



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

FRANCISCO ASSIS NOGUEIRA NETO

**DESENVOLVIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES
ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DE SOMBREAMENTO**

MOSSORÓ

2020

FRANCISCO ASSIS NOGUEIRA NETO

**DESENVOLVIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES
ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DE SOMBREAMENTO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Luiz Dallabona
Dombroski

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N469d Nogueira Neto, Francisco Assis.

Desenvolvimento e classificação de mudas de espécies arbóreas da Caatinga em função de sombreamento / Francisco Assis Nogueira Neto. - 2020.

150 f. : il.

Orientador: Jeferson Luiz Dallabona Dombroski.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2020.

1. Produção de mudas. 2. Índice de qualidade. 3. Estiolamento. 4. Luz. I. Dallabona Dombroski, Jeferson Luiz, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

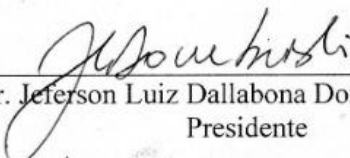
FRANCISCO ASSIS NOGUEIRA NETO

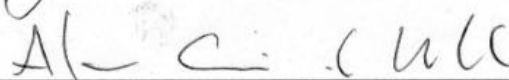
**DESENVOLVIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES
ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DE SOMBREAMENTO**

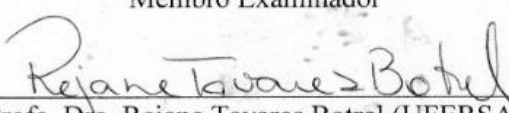
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 06 / 02 / 2020

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Jefferson Luiz Dallabona Dombroski (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. Alan Cauê de Holanda (UFERSA)
Membro Examinador


Profa. Dra. Rejane Tavares Botrel (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho ao meu avô, Francisco Assis Nogueira (In memoriam), de quem herdei o seu nome, e a minha avó, Francisca de Oliveira Nogueira (In memoriam), de quem recebi todo amor e carinho materno.

Também dedico esta conquista aos meus maiores incentivadores, meus pais, Ricardo e Gilmara Nogueira e, aos meus irmãos, Laura Oliveira e Ricardo Filho. Obrigado por todo amor e carinho e por fazerem o possível e o impossível para que este momento se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus e Senhor pelo dom da vida e por ter me concebido saúde e sabedoria para que chegasse até aqui. Á Ele toda honra e glória!

Agradeço à minha noiva, Anna Letícia, por todo amor, carinho, companheirismo e, principalmente, paciência, ao longo desses cinco anos de graduação. Obrigado por todas as vezes em que foi o meu motivo de alegria em meio aos afazeres acadêmicos. Essa conquista também é sua!

Agradeço aos meus avós maternos, Gilberto e Socorro Alves, aos meus tios e primos por toda ajuda e carinho!

Agradeço à minha família baiana, José Eduardo, Keylan Guirra, Miguel Fernando, a minha princesa, Dulce Maria e a pequena Helena Guirra, por todo amor, conselhos e oportunidades que me foi dado. Deus vos abençoe!

Agradeço aos meus amigos do Projeto Caatinga (Afonso, Tatianne, Jeferson Matheus, Lili, Geison, Luan, Erick, Natália, Valber e meu estagiário, Travassos Jr.), à Mateus Pinheiro, Maria Amanda e a autarquia suprema, Moadir Leite, por todos os momentos de trabalho, estudo e descontração. Vocês foram essenciais na minha caminhada!

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Jeferson Dombroski por todos os ensinamentos, oportunidades e amizade ao longo de todos esses anos!

Agradeço à professora Rejane Botrel e ao professor Alan Cauê por terem aceitado de prontidão fazer parte da minha banca examinadora.

E, por fim, a todos os professores, servidores e terceirizados por contribuírem de forma direta e indireta para minha formação!

Dê-me, Senhor, agudeza para entender, capacidade para reter, método e faculdade para aprender, sutileza para interpretar, graça e abundância para falar. Dê-me, Senhor, acerto ao começar, direção ao progredir e perfeição ao concluir.

São Tomás de Aquino.

