



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ANTENOR PEREIRA DE ARAUJO NETO

**ESTIMATIVA DE ÁREA DO CLADÓDIO DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE
ELEFANTE MEXICANA (*OPUNTIA STRICTA HAW*) POR MEIO DE FATORES DE
CORREÇÃO E EQUAÇÕES DE REGRESSÃO**

**AREIA
2025**

ANTENOR PEREIRA DE ARAUJO NETO

**ESTIMATIVA DE ÁREA DO CLADÓDIO DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE
ELEFANTE MEXICANA (*OPUNTIA STRICTA HAW*) POR MEIO DE FATORES DE
CORREÇÃO E EQUAÇÕES DE REGRESSÃO**

Trabalho de Graduação apresentado a Coordenação do Curso em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Adailson Pereira de Souza.

AREIA

2025

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

A663e Araujo Neto, Antenor Pereira de.

Estimativa de área do cladódio da palma forrageira
orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* Haw) por
meio de fatores de correção e equações de regressão /
Antenor Pereira de Araujo Neto. - Areia:UFPB/CCA, 2025.
34 f. : il.

Orientação: Adailson Pereira de Souza.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Estatística. 3. *Opuntia*. 4.
Semiárido. I. Souza, Adailson Pereira de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 09 / 10 / 2025.

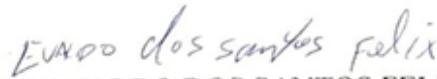
“Título: ESTIMATIVA DE ÁREA DO CLADÓDIO DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw) POR MEIO DE FATORES DE CORREÇÃO E EQUAÇÕES DE REGRESSÃO”

Autor: Antenor Pereira de Araujo Neto

Banca Examinadora:


Prof. Dr. ADAILSON PEREIRA DE SOUZA
Orientador – CCA/UFPB


Dr. DANIELA BATISTA DA COSTA
Examinadora – INSA


MS. EVALDO DOS SANTOS FELIX
Examinador – INSA

A minha família e amigos, pela dedicação,
companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso e Nossa Senhora D’aguía por me darem força e determinação em seguir meus planos.

À Universidade Federal da Paraíba, por seu empenho e por fornecer as estruturas necessárias para meu desenvolvimento profissional.

Ao Instituto Nacional do Semiárido, que me acolheu e me permitiu experiências engrandecedoras profissionalmente.

Ao professor Adailson Pereira de Sousa por abrir espaço em sua equipe e todos os bons conselhos ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Ao meu tio José Aroldo Pereira pelos direcionamentos, bons exemplos e carões que me fizeram ser quem sou hoje.

A minha amada mãe Maria Regina Coeli de Araujo por todo amor e dedicação.

Ao meu avô Antenor Pereira de Araujo (*in memoriam*), que sempre foi meu maior exemplo.

A minha avó Delma Maria Menezes, mulher forte e amorosa.

As minhas tias: Maria Valquiria de Araujo (*in memoriam*), Maria Valdenoura de Araujo, Maria Juscelina de Araujo, Geanea Maria dos Santos as quais amo incondicionalmente.

Aos meus primos e primas Patricia Eutalia Pereira dos Santos, Perlla Micarla Pereira dos Santos, Paola dos Santos Pereira, Merkulis Felipe de Araujo Dantas, Marcos Filomeno de Souza Neto, Geraldo Zeferino da Cunha Neto, Lara Beatriz, Flora Rejane de Araujo, Aroldo Bernardo e Mateus Galdino, que sempre se fizeram presentes como irmão em todas as horas de minha vida e que recebem uma grande parcela do meu coração.

À Severino Gomes Neto (*in memoriam*) por todas as nossas conversas embaixo do alpendre da casinha.

Ao meu grande amor, Lionézia Freire Alves, por todo o apoio e dedicação em me ajudar durante todos os momentos.

Aos professores do Curso de Agronomia da UFPB, em especial, Rejane Maria Nunes Mendonça, Roseilton Fernandes dos Santos e Bruno Malaquias pelos conselhos e debates, sendo muito importantes para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos funcionários da UFPB, Jandira Pereira da Costa e Helton Silva, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos meus grandes amigos Joel Victor Dantas e Silva, Gabriel Vinicius de Azevêdo Silva, Jonas Ariel de Souza Azevedo, Agenor Gutemberg de Vasconcelos, Luiz Eduardo Lopes

de Moura, Paulo Henrique de Azevedo Dantas, Lucas Pedro Moreira da Silva por todos os nossos momentos partilhados de alegrias e tristezas que somente uma amizade longa e verdadeira pode proporcionar.

Aos amigos da zona rural Manoel Cipriano Lopes Neto (Neguinho do gavião), Manoel Moisés de Melo Junior (Juca de Manoel Moisés), Josenildo Guedes (Nidão), Pedro Henrique Ferreira de Melo (Pedro de Juca), Renato Rafael da Silva.

Aos amigos do bloco C, local de encontro e diversos debates, Roberto Ítalo, Marcos André Cardoso, os irmãos Santana: Bruno e José Roberto, Jheison Yan, Jadson Bruno, Tiago Leandro, Joao Pedro Chaves, Sara Rafaela, Manoel Monteiro Neto, Carlos Wanderson, Kelson Carvalho, Luiz Nunes, Maria Luiza Chaves, sem vocês a jornada teria sido muito mais dolorosa.

Todos os amigos do INSA, Evaldo dos Santos Félix, Daniela Batista, Talisson Kauê, Aroldinho, Seu Keka, Adeildo e tantos outros.

RESUMO

Avaliações estatísticas para obtenção de produtividade em campos de palma forrageira vem se tornado cada vez mais necessárias no entendimento sobre produção e desenvolvimento de massa verde total. Este estudo tem como objetivo a obtenção da área do cladódio e fator de correção entre 0,93 e 0,98, na variedade de palma forrageira Orelha de elefante mexicana. O experimento, conduzido em campo e condição de sequeiro, no município de Campina Grande-PB. A implantação do experimento ocorreu durante o ano de 2022. Conduzido em uma área de 0,6 hectare. Com espaçamento de 1,7 m entre linhas; 0,30 m entre fileiras duplas e 0,10 m entre plantas nas fileiras, cujo delineamento experimental foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com 13 tratamentos e quatro repetições. Sob o período de 12 meses entre o plantio e colheita do experimento, as adubações e os tratos culturais seguiram as orientações técnicas do projeto, em condições de sequeiro. Na determinação da área dos cladódios (AC) foram utilizados dois métodos diretos (Planimétrico – APL e Peso do Papel – APP) e um método indireto (Medidas Biométricas – AMB). Observou-se que o modelo estatístico do círculo ($R^2 = 0,9673$), e o método da elipse ($R^2 = 0,9359$), indicam uma precisão ainda maior (R^2 próximo de 1) que os demais métodos.

Palavras-chave: estatística; *Opuntia*; semiárido.

