertura vegetal está diretamente relacionada ao controle dos altos índices de umidade e poluição do ar, uma vez que a densidade da vegetação influencia diretamente o mecanismo de evapotranspiração. Segundo Muñoz et al. (2019) ao absorver a radiação solar, a folhagem não apenas transforma energia em calor latente para a evaporação da água, mas também contribui significativamente para aumentar a umidade do ambiente. É o que foi observado nas médias dos tratamentos, a FLONA, ambiente com maior índice de cobertura vegetal, mostrou-se o mais próximo do ideal (234). Em seguida vieram ARD e AU, com 363 e 482, respectivamente.



**Tabela 5** - Resultados dos testes estatísticos para a variável concentração de CO<sub>2</sub> dos tratamentos Área urbana (AU); Floresta Nacional de Açu (FLONA) e Área rural degradada (ARD).

Teste	Estatística	p-value	Resultado
Shapiro-Wilk	W = 0.96795 (AU)	0.8881	Não rejeita H <sub>0</sub> (normalidade)
	W = 0.86572 (FLONA)	0.05768	Não rejeita H <sub>0</sub> (tendência à não-normalidade)
	W = 0.90469 (ARD)	0.1823	Não rejeita H <sub>0</sub> (normalidade)
Levene's Test	F = 2.2889	0.1173	Não rejeita H <sub>0</sub> (homogeneidade de variâncias)
ANOVA	F = 14.24	3.48e-05	Rejeita H <sub>0</sub> (diferença significativa entre grupos)
Tukey HSD Comparisons	AU-ARD: diff = 118.75	0.0395743	Diferença significativa
	FLONA-ARD: diff = -128.92	0.0237469	Diferença significativa
	FLONA-AU: diff = -247.67	0.0000201	Diferença significativa

Fonte: Autoria própria (2024).

### 3.5 Considerações finais

Diante dos dados obtidos, vale ressaltar que o tratamento FLONA foi o que apresentou os índices mais próximos do ideal, com temperaturas mais baixas, maior umidade relativa do ar, menor taxa de concentração de CO<sub>2</sub> e valores condizentes com a estação do ano em radiação solar. Outro ponto observado entre as unidades experimentais foi a presença/ausência de espécies vegetais nativas do bioma Caatinga. Durante as visitas técnicas à FLONA, foi possível visualizar espécies nativas da Caatinga, como *Pilosocereus gounellei* (xique-xique), *Pilosocereus cattingicola* (Facheiro), *Cenostigma bracteosum* (Catingueira-brilhante) e *Tacinga inamoena* (Palmatória). A ARD apresentou tanto espécies nativas quanto espécies exóticas. Já para a AU, observou-se a ausência de espécies nativas e a presença de espécies exóticas, como *Mangifera indica* (mangueira) e *Azadirachta indica* (Nim).

A partir dos dados observados, é relevante destacar que as variáveis ambientais e a presença de espécies nativas nas unidades experimentais estudadas demonstraram resultados indesejados apenas nas regiões de livre acesso ao ser humano (ARD e AU). Isso reforça a importância da FLONA no que diz respeito à preservação da biodiversidade da Caatinga. A FLONA também atua no combate à desertificação da Caatinga, e sua ampliação, defendida pelo ICMBio (2024), é de extrema importância no que diz respeito ao uso sustentável dos recursos naturais, ao incentivo à prática da educação ambiental e ao desenvolvimento da pesquisa científica.

## 4. Conclusão

A pesquisa aqui apresentada teve como objetivo a construção de um sistema de monitoramento climático usando a plataforma Arduino IDE e componentes eletrônicos. O protótipo SMC084 mostrou-se funcional e atendeu aos objetivos estabelecidos. Com isso, pode-se concluir que:

Conseguimos chegar a um resultado satisfatório, comprovando que existe diferença significativa entre áreas com presença de cobertura vegetal e áreas degradadas. Observamos que na AU e na ARD a temperatura foi consideravelmente mais alta, enquanto a umidade relativa do ar se mostrou muito baixa. Além disso, a concentração de CO<sub>2</sub> foi significativamente maior, evidenciando uma influência direta no aumento da temperatura. Os índices de radiação UV coletados também indicaram que a exposição ao sol nessas áreas não é recomendada, dado o elevado risco associado.

Assim, a hipótese foi testada e comprovada, mostrando a importância da cobertura vegetal para a redução de condições ambientais adversas. Já a hipótese nula (H<sub>0</sub>), de que não existe diferença significativa entre os tratamentos, foi

descartada. Este estudo ressalta a necessidade de estratégias de conservação e reflorestamento para promover um ambiente mais saudável e sustentável. Diante disso, é de suma importância o incentivo a campanhas de arborização de áreas urbanas, priorizando o plantio de espécies nativas do bioma Caatinga.