RESUMO

Em projetos de recuperação de áreas degradadas, a utilização de mudas vigorosas de espécies florestais produzidas em viveiros acelera e permite melhor controle do resultado da recuperação, especialmente na Caatinga, que é um ambiente de difícil recuperação, devido à alta temperatura, solos rasos e chuvas escassas e mal distribuídas. Assim, a fase de produção de mudas deve atender alguns padrões de qualidade. Esses padrões de qualidade não estão claros para espécies da Caatinga, sendo usados critérios de plantas de outros biomas. Portanto, é necessário realizar estudos que definam os padrões de qualidade adequados para estas espécies. A qualidade das mudas é influenciada pelo ambiente de viveiro, o qual permite controlar aspectos ambientais, como o sombreamento. O estudo do sombreamento fornece informações sobre a adaptabilidade das espécies e possibilita estimar quais condições possibilitam às mudas o crescimento adequado, mas também que sejam robustas para suportar o transplântio. Assim, objetivou-se realizar a caracterização de espécies florestais da Caatinga em função da adaptação a diferentes níveis de sombreamento, através da análise de parâmetros morfofisiológicos e índices de qualidade de mudas. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), utilizando-se 16 espécies: *Anadenanthera colubrina*, *Myracrodruon urundeuva*, *Amburana cearensis*, *Ziziphus joazeiro*, *Libidibia ferrea*, *Piptadenia stipulacea*, *Mimosa ophthalmocentra*, *Combretum leprosum*, *Bauhinia forficata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Tripilaris gardneriana*, *Luetzelburgia auriculata*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Enterolobium contortisiliquum*, e *Crataeva tapia*. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%). A cada cerca de 14 ou 28 dias, de acordo com a taxa de crescimento das espécies, foram feitas avaliações não-destrutivas, sendo avaliados: a altura da planta (H), o diâmetro do caule (DC) e o índice de robustez (IR). Em torno de 90 dias após a repicagem, foi realizada uma avaliação destrutiva, sendo mensurados: a matéria seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), a matéria seca total (MST), a área foliar (AF) e os índices de qualidade de mudas: razão entre a matéria seca da raiz e da parte aérea (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e em caso de significância, submetidos à análise de regressão polinomial quadrática. As espécies apresentaram diferentes padrões de crescimento sob influência dos níveis de sombra, sendo que todas demonstraram maior crescimento em massa sob ambiente protegido. Para a produção de mudas de Angico, Aroeira, Juazeiro, Jurema-de-embira, Pereiro e Trapiá é recomendado o uso de sombrite 30%. Mudas de Mofumbo, Pau-mocó e Sabiá devem ser produzidas em ambientes com taxa de sombra entre 30 e 50%. A produção de mudas de Jucá, Jurema-branca e Pajeú deve ser realizada à taxa de 50% de sombra. Para a produção de mudas de Cumaru, Mororó e Timbaúba é recomendada taxa de sombra entre 50 e 70%. Mudas de Pacotê devem ser produzidas em ambiente com 70% de sombra.

Palavras-chave: Produção de mudas, Índice de qualidade, Estiolamento, Luz.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Altura de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	49
Figura 2. Altura de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	50
Figura 3. Altura de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	51
Figura 4. Altura de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	52
Figura 5. Altura de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	53
Figura 6. Altura de mudas de jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	54
Figura 7. Altura de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	55
Figura 8. Altura de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	56
Figura 9. Altura de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	57
Figura 10. Altura de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	58

Figura 11. Altura de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	59
Figura 12. Altura de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	60
Figura 13. Altura de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	61
Figura 14. Altura de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	62
Figura 15. Altura de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	63
Figura 16. Altura de mudas de trapiá (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	64
Figura 17. Diâmetro do caule de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	68
Figura 18. Diâmetro do caule de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	69
Figura 19. Diâmetro do caule de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	69
Figura 20. Diâmetro do caule de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	70
Figura 21. Diâmetro do caule de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	71

Figura 22. Diâmetro do caule de mudas de jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	72
Figura 23. Diâmetro do caule de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	73
Figura 24. Diâmetro do caule de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	73
Figura 25. Diâmetro do caule de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	74
Figura 26. Diâmetro do caule de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	75
Figura 27. Diâmetro do caule de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	76
Figura 28. Diâmetro do caule de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	77
Figura 29. Diâmetro do caule de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	78
Figura 30. Diâmetro do caule de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	79
Figura 31. Diâmetro do caule de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	80
Figura 32. Diâmetro do caule de mudas de trapiá (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	81

Figura 33. Índice de robustez de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	86
Figura 34. Índice de robustez de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	87
Figura 35. Índice de robustez de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	87
Figura 36. Índice de robustez de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	88
Figura 37. Índice de robustez de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	89
Figura 38. Índice de robustez de mudas de jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	90
Figura 39. Índice de robustez de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	91
Figura 40. Índice de robustez de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	92
Figura 41. Índice de robustez de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	92
Figura 42. Índice de robustez de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	93
Figura 43. Índice de robustez de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	94

Figura 44. Índice de robustez de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	94
Figura 45. Índice de robustez de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	95
Figura 46. Índice de robustez de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	96
Figura 47. Índice de robustez de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	96
Figura 48. Índice de robustez de mudas de trapiá (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	97
Figura 49. Massa seca total de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	101
Figura 50. Massa seca total de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	102
Figura 51. Massa seca total de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	102
Figura 52. Massa seca total de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	103
Figura 53. Massa seca total de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	104
Figura 54. Massa seca total de mudas de jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	105

Figura 55. Massa seca total de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	105
Figura 56. Massa seca total de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	106
Figura 57. Massa seca total de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	107
Figura 58. Massa seca total de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	108
Figura 59. Massa seca total de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	108
Figura 60. Massa seca total de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	109
Figura 61. Massa seca total de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	110
Figura 62. Massa seca total de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	110
Figura 63. Massa seca total de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	111
Figura 64. Massa seca total de mudas de trapiá (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	112
Figura 65. Massa seca da raiz de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrinaa</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	115