ABSTRACT

Statistical evaluations to obtain productivity in forage palm fields have become increasingly necessary in understanding the production and development of total green mass. This study aims to obtain the cladode area and correction factor between 0.93 and 0.98 in the Mexican elephant ear forage palm variety. The experiment was conducted in the field under rainfed conditions in the municipality of Campina Grande, Paraíba. The experiment was implemented during 2022. It was conducted in an area of 0.6 hectares. The spacing was 1.7 m between rows, 0.30 m between double rows, and 0.10 m between plants in the rows. The experimental design was randomized blocks in subdivided plots, with 13 treatments and four replicates. During the 12-month period between planting and harvesting, fertilization and cultural practices followed the technical guidelines of the project, under rainfed conditions. Two direct methods (Planimetric – APL and Paper Weight – APP) and one indirect method (Biometric Measurements – AMB) were used to determine the cladode area (AC). It was observed that the statistical circle model ($R^2 = 0.9673$) and the ellipse method ($R^2 = 0.9359$) indicate even greater accuracy (R^2 close to 1) than the other methods.

Keywords: statistics; *Opuntia*; semi-arid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Mapa de localização da área experimental, Campina Grande, Paraíba	16
Figura 2 –	Demarcação da área do cladódio	17
Figura 3 –	Área do cladódio	18
Figura 4 –	Área do peso do papel	18
Figura 5 –	Correlação entre o comprimento do cladódio (C, cm) e a área verdadeira (APP, cm ²) da palma forrageira <i>Opuntia stricta</i> Haw	22
Figura 6 –	Correlação entre a largura do cladódio (L, cm) e a área verdadeira (APP, cm ²) da palma forrageira <i>Opuntia stricta</i> Haw	23
Figura 7 –	Correlação entre o perímetro do cladódio (P, cm) e a área verdadeira (APP, cm ²) determinada pelo método do peso do papel	23
Figura 8 –	Comparação entre a área obtida por planímetro (APL, cm ²) e a área verdadeira (APP, cm ²) dos cladódios	24
Figura 9 –	Relação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico do quadrado (AML-Q, cm ²) e a área verdadeira (APP, cm ²)	25
Figura 10 –	Correlação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico do retângulo (AML-R, cm ²) e a área verdadeira (APP, cm)	25
Figura 11 –	Estimativa da área do cladódio pelo modelo geométrico do círculo (AML-C, cm ²) em relação à área verdadeira (APP, cm ²)	26
Figura 12 –	Relação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico da elipse (AML-E, cm ²) e a área verdadeira (APP, cm ²)	27
Figura 13 –	Comparação entre a área do cladódio estimada pela fórmula desenvolvida (AMLF, cm ²) e a área verdadeira (APP, cm ²)	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AML	Área dos cladódios por medidas lineares
APP	Área dos cladódios pela técnica do peso do papel
APL	Área do cladódio pelo método do planímetro
C	Comprimento
CAM	Metabolismo Ácido das Crassuláceas
cm	Centrímetro
CV	Coeficiente de Variação
g	Grama
K	Potássio
L	Largura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCC	Massa do papel do Contorno dos Cladódios
MQ	Massa do Quadrado
P	Perímetro
π	Pi
(r)	Coeficiente de correlação de Pearson
R^2	Coeficiente de determinação
SAEG	Sistema para Análises Estatísticas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	USO DE MODELOS ESTATÍSTICOS	12
2.2	PALMA FORRAGEIRA (<i>Opuntia stricta</i> Haw)	12
2.2.1	Hídrica	14
2.2.2	Manejo	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	ÁREA DO ESTUDO	15
3.2	COLETA DOS CLADÓDIOS	16
3.3	OBTENÇÃO DA ÁREA DOS CLADÓDIOS PELA TÉCNICA DO PESO DO PAPEL - APP	17
3.4	OBTENÇÃO DA ÁREA DOS CLADÓDIOS POR MEDIDAS LINEARES - AML	19
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

As cactáceas são possuidoras de mecanismos morfofisiológicos que permitem a absorção de água da mais fina e rápida chuva e reduzem a sua evaporação ao mínimo. A grande maioria das *Opuntias* sobrevive a prolongadas secas. Na palma forrageira, os cladódios, estruturas caulinares modificadas, morfologicamente semelhante as folhas, por serem um órgão clorofilado, assumem, na planta, as funções de fotossíntese, respiração e reserva nutricional (Oliveira *et al.*, 2010). Sua medição, portanto, passa a assumir um papel de destaque pois assim se torna possível uma estimativa de produtividade de um plantio.

No conjunto das inúmeras variáveis de estudos relacionados às medições dos cladódios, a estimativa de sua área assume papel relevante por ser um parâmetro intimamente relacionado com a produção da planta. Na lista dos diversos métodos (destrutivos e não destrutivos) de determinação dessa variável, busca-se aqueles que sejam simples, rápidos e de baixo custo (Stangerlin *et al.*, 2008).

Dentre os métodos não destrutivos podemos encontrar aqueles denominados métodos não destrutivos direto, onde comumente se usam equipamentos portáteis de relativo fácil manuseio, porém, ainda de custos muitas vezes inacessíveis (câmeras térmicas, *scanners* e sensores de luz.) (Hein *et al.*, 2009).

Aqueles denominados métodos não destrutivos diretos, onde são utilizadas medições diretas no cladódio, com medidores simples (réguas, trenas), ou, ainda, com relações empíricas entre a área do cladódio e suas medições alométricas (perímetro, espessura, comprimento e largura) (Aquino *et al.*, 2011).

Nos últimos anos, em virtude do avanço das áreas comerciais de cultivo da palma forrageira nas regiões semiáridas do Brasil, tem-se apresentado diversas propostas de estimativa da área dos cladódios que pudessem ser de fácil execução no campo, baixo custo e, principalmente, com alta correlação com a verdadeira área dos cladódios de um palmal (Leite *et al.*, 2020).

Na extensa relação de propostas encontradas, invariavelmente as medições de comprimento e largura dos cladódios se mostram como as mais práticas, não só pela rapidez como também a facilidade na sua obtenção no campo. Todavia, tais medidas lineares muitas vezes, a depender do modelo matemático utilizado, não apresentam boa correlação com a verdadeira área do cladódio (Silva *et al.*, 2014).

Existem na literatura diversas propostas de modelos baseados nas variáveis comprimento e largura dos cladódios da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

Justifica-se o desenvolvimento de um modelo estatístico que auxilie os produtores e pesquisadores na obtenção de estimativas de área de cladódio que sejam fieis a realidade e de fácil obtenção de dados. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo estimar a área do cladódio em palme forrageira utilizando as variáveis comprimento e largura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 USO DE MODELOS ESTATÍSTICOS

Para compreender o desempenho produtivo da palma forrageira, são necessárias informações sobre a área fotossintetizante da planta, parâmetro amplamente utilizado em estudos agronômicos. A mensuração dessa área permite avaliar eficiência fotossintética e interceptação da radiação solar, fatores diretamente relacionados ao crescimento e à produtividade. Nesse contexto, o uso de métodos estatísticos e modelos matemáticos torna-se essencial para estimar de forma confiável e não destrutiva a área dos cladódios, possibilitando análises mais robustas e comparáveis entre genótipos (Thieres *et al.*, 2014).