Dessa maneira, o plano de manejo para ampliação da Floresta Nacional de Açu se mostra relevante pois além de desempenhar um papel fundamental na conservação de matrizes florestais típicas da Caatinga, essenciais para a coleta de sementes e a produção de mudas, essa unidade de conservação também é de extrema importância para a restauração ecológica e o combate à desertificação no semiárido brasileiro. Além de servir como um importante laboratório para experimentos de restauração da Caatinga, a FLONA apresenta condições climáticas mais apropriadas, entre os benefícios gerados por essa unidade estão a mitigação dos efeitos da erosão do solo e da degradação ambiental, e a captação de água da chuva por parte das plantas que promove a infiltração e as recargas dos aquíferos locais.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de coletas sazonais, perfazendo todas as estações do ano, o que permitirá uma compreensão mais detalhada de como os elementos climáticos analisados se comportam ao longo do tempo. Além disso, seria interessante ampliar o número de unidades experimentais e amostrais, possibilitando um mapeamento mais abrangente da área estudada.

## Referências

- Araújo Filho, J. A. de, & Carvalho, F. C. de. (1997). Desenvolvimento sustentado da caatinga. Sobral: EMBRAPA - CNPC, 19 p. (EMBRAPA - CNPC. Circular técnica, 13).
- Bonatti, V., Simões, Z. L. P., Franco, F. F., & Franco, T. M. (2014). Evidence of at least two evolutionary lineages in *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) suggested by mtDNA variability and geometric morphometrics of forewings. *Naturwissenschaften*, 101, 17-24.
- Castro, J. S. D., Cavalcante, A. D. M. B., Castro, V. J. D., & Silva, E. M. D. (2019). Resposta Adaptativa de *Melipona subnitida* Ducke e a Termorregulação Colonial em Diferentes Condições Térmicas no Contexto das Mudanças Climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34, 379-387.
- Camacam, B. L. M., & de Omena Messias, C. M. B. (2022). Potencial alimentar de frutas e plantas da caatinga: revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 11(9), e39911931997-e39911931997.
- Farias, D. T., & de Melo, R. R. (2020). Caracterização macroscópica da madeira de cinco espécies da Caatinga. *Research, Society and Development*, 9(8), e200985614-e200985614.
- Fernandes, M. F., & Queiroz, L. P. D. (2018). Vegetação e flora da Caatinga. *Ciência e cultura*, 70(4), 51-56.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas SA.
- ICMBio. (2019). Plano de Manejo da Floresta Nacional de Açu. ICMBio/COMAN/IDEMA. [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-deconservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/flona-deacu/arquivos/plano\\_de\\_manejo\\_flona\\_de\\_acu.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-deconservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/flona-deacu/arquivos/plano_de_manejo_flona_de_acu.pdf)
- ICMBio. (2024). Estudo técnico referente à proposta de ampliação da Floresta Nacional de Açu e criação do monumento natural do Piató - Município de Assú, no estado do Rio Grande do Norte. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/Estudotcnico.pdf>
- IDEMA. (2008). *Perfil do seu município: Assú*. <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016656.PDF>
- Lucena, M. S. de. (2019). Aspectos ambientais das áreas susceptíveis à desertificação e características socioambientais do núcleo de desertificação do Seridó do Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB). *HOLOS*, 5, 1-17.
- MIT - MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. (2023). *What is the ideal level of carbon dioxide in the atmosphere for human life? Climate Portal*. <https://climate.mit.edu/ask-mit/what-ideal-level-carbon-dioxide-atmosphere-human-life>
- Muñoz, L. S., Barbosa, M. C., de Castro Fontes, M. S. G., & de Faria, J. R. G. (2019). Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 10, e019013-e019013.
- Oliveira, M. H. D., Eloi, I., Costa, B. G. D., & Bezerra-Gusmão, M. A. (2022). Influence of altitude and seasonality in the termite species richness and nests density in a hill environment of the Brazilian Caatinga. *Iheringia. Série Zoologia*, 112, e2022024.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Rutz, B. T., Thiel, C. H., Pires, S. N., & Deuner, S. (2019). Impacto do aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico nas plantas: uma revisão sobre o tema. *XXVIII Congresso de Iniciação Científica*. Pelotas: UFPel.

Santos, W. R., de Souza, L. S. B., Pacheco, A. N., da Rosa, A. M., Jardim, F., & da Silva, T. G. F. (2021). Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: uma Revisão Para o Período de 2009-2019. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(05), 2573-2591.

Schmuller, J. (2019). *Análise Estatística com R Para Leigos*. Ed. Alta Books.

Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. (2ed.). Editora Erica.

Souza, B. I. D., Artigas, R. C., & Lima, E. R. V. D. (2015). Caatinga e desertificação. *Mercator (Fortaleza)*, 14, 131-150.

Sousa Silva, R. P., de Oliveira Freire, A. L., Bakke, I. A., Ferreira, C. D., Justino, S. T. P., & de Lira Freitas, A. (2020). Shading and its reflections on growth and gas exchanges of *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance. *Research, Society and Development*, 9(7), e878974508-e878974508.

Tabarelli, M., Leal, I. R., Scarano, F. R., & Silva, J. (2018). Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. *Ciência e cultura*, 70(4), 25-29.

Tavares, V. C., Arruda, Í. R. P. de, & Silva, D. G da. (2019). Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Geosul*, 34(70), 385-405.