Figura 66. Massa seca da raiz de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	116
Figura 67. Massa seca da raiz de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	117
Figura 68. Massa seca da raiz de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	118
Figura 69. Massa seca da raiz de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	118
Figura 70. Massa seca da raiz de mudas de jurema-de-embira (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	119
Figura 71. Massa seca da raiz de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	120
Figura 72. Massa seca da raiz de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	120
Figura 73. Massa seca da raiz de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	121
Figura 74. Massa seca da raiz de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	122
Figura 75. Massa seca da raiz de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	122
Figura 76. Massa seca da raiz de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	123

Figura 77. Massa seca da raiz de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	124
Figura 78. Massa seca da raiz de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	124
Figura 79. Massa seca da raiz de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	125
Figura 80. Massa seca da raiz de mudas de trapiaí (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	126
Figura 81. Área foliar de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	130
Figura 82. Área foliar de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	131
Figura 83. Área foliar de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	131
Figura 84. Área foliar de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	132
Figura 85. Área foliar de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	133
Figura 86. Área foliar de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	134
Figura 87. Área foliar de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	134

Figura 88. Área foliar de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	135
Figura 89. Área foliar de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	136
Figura 90. Área foliar de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	136
Figura 91. Área foliar de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	137
Figura 92. Área foliar de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	138
Figura 93. Área foliar de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	138
Figura 94. Área foliar de mudas de timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	139
Figura 95. Área foliar de mudas de trapiaí (<i>Crataeva tapia</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	140
Figura 96. Índice de qualidade de Dickson de mudas de angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	146
Figura 97. Índice de qualidade de Dickson de mudas de aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	147
Figura 98. Índice de qualidade de Dickson de mudas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i>) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	147

Figura 99. Índice de qualidade de Dickson de mudas de juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	148
Figura 100. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jucá (<i>Libidibia ferrea</i>) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	149
Figura 101. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	149
Figura 102. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.	150
Figura 103. Índice de qualidade de Dickson de mudas de mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	151
Figura 104. Índice de qualidade de Dickson de mudas de mororó (<i>Bauhinia forficata</i>) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	151
Figura 105. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	152
Figura 106. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	153
Figura 107. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	153
Figura 108. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	154
Figura 109. Índice de qualidade de Dickson de mudas de sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.....	155

Figura 110. Índice de qualidade de Dickson de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019..... 155

Figura 111. Índice de qualidade de Dickson de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019..... 156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para altura de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 20 centímetros, e altura estimada aos 90 DAR. Mossoró-RN. 2018-2019.	65
Tabela 2. Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao crescimento em altura, a partir da estimativa de crescimento aos 90 DAR.	67
Tabela 3. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para diâmetro do coleto de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 5 mm de diâmetro, e diâmetro estimado aos 90 DAR. Mossoró-RN. 2018-2019.	83
Tabela 4 Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao crescimento em diâmetro do colo, a partir da estimativa de crescimento aos 90 dias.	85
Tabela 5. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para Índices de Robustez de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 8,1 cm.mm ⁻¹ , e Índice de Robustez estimado aos 90 DAR após a repicagem.. Mossoró-RN. 2018-2019.	98
Tabela 6 Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao índice de robustez, a partir da estimativa de crescimento aos 90 dias.	100
Tabela 7. Nível de sombreamento estimado para produção máxima de MST, valor de MST projetado para o sombreamento estimado ideal, perda estimada e produtividade de MST nos níveis de sombreamento estudados em relação ao máximo estimado, e condições de sombreamento avaliadas como capazes de produção ótima de MST (>-5%) para mudas de espécies arbóreas da Caatinga.	113
Tabela 8. Classificação das espécies quanto ao nível de sombreamento para a produção máxima de massa seca total (MST).	113
Tabela 9. Classificação das espécies quanto à capacidade de produção de massa seca (MST) em viveiro.	114
Tabela 10. Produção máxima estimada de biomassa seca de raízes e condições ideais de sombreamento para espécies arbóreas da Caatinga em experimento em viveiro.	127
Tabela 11. Classificação das espécies quanto à relação estimada entre massa seca da parte aérea e da raiz (MSPA/MSR).	129

Tabela 12. Classificação das espécies quanto às condições de sombreamento adequadas para a produção máxima de massa seca da raiz (MSR).	129
Tabela 13. Área foliar máxima estimada e capacidade de ajuste morfológico das espécies a condições restritivas de luminosidade.	144
Tabela 14. Classificação das espécies quanto à exigência em luz e a capacidade de adaptação morfológica ao sombreamento excessivo.....	144
Tabela 15. Classificação de espécies florestais da Caatinga quanto à produção de área foliar (AF).....	145
Tabela 16. Faixa do índice de qualidade de Dickson (IQD) e máxima estimada de espécies florestais da Caatinga.....	157
Tabela 17. Classificação sugerida das espécies quanto às condições de sombreamento adequadas para máximo do índice de qualidade de Dickson (IQD).....	157
Tabela 18. Caracterização das mudas das espécies estudadas quanto ao sombreamento recomendado.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área foliar
DAR	Dias após a repicagem
DC	Diâmetro do caule
H	Altura
IQD	Índice de qualidade de Dickson
IR	Índice de robustez
MSC	Massa seca do caule
MSF	Massa seca das folhas
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	40
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	42
2.1. BIOMA CAATINGA	42
2.2. ÍNDICES DE QUALIDADE DE MUDAS	43
2.2. SOMBREAMENTO.....	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1. ALTURA	48
4.1.1. Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	48
4.1.2. Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	49
4.1.3. Cumaru (<i>Amburana cearensis</i>).....	50
4.1.4. Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	51
4.1.5. Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>)	52
4.1.6. Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>)	53
4.1.7. Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	54
4.1.8. Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>)	55
4.1.9. Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>)	56
4.1.10. Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	57
4.1.11. Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	58
4.1.12. Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	59
4.1.13. Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	60