A aplicação de modelos estatísticos nesse contexto permite estimar a biomassa e a produtividade da palma com base em medidas simples e não destrutivas dessa importante cactácea, assim, o acompanhamento do índice de área do cladódio permite ao produtor avaliar o desenvolvimento vegetativo da palma e estimar sua capacidade de produção de biomassa, que é diretamente relacionada à quantidade de cladódios (raquetes) disponíveis para corte e oferta ao gado (Oliveira *et al.*, 2015).

2.2 PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia stricta* Haw)

A palma forrageira pertence à Divisão Embryophyta, subdivisão Angiospermea, classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamideae, ordem Opuntiales e família Cactaceae (Silva, 2025).

As *Opuntias*, popularmente conhecidas como palma forrageira, destacam-se por sua adaptação a ambientes áridos e semiáridos, essa espécie apresenta mecanismos fisiológicos como o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), um processo fotossintético que permite às plantas otimizar o uso da água e sobreviver em condições de baixa disponibilidade hídrica (Sousa, 2025).

A cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) é uma praga que se alimenta da seiva dos cladódios da palma forrageira e inoculando toxinas, o que resulta no enfraquecimento das plantas, provocando o amarelecimento e a queda dos cladódios (Vasconcelos *et al.*, 2009).

Originária do México, essa cactácea foi introduzida no Brasil no final do século XVIII, mas somente no século XX começou a ser utilizada como planta forrageira. É uma

cultura de grande expressão na região Nordeste, especialmente no Semiárido brasileiro, onde a área plantada é extensa (Voltoloni *et al.*, 2023).

Ao longo dos anos a palma forrageira tem se consolidado como uma fonte alternativa de alimento para os rebanhos localizados nesta região, essa planta é rica em água, em carboidratos não fibrosos e minerais, mas apresenta baixos teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, quando comparada a outros alimentos considerados volumosos (Aguilar *et al.*, 2015).

A partir de dados do último Censo Agropecuário, Ferraz, (2013) salienta que o Nordeste brasileiro apresentou em torno de 600 mil hectares de palma forrageira cultivada, mas após o alastramento da Cochonilha-do-carmim, essa área sofreu uma drástica redução, com uma área colhida de palma de 147.439 ha (IBGE, 2017).

Existe forte influência do clima no crescimento e desenvolvimento da palma forrageira. Estudos realizados no México apontaram correlação significativa entre as variáveis: temperatura, produção e absorção de nutrientes, fatores importantes para um sucesso no aumento de produção (Oliveira, 2010).

Existe forte influência do clima no crescimento e desenvolvimento da palma forrageira, estudos realizados no México apontaram correlação significativa entre as variáveis: temperatura, produção e absorção de nutrientes, fatores importantes para um sucesso no aumento de produção e absorção de nutrientes, fatores importantes para o sucesso no aumento de produção (Oliveira, 2020).

Segundo Lira *et al.* (2021), o cultivo dessa espécie através do emprego do consórcio, visa uma maior produção e qualidade de forragem, sem falar na otimização e maximização do uso da área, promovendo a diversidade, mediante o cultivo simultâneo de duas ou mais espécies, com isso, potencializar a produção de forragem na região.

2.2.1 Necessidade Hídrica

A portaria 292, de 3 de agosto de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, adota para o cultivo da palma forrageira, em condições de baixo risco climático, os seguintes critérios: temperatura média anual (16,0 a 27,0 °C), temperatura máxima (28,5 a 33,0 °C), temperatura mínima (8,5 a 22,0 °C) e precipitação média anual (360 a 800 mm ano⁻¹) (Oliveira *et al.*, 2010).

Conforme descrito por Neves *et al.* (2010), uma particularidade indesejável desta variedade é a elevada quantidade de espinhos que dificulta o manejo, contudo, os espinhos

auxiliam na diminuição da temperatura do caule durante o dia, de modo a elevar a tolerância à seca.

2.2.2 Nutrição

A adubação é um aspecto crucial para impulsionar a produção da palma forrageira. Araújo *et al.* (2023) destaca a importância de fontes externas de nutrientes para aumentar a biomassa produzida pela palma, melhorando a viabilidade econômica do sistema de produção.

O potássio (K) é tido como um dos mais importantes nutrientes, devido às funções essenciais que o mesmo desempenha, como a participação no processo osmótico, síntese de proteínas e controle do pH, atuando também no processo de abertura e fechamento dos estômatos (Junior *et al.*, 2022).

Moura (2011) relatou que para que as plantas consigam atingir a máxima produtividade é essencial à aplicação do nitrogênio, e tem-se observado sua carência em quase todos os solos, principalmente os denominados tropicais, logo, a palma forrageira como qualquer outra planta tem como principal fator para aumento da produtividade de massa verde, o uso de adubações, principalmente em áreas de plantio adensado.

A principal forma de disponibilidade de N, de acordo com Oliveira (2016), para as plantas não leguminosas é o solo, sendo a matéria orgânica a fração do solo mais rica nesse nutriente, mas para suprir às necessidades das culturas e para repor os nutrientes exportados, é preciso adicionar nitrogênio aos sistemas produtivos.