4.1.14.	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	61
4.1.15.	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	62
4.1.16.	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	63
4.2.	CRESCIMENTO EM ALTURA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	64
4.3.	DIÂMETRO DO COLETO.....	68
4.3.1.	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	68
4.3.2.	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	68
4.3.3.	Cumaru (<i>Amburana cearensis</i>).....	69
4.3.4.	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	70
4.3.5.	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>)	70
4.3.6.	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>)	71
4.3.7.	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	72
4.3.8.	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>)	73
4.3.9.	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>)	74
4.3.10.	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	74
4.3.11.	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	75
4.3.12.	Pau-Mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>)	76
4.3.13.	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	77
4.3.14.	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	78
4.3.15.	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	79
4.3.16.	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	80
4.4.	CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DO COLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	81

4.5	ÍNDICE DE ROBUSTEZ	85
4.5.1	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	85
4.5.2	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	86
4.5.3	Cumarú (<i>Amburana cearensis</i>).....	87
4.5.4	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	88
4.5.5	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>).....	88
4.5.6	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>).....	89
4.5.7	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	90
4.5.8	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>).....	91
4.5.9	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>).....	92
4.5.10	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	93
4.5.11	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	93
4.5.12	Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	94
4.5.13	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	95
4.5.14	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	95
4.5.15	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	96
4.5.16	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	97
4.6	ÍNDICES DE ROBUSTEZ DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	97
4.7	MASSA SECA TOTAL.....	100
4.7.1	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	100
4.7.2	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	101
4.7.3	Cumarú (<i>Amburana cearensis</i>).....	102

4.7.4	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	103
4.7.5	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>).....	103
4.7.6	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>).....	104
4.7.7	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	105
4.7.8	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>).....	106
4.7.9	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>).....	106
4.7.10	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	107
4.7.11	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	108
4.7.12	Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	109
4.7.13	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	109
4.7.14	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	110
4.7.15	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	110
4.7.16	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	111
4.8	PRODUÇÃO DE MASSA SECA TOTAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	112
4.9	MASSA SECA DE RAIZ	114
4.9.1	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	114
4.9.2	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	115
4.9.3	Cumarú (<i>Amburana cearensis</i>).....	116
4.9.4	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	117
4.9.5	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>).....	118
4.9.6	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>).....	119
4.9.7	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	119

4.9.8	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>).....	120
4.9.9	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>).....	121
4.9.10	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	121
4.9.11	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	122
4.9.12	Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	123
4.9.13	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	123
4.9.14	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	124
4.9.15	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	125
4.9.16	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	125
4.10	PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA RAIZ DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	126
4.11	ÁREA FOLIAR.....	130
4.11.1	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	130
4.11.2	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	130
4.11.3	Cumarú (<i>Amburana cearensis</i>).....	131
4.11.4	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	132
4.11.5	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>)	132
4.11.6	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>)	133
4.11.7	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	133
4.11.8	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>)	134
4.11.9	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>)	135
4.11.10	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	135
4.11.11	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	136

4.11.12	Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	137
4.11.13	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	137
4.11.14	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	138
4.11.15	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	139
4.11.16	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	139
4.12	ÁREA FOLIAR DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO.....	140
4.13	ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON.....	146
4.13.1	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>).....	146
4.13.2	Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>).....	146
4.13.3	Cumarú (<i>Amburana cearensis</i>)	147
4.13.4	Juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i>).....	148
4.13.5	Jucá (<i>Libidibia ferrea</i>)	148
4.13.6	Jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i>)	149
4.13.7	Jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i>)	150
4.13.8	Mofumbo (<i>Combretum leprosum</i>)	150
4.13.9	Mororó (<i>Bauhinia forficata</i>)	151
4.13.10	Pacotê (<i>Cochlospermum vitifolium</i>).....	152
4.13.11	Pajeú (<i>Triplaris gardneriana</i>).....	152
4.13.12	Pau-mocó (<i>Luetzelburgia auriculata</i>).....	153
4.13.13	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i>).....	154
4.13.14	Sabiá (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>)	154
4.13.15	Timbaúba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	155

4.13.16	Trapiá (<i>Crataeva tapia</i>)	156
4.14	ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO	156
5.	CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES	158
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
7.	REFERÊNCIAS.....	161

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga é caracterizado por um clima semiárido, com altas temperaturas e baixa umidade, com chuvas irregulares distribuídas em um curto período, de três a seis meses (VELLOSO et al., 2002). Sua vegetação é composta por espécies herbáceas e lenhosas, com presença de cactos e bromélias (SANTOS et al., 2017).