3 METODOLOGIA

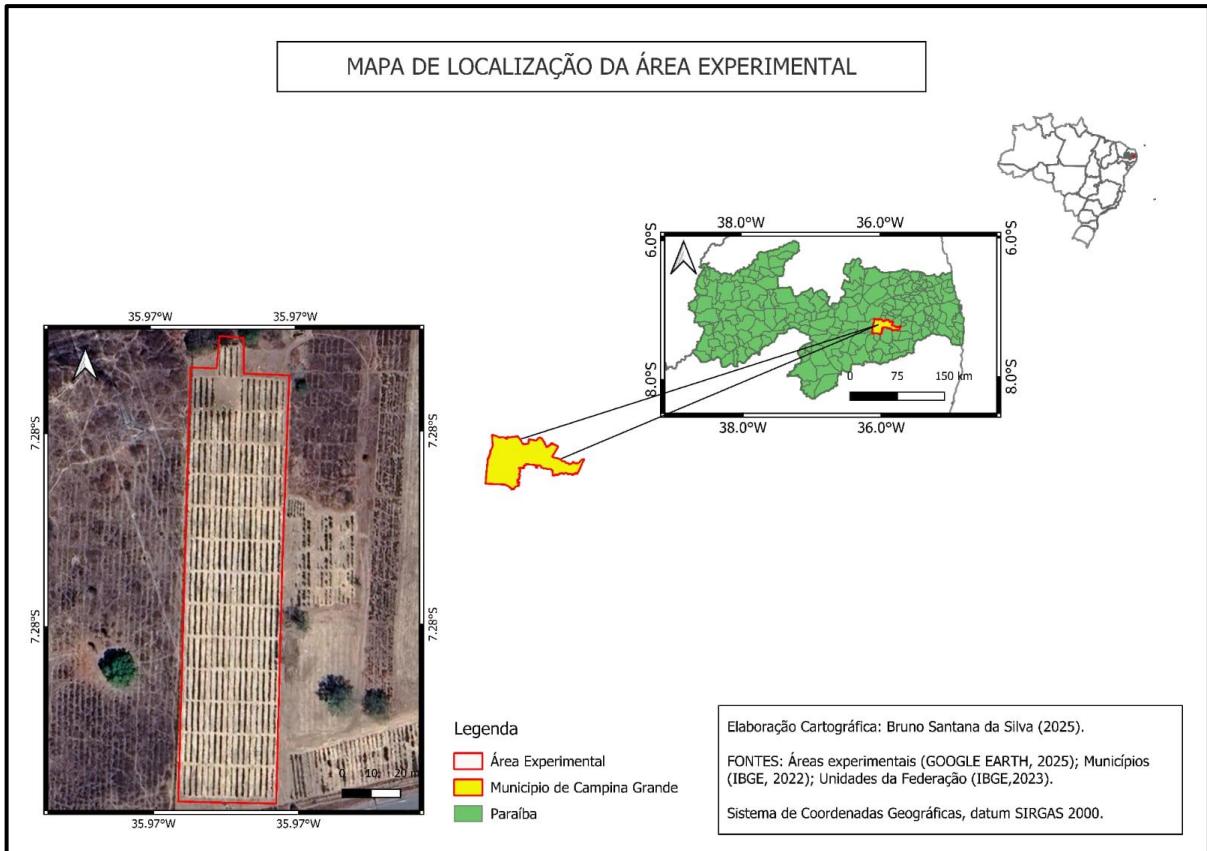
3.1 ÁREA DO ESTUDO

Os dados obtidos para esse estudo foram coletados em dezembro de 2023, período concomitante a colheita do primeiro ano de cultivo de um dos experimentos do projeto nutrição da palma forrageira no semiárido do Brasil. Conduzido em condições de campo na estação experimental Ignacio Hernán Salcedo, pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), no município de Campina Grande-PB ($7^{\circ}16'37''$ S, $35^{\circ}58'13,78''$ O) (Costa *et al.*, 2024).

Com altitude de 473,7 m, no agreste paraibano. O clima do município, segundo a classificação de Köppen, caracteriza-se pelo tipo climático As, tropical com verão seco, período chuvoso entre os meses de março a julho, com temperatura média anual de 28,2 °C, umidade relativa em torno de 70 % e precipitação média anual por volta de 800 mm, com déficit hídrico durante a maior parte do ano (Alvares *et al.*, 2013).

O solo no qual o experimento foi instalado é um **PLANOSSOLO NÁTRICO** álico mésico, textura argilosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado. Antes da instalação do experimento coletou-se uma amostra composta do solo na profundidade de 0-20 cm para realizar a caracterização química da área experimental, a amostra foi levada ao laboratório de Solos da UFPB campus Areia, onde foi seca ao ar, passadas em peneiras de 2 mm, e posteriormente analisada segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Figura 1- Mapa de localização da área experimental, Campina Grande, Paraíba, 2025.



Fonte: Bruno Santana da Silva, 2025.

3.2 COLETA DOS CLADÓDIOS

No experimento constituído por 13 parcelas e 4 repetições, foi retirado uma planta de cada parcela, sendo esta levada para o laboratório de microbiologia do solo, localizado na Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, onde foram isolados todos os cladódios para futura medição, com total de 442 cladódios.

Espaçamento de fileiras duplas 0,1 x 0,3 x 1,7 m, com os cladódios colocados seguidos dentro dos sulcos, enterrados dois terços na base, na posição vertical, com as faces voltadas para dentro das fileiras duplas.

Para a medição da área do cladódio pelo método do planímetro (APL) utilizou-se folhas de papel A3. Nesta operação fez-se a delimitação do contorno de cada cladódio na folha de papel e posterior uso do planímetro mecânico polar LASICO Mod. L-20M.

Figura 2 - Demarcação da área do cladódio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

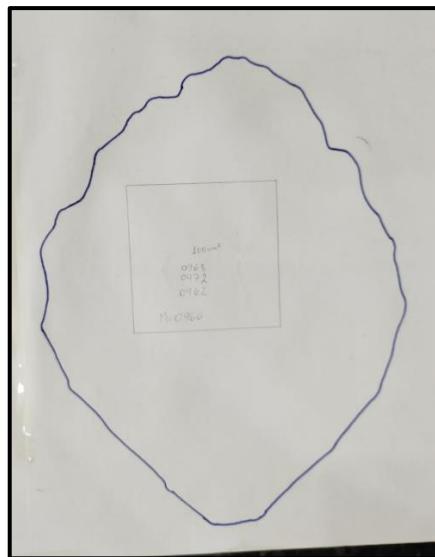
O planímetro polar é um instrumento óptico, criado por volta de 1854 pelo suíço Jakob Amsler, usado para a determinação de áreas de superfícies planas limitadas e irregulares. É composto essencialmente de duas hastes articuladas (Ferreira *et al.*, 2020). A extremidade de uma delas é fixada em um ponto, chamado de *polo*, em torno do qual se poderá girar o aparelho. Na extremidade da outra haste, se encontra uma ponta chamada de *traçador*, que percorre o perímetro das áreas a avaliar, a área em cm^2 , foi obtida da média de três leituras consecutivas do aparelho passando pelo contorno da área projetada de cada cladódio

No encontro articulado destas duas hastes, liga-se rigidamente um tambor graduado, chamado de integrante, cujo eixo se comunica com um contador de voltas. Segundo o número de voltas dadas pelo integrante, durante o processo de se traçar o perímetro da figura, o tamanho do braço, isto é, da haste entre o integrante e o traçador, utilizado no planímetro e a escala do desenho, obtém-se a área real da superfície.

3.3 OBTENÇÃO DA ÁREA DOS CLADÓDIOS PELA TÉCNICA DO PESO DO PAPEL – APP

Após a medição da área pelo método do planímetro (APL), a projeção dos cladódios nas folhas de papel A3 foi recortada seguindo cuidadosamente a marcação do seu contorno.

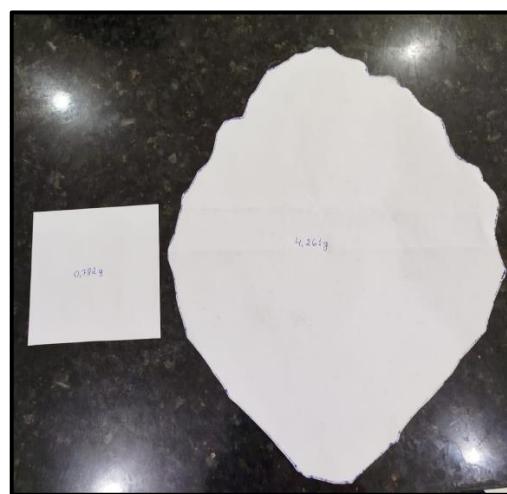
Figura 3 - Área do cladódio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o recorte procedeu-se a pesagem em balança de precisão (0,001 g). Em seguida, no mesmo tipo de folha usado na confecção do contorno dos cladódios (papel A3), foi desenhado um quadrado com dimensões de 10 x 10 cm, perfazendo uma área de 100 cm² e após seu recorte, efetuou-se sua pesagem, também em balança de precisão (0,001 g).