A Caatinga tem 844.453 km² de área, o que corresponde a 11% do território nacional (IBGE, 2004), abrange oito estados nordestinos (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), com pequenos fragmentos no Maranhão, e pequena parte da região Sudeste (porção norte do Estado de Minas Gerais) (ANDRADE et al., 2005). Apesar de seu tamanho é um dos biomas brasileiros que têm mais sofrido degradação (BEZERRA et al., 2014).

A destruição deste bioma se dá, principalmente, pelo avanço das fronteiras agrícolas e agropecuárias, deixando o solo suscetível aos processos erosivos e à desertificação, comprometendo os recursos naturais e a sustentabilidade (DANTAS et., 2010).

Em projetos de recuperação de áreas degradadas, a produção de mudas de espécies florestais em viveiros (DELARMELINA et al., 2014) é uma técnica muito empregada, porque acelera e permite melhor controle do resultado da recuperação. A qualidade das mudas influenciará diretamente a taxa de sobrevivência dos indivíduos em campo (COSTA et al., 2008). Por isso, deve-se realizar o manejo correto na etapa de cultivo dessas espécies, através do fornecimento adequado de água, nutrientes, temperatura e luz. Porém, a definição das condições adequadas é dificultada pela ausência de informações sobre as espécies da Caatinga (SANTOS et al., 2013).

Ainda que os fatores ambientais atuem de forma conjunta sobre as plantas, a luz apresenta papel fundamental no desenvolvimento vegetal, principalmente por ser fonte direta de energia, por meio da fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Alterações nos níveis de luminosidade podem promover modificações morfofisiológicas na planta, como elevação da altura, redução do diâmetro do caule, aumento da área foliar (CÉSAR et al., 2014) e no acúmulo e partição de biomassa (SANTOS et al., 2013), alterando inclusive os indicadores de qualidade de mudas.

Em condições de viveiro sombreado as plantas podem apresentar comportamento diferenciado à menor luminosidade (FARIA et al., 2013), realizando alterações morfológicas e fisiológicas, sendo que o grau de adaptação é ditado por característica particulares de cada espécie em interação com seu meio (SCALON et al., 2003). Isso ocorre devido a dois mecanismos de sobrevivência: tolerância e escape da sombra (RUBERTI et al., 2012). Ainda,

segundo esses autores, as plantas tolerantes desenvolvem adaptações no sistema fotossintético que as tornam capazes de sobreviver em tais condições, e as que dispõem do mecanismo de escape estimulam o crescimento, através do alongamento celular, otimizando a recepção de luz.

Alguns autores têm realizado pesquisas sobre o efeito da restrição luminosa no crescimento das diferentes espécies, com o uso de telas para simulação de sombreamento (RÊGO; POSSAMAI, 2006; LENHARD et al., 2013). Estes estudos têm verificado a plasticidade fisiológica das plantas em relação à radiação luminosa disponível nos diferentes níveis de sombra e auxiliado na avaliação do potencial de espécies a serem utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas (ALMEIDA et al., 2005).

Dentre as espécies estudadas, algumas apresentaram alta plasticidade, adaptando-se bem a vários níveis de radiação luminosa, com crescimento inicial semelhante em pleno sol e em sombra, como a *Tabebuia aurea* (PINTO et al., 2016b) e a *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (DANTAS et al., 2009). Outras espécies demonstraram preferência por ambientes a pleno sol, como a *Erythrina velutina* Wild. (MELO; CUNHA, 2008) e a *Libidibia ferrea* (SANTOS et al., 2013). Enquanto a *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (PINTO et al., 2016a) desenvolveu-se melhor em condições sombreadas.

Diante dessas informações, objetivou-se realizar a caracterização de 16 (dezesesseis) espécies florestais da Caatinga em função da adaptação à sombra por meio da análise de parâmetros morfofisiológicos e índices de qualidade de mudas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. BIOMA CAATINGA

A Caatinga tem área de 844.453 km², correspondendo a 11% do território nacional (IBGE, 2004), e abrangendo abrange oito estados nordestinos (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), com pequenos fragmentos no Maranhão, e pequena parte da região Sudeste (porção norte do Estado de Minas Gerais) (ANDRADE et al., 2005). Está inserida no semiárido brasileiro, apresentando altas temperaturas e baixa umidade, com chuvas irregulares distribuídas em um curto período, de três a seis meses (VELLOSO et al., 2002).

O bioma Caatinga é caracterizado por uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variada (RAMALHO et al., 2009), onde são conhecidas pelo menos 3347 espécies, 962 gêneros e 153 famílias de plantas com flores, das quais 15% são endêmicas e 43,7% são indivíduos lenhosos (árvores, arbustos e trepadeiras lenhosas) (FERNANDES; CARDOSO; QUEIROZ, 2020). Em grande maioria, essas espécies vegetais são consideradas caducifólias, isto é, têm folhas decíduas, que caem na época de seca em resposta à escassez hídrica, motivando a denominação do termo “Caatinga” que significa “mata-branca” no tupi-guarani (LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Rodal et al. (2008), a variação da cobertura vegetal do bioma é definida pelas interações entre o clima, relevo e embasamento geológico. Ainda de acordo com estes autores, a diversidade floral e da fisionomia da cobertura vegetal provém de dois gradientes de umidade, um no sentido Norte-Sul, no qual há uma diminuição das precipitações e outro no sentido Oeste-Leste, no qual ocorre um aumento das precipitações, e das variações topográficas, que favorece o gradiente em menor intensidade.