Figura 4 - Área do peso do papel.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Obtida a massa (g) do quadrado de 100 cm² (MQ) e a massa (g) do papel com o contorno dos cladódios (MCC), foi obtido, de forma proporcional, a área de todos os cladódios segundo a fórmula:

$$APP = \frac{MCC}{MQ} \cdot 100 \quad \text{Eq.1}$$

Onde,

APP = área do cladódio, em cm²;

MCC = massa do papel do contorno de cada cladódio, em g;

MQ = massa do papel do contorno de um quadrado 10 x 10 cm, em g;

100 = constante.

3.4 OBTENÇÃO DA ÁREA DOS CLADÓDIOS POR MEDIDAS LINEARES – AML

Para a obtenção da área dos cladódios pelo método das medidas lineares (AML), foram feitas medições de largura (L), comprimento (C) e perímetro (P), em cm, de todos os cladódios. Após a obtenção das medidas (L, C e P), houve a determinação da área mediante o uso de fórmulas com base em figuras geométricas planas: quadrado (AML-Q), retângulo (AML-R), elipse (AML-E) e círculo (AML-C).

i. Área do Quadrado (AML-Q)

$$AML-Q = \left(\frac{L + C}{2} \right)^2 \quad \text{Eq.2}$$

Onde, AML-Q corresponde a área do cladódio, considerando a forma geométrica do quadrado, em cm², sendo L a largura e C o comprimento do cladódio, em cm.

ii. Área do Retângulo (AML-R)

$$AML-R = L \times C \quad \text{Eq.3}$$

Onde, AML-R corresponde a área do cladódio, considerando a forma geométrica do retângulo, em cm², sendo L a largura e C o comprimento do cladódio, em cm.

iii. Área do Círculo (AML-C)

$$AML-C = \pi \times R^2 \quad \text{Eq.4}$$

Considerando o raio (R) como a média da metade da largura e do comprimento, temos:

$$\text{Eq.5}$$

$$AML-C = \pi \times \left(\frac{L}{4} + \frac{C}{4} \right)^2$$

Onde, AML-C corresponde a área do cladódio considerando a forma geométrica do círculo, em cm^2 , sendo L a largura e C o comprimento do cladódio, em cm e π , a constante Pi (3,1416).

iv. Área da Elipse (AML-E)

$$AML-E = \frac{L}{2} \times \frac{C}{2} \times \pi \quad \text{Eq.6}$$

Onde, AML-E corresponde a área do cladódio considerando a forma geométrica da elipse, em cm^2 , sendo L a largura e C o comprimento do cladódio, em cm e π , a constante Pi.

v. Fórmula Desenvolvida (AML-F)

Considerando que os cladódios da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana apresentam forma irregular com variações próximas entre o círculo e a elipse, obteve-se a média dessas áreas a partir da seguinte fórmula:

$$AML-F = \frac{\pi \times \left(\frac{L}{4} + \frac{C}{4} \right)^2 + \left(\frac{L}{2} \times \frac{C}{2} \times \pi \right)}{2} \quad \text{Eq.7}$$

$$AML-F = \frac{0,0625 \times \pi \times (L + C)^2 + 0,25 \times L \times C \times \pi}{2}$$

$$AML-F = \frac{0,25 \times \pi (0,25 \times (L + C)^2 + L \times C)}{2}$$

$$AML-F = 0,125 \times \pi (0,25 (L + C)^2 + L \times C)$$

Onde, AML-F corresponde a área do cladódio considerando a forma geométrica entre o círculo e a elipse, em cm^2 , sendo L a largura e C o comprimento do cladódio, em cm e π , a constante Pi.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Obtidas as medidas de largura (L), comprimento (C), perímetro (P) e as áreas dos cladódios pelo planímetro (APL) e pelas fórmulas utilizando as medidas lineares geométricas (AML-Q; AML-R; AML-C; AML-E e AML-F), procedeu-se a análise de correlação desses dados com a área obtida pela técnica do peso do papel (APP), sendo esta considerada a verdadeira área do cladódio.

A área dos cladódios obtidas pelo peso do papel (APP) foram submetidas à análise de regressão, tendo como variáveis independentes os dados de L, C, P, APL, AML-Q, AML-R, AML-C, AML-E e AML-F.

Para a escolha do modelo de regressão que pudesse melhor estimar a área do cladódio, foram testados diferentes modelos estatísticos, sendo eles, o linear, o potencial, e o exponencial.

Na avaliação do modelo mais adequado para a estimativa da área do cladódio, foram considerados alguns critérios de ordem teoria e de aplicação prática. Nos critérios de ordem teórica verificaram-se: a contribuição de cada parâmetro para a soma de quadrados da regressão, pelo teste F; a significância, pelo teste F, da falta de ajustamento do modelo e grau de ajustamento do modelo (R^2 , coeficiente de determinação), a dispersão relativa, medida pelo CV (Coeficiente de Variação) da regressão; e a significância, pelo teste t, das estimativas dos parâmetros da regressão dos modelos.

No critério de aplicação prática está a observação do comportamento das curvas com base em sua razão biológica justificável.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do SAEG - Sistema para Análises Estatísticas (Versão 9.1).

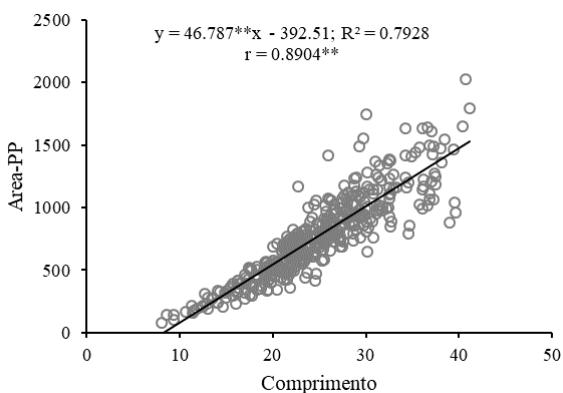
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras, o coeficiente de determinação (R^2) representa a proporção da variância da variável dependente (Área real do cladódio) explicada pelas variáveis independentes (comprimento, largura ou ambos) no modelo de regressão. Um valor de R^2 próximo a 1 está indicando que o modelo explica de forma correta as variações observadas; valores menores ou maiores indicam que há incongruências (Ferraz *et al.*, 2019).

O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede a força e direção da relação linear entre duas variáveis: indo de -1 a $+1$, onde valores próximos de $+1$ ou -1 indicam forte correlação (positiva ou negativa, respectivamente), e valores próximos de 0 indicam correlação fraca ou ausência de relação linear. Em regressão linear simples, $r^2 = R^2$; isto é, o quadrado de r (correlação entre variável independente e dependente) é igual ao R^2 . Contudo, em modelos com múltiplas variáveis independentes ou em regressões mais complexas, R^2 pode envolver correlações múltiplas e não se reduz literalmente a r entre uma única variável explicativa e a resposta (Figueiredo *et al.*, 2009).