Apesar de seu tamanho é um dos biomas brasileiros que têm mais sofrido degradação (BEZERRA et al., 2014), uma vez que apenas 1,2% de sua extensão total está incluída em áreas efetivamente protegidas (BRASIL, 2015). Por conseguinte, os ecossistemas deste bioma encontram-se altamente perturbados, devido a substituição de espécies nativas por cultivos e pastagens, atividades de exploração excessiva dos recursos madeireiros, uso descontrolado do fogo como método de limpeza, entre outros (AZEVEDO et al., 2012), tornando o solo suscetível aos processos erosivos e à desertificação, comprometendo os recursos naturais e a sustentabilidade (DANTAS et., 2010).

2.2 ÍNDICES DE QUALIDADE DE MUDAS

Em projetos de recuperação de áreas degradadas, a produção de mudas de espécies florestais em viveiros (DELARMELINA et al., 2014) é uma técnica muito empregada, porque acelera e permite melhor controle do resultado da recuperação. Por isso, deve-se realizar o manejo correto na etapa de cultivo dessas espécies, através do fornecimento adequado de água, nutrientes, temperatura e luz, visto que a qualidade das mudas influenciará diretamente a taxa de sobrevivência dos indivíduos em campo (COSTA et al., 2008).

Na determinação da qualidade das mudas podem ser analisadas características morfológicas, fundamentadas nos aspectos fenotípicos, e fisiológicas, que são definidas internamente na planta (ELOY et al., 2013). As variáveis morfológicas são mais utilizadas pelos viveiristas por serem obtidas de maneira prática e rápida e ainda sinalizar o momento da realização de práticas culturais (FONSECA et al., 2002). No entanto, ainda são escassas na literatura informações sobre critérios de qualidade de mudas que possam ser relacionados à maior taxa de sobrevivência e ao melhor crescimento inicial, antes e depois do transplântio, em função das adversidades que são encontradas em campo após o transplântio (ELOY et al., 2013).

Entre as características morfológicas mais utilizadas estão: altura da planta, diâmetro do colo, massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e algumas razões entre essas variáveis (AGUIAR et al., 2011).

A altura e o diâmetro do colo são facilmente determinados e podem fornecer informações sobre o vigor das mudas (ARAÚJO, 2009). Porém, variáveis destrutivas como massa seca da parte aérea, da raiz e área foliar são importantes para expressar a qualidade da mudas, entretanto, de difícil mensuração (NICOLETTI et al., 2015), e são basicamente medidas destrutivas, ou seja, exigem o abate de amostras dos lotes de mudas.

É recomendado que as variáveis morfológicas não sejam utilizadas de forma isolada na determinação da qualidade de mudas em virtude de possuírem forte relação entre si, visto que um desequilíbrio entre essas variáveis pode resultar na redução da qualidade, por exemplo, utilizar a escolha das mudas unicamente pela altura, isto é, escolher condições de cultivo que produzam mudas muito altas pode levar à produção de mudas com diâmetros de caule muito pequenos, o que pode tornar as mudas altamente susceptíveis ao tombamento (LIMA et al., 2006).

Dentre as razões entre variáveis, o índice de qualidade de Dickson é tido como um confiável indicador de qualidade de mudas, por integrar em seu cálculo a robustez e o equilíbrio

de partição da biomassa da planta, sendo ponderados vários parâmetros importantes (ELOY et al., 2013).

Regularmente as variáveis morfológicas e os índices de qualidade de mudas são utilizados em pesquisa para prever o grau de tolerância das diferentes espécies às mudanças na quantidade de radiação recebida (BENINCASA, 2003).

2.2. SOMBREAMENTO

Ainda que os fatores ambientais atuem de forma conjunta sobre as plantas, a luz apresenta papel fundamental no desenvolvimento vegetal, principalmente, por ser fonte direta de energia, por meio da fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Alterações nos níveis de luminosidade podem promover modificações morfofisiológicas na planta, como elevação da altura, redução do diâmetro do caule, aumento da área foliar (CÉSAR et al., 2014) e no acúmulo e partição de biomassa (SANTOS et al., 2013), alterando inclusive os indicadores de qualidade de mudas.

Portanto, estudos sobre a adaptação das espécies florestais à restrição luminosa no ambiente são importantes, uma vez que fornecem informações para o desenvolvimento de práticas de manejo de mudas em viveiro (LIMA et al., 2010). Para isso são comumente utilizadas telas do tipo “sombrite”, por serem capazes de isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa e fornecer às parcelas experimentais condições uniformes de iluminação, quando comparadas aos estudos em condições naturais (RÊGO; POSSAMAI, 2006; LENHARD et al., 2013).