A figura 5 apresenta um coeficiente de determinação ($R^2 = 0,7928$), indicando que 79,3% da variação na área real dos cladódios (APP) pode ser explicada a partir do comprimento. Apesar de estatisticamente significativo, esse modelo linear não é capaz de captar de forma ideal a variação geométrica do cladódio, uma vez que o comprimento, isoladamente, não reflete a heterogeneidade do formato analisado, que apresentam contornos irregulares e dimensões variáveis entre indivíduos. Essa limitação leva a subestimações ou superestimações da área real quando se consideram cladódios de tamanhos maiores ou com proporções atípicas.

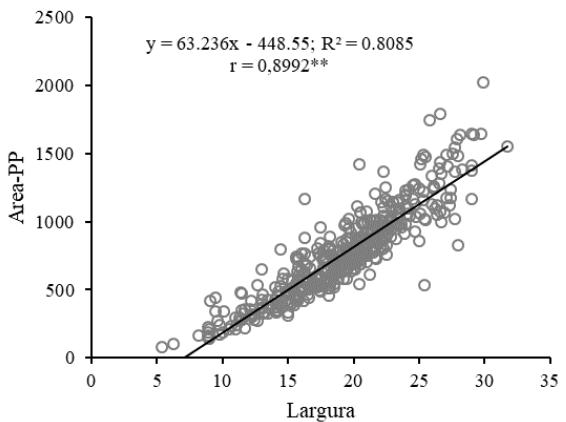
Figura 5 - Correlação entre o comprimento do cladódio (C, cm) e a área verdadeira (APP, cm^2) da palma forrageira *Opuntia stricta* Haw.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 evidencia que a largura do cladódio apresenta correlação significativa com a área verdadeira (APP), demonstrando ser uma variável preditora eficiente por refletir diretamente a expansão lateral da estrutura. Contudo, a largura, isoladamente, não consegue capturar toda a variação geométrica dos cladódios, uma vez que estes possuem formatos irregulares e proporções variáveis entre comprimento e largura. Dessa forma, sua utilização isolada pode levar a erros de estimativa, especialmente em cladódios mais alongados ou com assimetrias morfológicas.

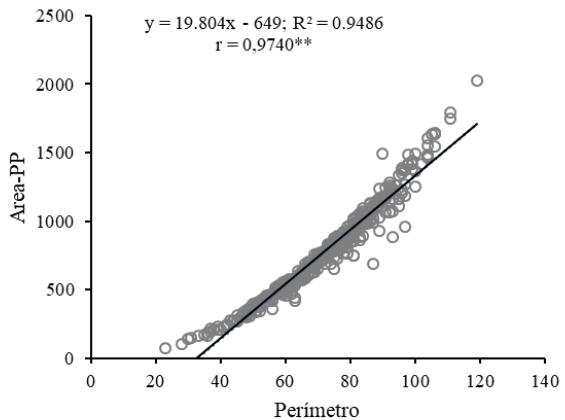
Figura 6 - Correlação entre a largura do cladódio (L, cm) e a área verdadeira (APP, cm²) da palma forrageira *Opuntia stricta* Haw.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na Figura 7 que, embora o método proporcione dados precisos e coerentes quanto às variáveis de comprimento, largura e área dos cladódios, o uso de planímetro para a determinação dessas medidas, apesar de possível, torna-se inviável em condições de campo, devido à sua complexidade operacional e ao tempo necessário para a execução das medições, o que dificulta sua aplicação em avaliações não destrutivas (Pinheiro *et al.*, 2015).

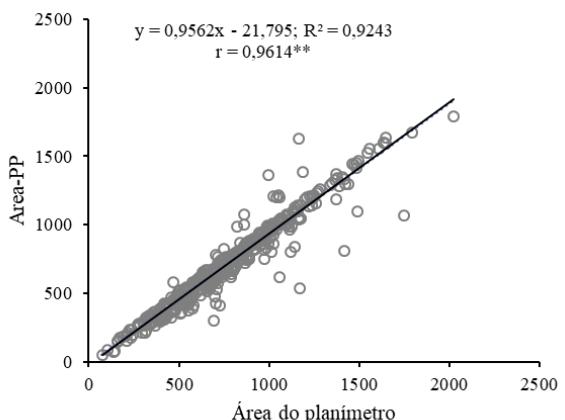
Figura 7- Correlação entre o perímetro do cladódio (P, cm) e a área verdadeira (APP, cm²) determinada pelo método do peso do papel.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar na figura 8 que o planímetro, por medir diretamente áreas de formatos irregulares, apresenta valores bastante próximos da área verdadeira (APP). O planímetro apresenta ajuste mais preciso, embora seja um método inviável de ser realizado em campo servindo apenas para comparação (referência de área verdadeira), (Lucena *et al.*, 2020).

Figura 8 - Comparação entre a área obtida por planímetro (APL, cm²) e a área verdadeira (APP, cm²) dos cladódios.

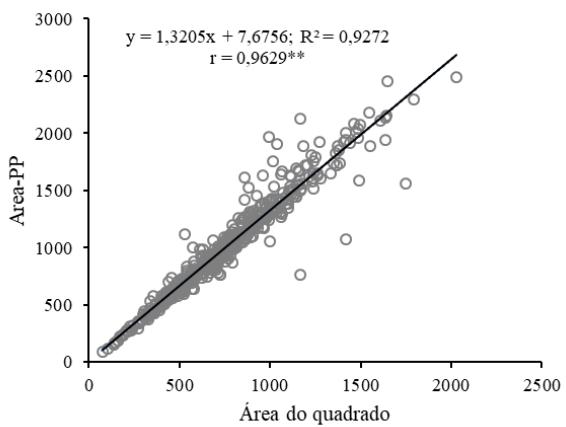


Fonte: Elaborado pelo autor.

A estimativa da Área do quadrado (AML-Q) (Figura 9) apresentou elevada correlação com a área projetada real (APP), contendo altos valores de coeficiente de determinação ($R^2 =$

0,9272) e correlação linear ($r = 0,9629$). Esses resultados demonstram que o modelo possui consistência estatística, permitindo estimar com precisão a área dos cladódios. A equação ajustada mostra-se estável e eficiente, refletindo uma relação linear robusta entre as variáveis analisadas comprimento e largura).

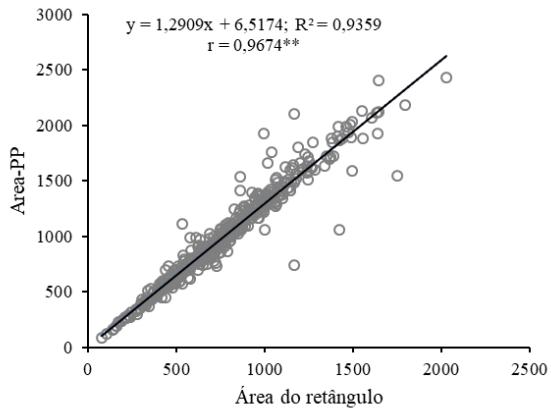
Figura 9- Correlação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico do quadrado (AML-Q, cm^2) e a área verdadeira (APP, cm^2).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo geométrico do retângulo, representado na figura 10 apresentou elevada correlação com a área projetada real (APP), $R^2 = 0,9359$ e $r = 0,9674$, demonstrando ajuste preciso. A proximidade dos coeficientes de determinação e correlação com o valor ideal (1) indica que o método reflete de forma realista a variação da área dos cladódios, mantendo boa acurácia nas estimativas. Além disso, o modelo se destaca pela simplicidade e aplicabilidade prática, exigindo apenas as dimensões lineares básicas de comprimento e largura, o que possibilita medições rápidas (Maria et al., 2019).