Em condições de viveiro sombreado as plantas podem apresentar desenvolvimento diferenciado sob menor luminosidade (FARIA et al., 2013), realizando alterações morfológicas e fisiológicas, sendo que o grau de adaptação é ditado por características particulares de cada espécie, de acordo com sua capacidade de aclimação e a dependência da quantidade ou qualidade da luz (PACHECO; PAULILO, 2009; SCALON et al., 2003).

Isso ocorre devido a dois mecanismos de sobrevivência: tolerância e escape da sombra (RUBERTI et al., 2012). Ainda segundo esses autores, as plantas tolerantes desenvolvem adaptações no sistema fotossintético que as tornam capazes de sobreviver em tais condições, e as que dispõem do mecanismo de escape estimulam o crescimento, através do alongamento celular, otimizando a recepção de luz. Ligado a isto, a aclimação à luz incidente ocorre no sentido de maximizar o ganho total de carbono (PACHECO; PAULILO, 2009).

Dentre as espécies estudadas, algumas apresentaram pouca exigência de radiação luminosa, com crescimento inicial semelhante em pleno sol e em sombra, como a *Tabebuia aurea* (PINTO et al., 2016b) e a *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (DANTAS et al., 2009). Outras

espécies demonstraram preferência por ambientes a pleno sol, como a *Erythrina velutina* Wild. (MELO; CUNHA, 2008) e a *Libidibia ferrea* (SANTOS et al., 2013). Enquanto a *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (PINTO et al., 2016a) desenvolveu se melhor em condições sombreadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre setembro de 2018 e fevereiro de 2019 na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em área pertencente ao Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais (DCAF), utilizando-se 16 (dezesesseis) espécies florestais da Caatinga: Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), Cumaru (*Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm.), Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), Jucá (*Libidibia férrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz), Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke), Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Mororó (*Bauhinia forficata*), Pacotê (*Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.), Pajeú (*Triplaris gardneriana* Wedd.), Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.), Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), e Trapiá (*Crataeva tapia* L.).

Inicialmente, as plântulas foram produzidas em bandejas de poliestireno de baixa densidade contendo substrato comercial Carolina Soil® e, posteriormente, quando apresentaram um par de folhas verdadeiras, foram repicadas para sacolas plásticas de polietileno de 1,9 L contendo uma mistura do solo, obtido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, superfosfato simples (160 g m^{-3}), micronutrientes quelatizados (40 g m^{-3}), composto orgânico ($0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e para correção do pH, calcário (400 g m^{-3}).

O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com três blocos e quatro níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%). As plantas foram distribuídas em quatro conjuntos de três plantas da mesma espécie, dentro de estruturas medindo 5,0 x 4,0 x 2,0 m de comprimento, largura e altura, respectivamente, recobertas com tela do tipo “sombrite” que proporcionaram sombreamento de 30, 50 e 70%. O tratamento controle (0%) foi conduzido em pleno sol. A unidade experimental foi composta por uma única muda

A cada cerca de 14 ou 28 dias, dependendo da taxa de crescimento da espécie, foram feitas avaliações não-destrutivas em quatro plantas de cada parcela, sendo mensurados: a altura da planta (H), com auxílio de uma régua graduada em centímetros; e o diâmetro do caule (DC), com o auxílio de um paquímetro digital. Com esses dados foi obtido o índice de robustez (IR), cm mm^{-1} , determinado pela razão entre altura e diâmetro do caule.

Em torno de 90 dias após a repicagem (DAR), foi realizada uma avaliação destrutiva em duas plantas de cada repetição, de cada espécie, sendo mensurados: a matéria seca da raiz (MSR, g planta^{-1}), da parte aérea (MSPA, g planta^{-1}) e determinada a matéria seca total (MST,

g planta⁻¹). Para isso, as plantas foram divididas em raiz, caule e folhas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C durante 72 horas e por fim, pesadas em balança analítica; e a área foliar (AF, cm²), determinada através do método do disco corrigido (ZEIST et al., 2014), para espécies com folhas simples e compostas, e pelo método da imagem digital (SOUZA et al., 2012), para espécies com folhas recompostas.

Para se obter informações sobre a qualidade das mudas, foram calculados os índices: razão entre a matéria seca da raiz e da parte aérea (MSPA/MSR), a partir dos valores estimados de MST e MSR, e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960), determinado pela expressão:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Onde: H = Altura (cm); DC = Diâmetro do coleto (mm); MST = Massa seca total (g); MSPA = Massa seca da parte aérea (g); e MSR = Massa seca da raiz (g).

Os resultados das variáveis analisadas foram submetidos a análise de variância pelo teste F (p<0,05), e em caso de significância, submetidos a análise de regressão polinomial quadrática.

A partir dos modelos polinomiais gerados séries temporais de diâmetro e altura, foram realizadas projeções para a obtenção de valores padronizados para o período de 90 DAR para todos os tratamentos, assim como estimativas do tempo necessário para alcançar os valores comumente usados como critérios para seleção de mudas florestais, ou seja, 20cm para H; 5,0 mm para DC e 8,0 cm.mm⁻¹ para o IR. A partir das estimativas de H, DC e IR aos 90 DAR, foi feita uma proposta de agrupamento das espécies segundo a sua capacidade de crescimento.