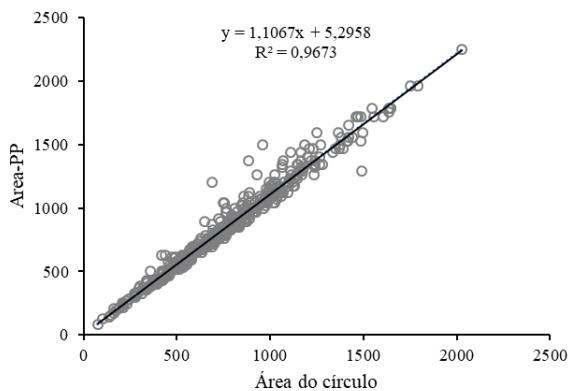
Figura 10 - Correlação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico do retângulo (AML-R, cm²) e a área verdadeira (APP, cm).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo geométrico do círculo, figura 11, mostra um coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,9673$), e se configura entre os modelos com maior fidelidade às medidas reais de área dos cladódios (APP). Este desempenho evidencia ajuste estatístico. Contudo, a coleta dos dados necessários para aplicação do modelo é de execução mais complexa em campo, especialmente em plantios adensados, onde a disposição dos cladódios dificulta a obtenção precisa do diâmetro. Assim, embora o modelo apresente alta acurácia e confiabilidade, sua utilização é mais recomendada em avaliações.

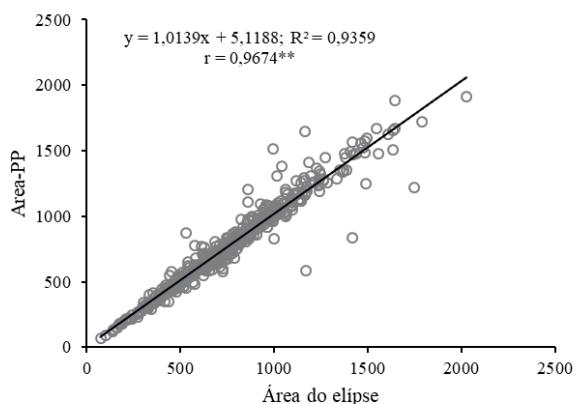
Figura 11- Estimativa da área do cladódio pelo modelo geométrico do círculo (AML-C, cm²) em relação à área verdadeira (APP, cm²).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O método área da elipse combina boa precisão estatística com praticidade de cálculo. É fiel ao formato real dos cladódios, sendo uma alternativa bastante robusta para estimar a área foliar e reforça essa relação, sendo de fácil obtenção em campo para o método não destrutivo. Isso indica que a área elíptica é um preditor eficaz e simples de ser mensurado, com o fator de inclinação próximo de 1 (Hernández *et al.*, 2010).

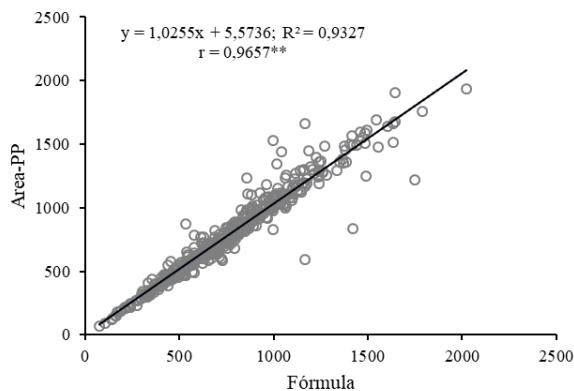
Figura 12- Correlação entre a área do cladódio estimada pelo modelo geométrico da elipse (AML-E, cm^2) e a área verdadeira (APP, cm^2).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo formula apresentou indicadores de ajuste ($R^2 = 0,9327$; $r = 0,9657$), sinalizando capacidade preditiva e consistência nas estimativas da área dos cladódios (APP). Embora seus coeficientes sejam bons do ponto de vista estatístico, são inferiores aos observados no modelo do círculo ($R^2 = 0,9673$), que apresentou a maior fidelidade aos valores reais. Em termos operacionais, o modelo formula destaca-se por sua praticidade em campo: requer apenas medições lineares simples e permite estimativas rápidas, não destrutivas e sem a necessidade de equipamentos especializados, o que o torna apropriado para levantamentos de rotina e estudos onde há necessidade de conciliar precisão e viabilidade operacional.

Figura 13 - Comparação entre a área do cladódio estimada pela fórmula desenvolvida (AML-F, cm^2) e a área verdadeira (APP, cm^2).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entre os modelos geométricos testados, o da elipse (AML-E) se destacou como o mais equilibrado, apresentando elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9359$; $r = 0,9674^{**}$), estimativas próximas à APP real e, principalmente, justificativa biológica, já que os cladódios apresentam formato oblongo-arredondado, semelhante a uma elipse. Além disso, a simplicidade de aplicação, baseada apenas em medidas de comprimento e largura, torna o modelo altamente viável para uso em campo. Negreiros et al. (2024), chegou a resultados similares aos descritos no presente trabalho, onde explica que os métodos de maior precisão foram o do círculo ($R^2 = 0,9673$), e o método da fórmula ($R^2 = 0,9673$).

5 CONCLUSÕES

Entre os modelos avaliados, o círculo apresentou a maior capacidade preditiva para estimar a área verdadeira dos cladódios, com $R^2 = 0,9673$, evidenciando excelente ajuste aos valores observados. No entanto, os modelos da elipse ($R^2 = 0,9359$) e da fórmula desenvolvida ($R^2 = 0,9327$) também demonstraram precisão e maior facilidade de aplicação em campo, permitem medições rápidas, não destrutivas e de baixo custo, para uso em avaliações da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta Haw*).

REFERÊNCIAS

- AMORIM, P. L.; MARTUSCELLI, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. T.; CUNHA, D. N. F. V.; JANK, L. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 230-238, 2015.
- ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LIRA, E. C. **Palma Forrageira: plantio e manejo**. 2. ed. Campina Grande: 2023.
- ALVAREZ V. V.H. **Matrizes experimentais**. Viçosa, MG: SBCS, 2021. p.194.
- AQUINO, L. A.; SANTOS J. V. C.; GUERRA, J. V. S; COSTA, M. M. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 832-836, 2011.
- AGUILAR, P.; PIRES, A. J.V.; SOARES, M. S.; SILVA, L. G.; GUIMARÃES, J.O.; ROCHA, L. C.; MACHADO, T. C.; FRAZÃO, O. S. Palma forrageira e bagaço de cana tratado com uréia e amônia na dieta de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 294, v. 12, n.1, p.3936-3951, 2015.
- BLANCO, F.; FOLEGATTI, M. **Estimation of leaf area for greenhousecucumber by linear measurementsunder salinity and grafting**. Disponível em: <<https://revistas.usp.br/sa/article/view/22077/24101>>. Acesso em: 04 out 2025.
- COSTA, D. B. da; SOUZA, A. P. de; FELIX, E.S.; VASCONCELOS, E. S. A. G. de; NEGREIROS, E. D. de; LIMA, R. P.; CARVALHO, A. C. C. de; ARAÚJO, J. S. Resposta da palma forrageira a adubação nitrogenada e potássica sob calagem. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 12, p. 1–22, 2024.
- CIRINO, J. B.; LEITE, M. L. M. V.; SILVA, F. E.; ALVES, C. P.; OLIVEIRA, A. C.; EUGÊNIO, D. S. Crescimento inicial de clones de palma forrageira submetidos a níveis de adubação potássica. **Ciência Animal Brasileira**, Belo Horizonte, v. 23, e-70836P, 2022.
- CUNHA, D. de N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLI, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, R. D.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1156-1165, 2012.
- FERREIRA, F. A. P. S. A.; LEITE, J. C.; SILVA, H. V. L.; LOPES, J. F. C.; LIMA, O. J.; COIMBRA FILHO, S. O planímetro polar de Amsler no ensino de geometria. **C.Q.D. – Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, Bauru, v. 19, p. 33-54, dez. 2020.
- FERRAZ, G. A. J.; PEREIRA, J. L. de A. R.; FERRAZ, M. A. J.; SANTOS, E. R.; MENDONÇA, J. T. M. Estimativa de biomassa verde de milho por meio de regressão linear e componentes agronômicos de produção. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 18, n. 3, p. 553-564, 2019.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, p. 139–159, 2009.

HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; CHAIX, G. Estimativa da resistência e da elasticidade à compressão paralela às fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* usando a espectroscopia no infravermelho próximo. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 119-129, 2009.

TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E.; FORTIZ-HERNÁNDEZ, J.; OJEDA-CONTRERAS, Á. J.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A. Use of the elliptical mathematical formula to estimate the surface area of cladodes in four varieties of *Opuntia ficus-indica*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v. 12, p. 98–109, 2010.

IBGE - Censo Agropecuário. **Número de estabelecimentos agropecuários, quantidade produzida e área colhida, por produtos da lavoura temporária (Palma Forrageira)** - Resultados preliminares 2017. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615#resultado>>. Acessado em 16 out. de 2025.

LIRA, E. C.; ARAÚJO, J. S.; FELIX, E. S.; NASCIMENTO, G. V.; FILHO, T. J. O.; SOUZA, J. T. A.; PEREIRA, D. D. PRODUTIVIDADE DE CULTURAS ANUAIS EM SISTEMA DE CONSÓRCIO COM A PALMA FORRAGEIRA RESISTENTE À COCHONILHA-DO-CARMIM (*Dactylopius opuntiae Cockerell*) **Holos**, v. 2, n. 4, p. 11-21, 2021.

LEITE, M. L. M. Vi.; OLIVEIRA, G. A.; LUCENA, L. R. R.; OLIVEIRA, A. D. M.; COSTA, Á. C. L; ANJOS, F. L. Q.; SILVA, C. B.; FARIAS, I. M. Modelos matemáticos para estimativa de área e peso de cladódio de palma Doce Miúda. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 12, p. e47491211503, 2020.

LIMA, A. S.; SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; BONOU, S. I.; DANTAS NETO, J. Determinação da área de cladódios e fator de correção da palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 3803-3815, 2020.

LUCENA, L. R. R.; LEITE, M. L. M. V.; SIMÕES, V. J. L. P.; NÓBREGA, C.; ALMEIDA, M. C. R.; SIMPLÍCIO, J. B. Estimating the area and weight of cactus forage cladodes using linear dimensions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 43, e45460, 2020.

LUCENA, L. R. R.; LEITE, M. L. M. V.; SIMÕES, V. J. L. P.; ALMEIDA, M. C. R. Área de cladódio da palma *Opuntia stricta* utilizando dimensões lineares. *Agrarian Academy*, Goiânia, v. 5, n. 9, p. 46-55, 2018.

MARIA, A. Leaf area estimation of Garden Boldo from linear dimensions. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 5, p. 461, 2019.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; SÁ, I. I. S. **Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado de Pernambuco**. Embrapa Semiárido, Petrolina, 2011. (Documentos, 242).

NEGREIROS. E. D; **Estimativa da área do cladódio em palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana** (*Opuntia stricta* Haw). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2024.

NEVES, A. L. A.; PEREIRA, L. G. R.; SANTOS, R. D.; VOLTOLINI, T. V.; ARAÚJO, G. G. L.; MORAES, S. A.; ARAGÃO, A. S. L.; COSTA, C. T. F. **Plantio e uso da palma forrageira na alimentação de bovinos no semiárido brasileiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 7 p. 2010.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE F. F. C.; JÚNIOR, E. B. P. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 4, 2010.

OLIVEIRA, T. A.; LIMA, G. F. C.; SILVA, A. P.; SANTOS, D. C. Índice de área do cladódio da palma forrageira (*Opuntia stricta*) sob diferentes condições de manejo. **Anais...**: Workshop Internacional de Agricultura Sustentável no Semiárido Brasileiro, 2015, Campina Grande. Campina Grande: Realize Editora, 2015. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2015/TRABALHO_EV044_MD4_SA3_ID505_30102015000117.pdf. Acesso em: 15 out. 2025.

PEREIRA, J. S.; CAVALCANTE, A. B.; NOGUEIRA, G. H. M. S.; CAMPOS, F. S.; ARAÚJO, G. G. L.; SIMÕES, W. L.; VOLTOLINO, T. V. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 21, p. 1-10, 2020.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; DINIZ, W. J. S.; CARVALHO, H. F. S.; MOURA, M. S. B. Indirect methods for determining the area index of forage cactus cladodes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 163-171, 2015.

Silva, J. A. S. **Desempenho da palma forrageira no sistema de cultivo sobre o solo conforme a variação no período de cura**, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2025.

SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M. C.; CRUZ NETO, J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; SANTINI, E. J.; DOMINGUES, J. M. X.; GATTO, D. A.; MELO, R. R. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não destrutivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias / Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife, v. 3, n. 2, p. 145-150, 2008.

Sousa, M. M.; **Desenvolvimento, caracterização e aplicabilidade de revestimentos comestíveis à base de mucilagem de palma e óleo de orégano** / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2025.

VASCONCELOS, A.G.V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.L.B.; SANTOS, M.V.F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.

VOLTOLINI, T. V. **Introdução e importância econômica da Palma forrageira. Sistema de Produção de Palma-Forrageira para o Estado da Paraíba.** Sistemas de Produção Embrapa, p 70. 2023.