A partir dos modelos polinomiais de resposta aos níveis de sombreamento gerados com os dados da análise destrutiva, foram realizadas estimativas dos valores ideais de sombreamento para cada espécie, e a perda proporcional de crescimento que ocorreu nos vários níveis de sombreamento executados, e os valores estimados foram registrados em tabelas, o que permitiu comparar os tratamentos entre si, e definir os níveis de sombreamento (cultivo protegido por sombrite) mais efetivos para cada espécie. A partir dos valores de sombreamento, as espécies foram tentativamente agrupadas e classificadas segundo a sua adaptação ao sombreamento e quanto à capacidade de crescimento, para cada variável analisada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

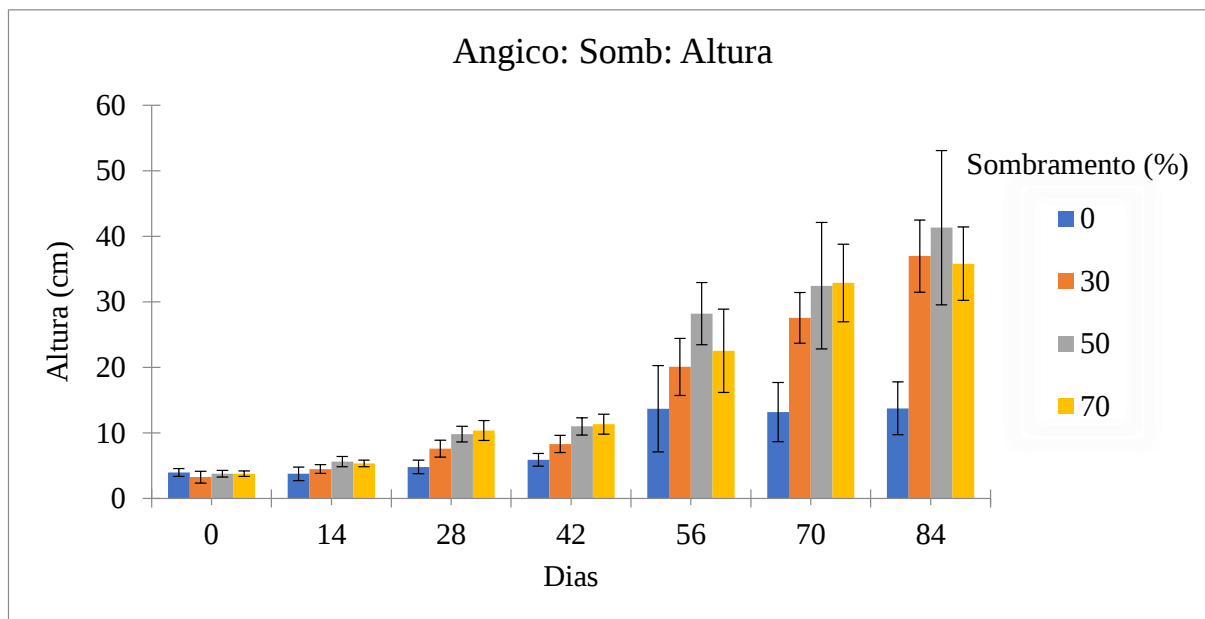
4.1. ALTURA

4.1.1. Angico (*Anadenanthera colubrina*)

As avaliações foram feitas a cada 14 dias, aproximadamente, durante 87 dias. O efeito do sombreamento, em função do tempo sobre a altura de plantas jovens de angico está descrito na **Figura 1**. Observa-se, a partir dos 56 DAR, a separação dos tratamentos em dois padrões, com as plantas de pleno sol (0%) apresentando baixo crescimento, atingindo 13,8 cm aos 87 DAR e os outros tratamentos (30, 50 e 70%) com crescimento em altura maior e semelhante entre si, atingindo, respectivamente 37, 41,3 e 35,8 cm ao final da avaliação.

Durante as avaliações, as mudas mantidas em condições de pleno sol não atingiram a altura mínima recomendada pela literatura, entre 20 e 35 centímetros (GONÇALVES et al., 2000). No entanto, os níveis de 30, 50 e 70% de sombra permitiram que as plantas atingissem a faixa de altura sugerida aos 60, 51 e 54 dias, respectivamente (Tabela 1). O maior crescimento em altura das plantas sombreadas pode significar duas coisas: ou que o ambiente sombreado propicia melhor produção de fitomassa, e com isso plantas maiores, ou é um esforço exercido pela planta em resposta a luminosidade insuficiente para um bom crescimento, fenômeno conhecido como “estiolamento” ou “fuga da sombra”, que são adaptações morfológicas voltadas a melhorar a captação de luz pelas plantas. Há casos em que o estiolamento “compensa”, ou seja, essas adaptações permitem que haja produção de fitomassa semelhante ou até maior do que em um ambiente com maior luminosidade. Não é possível determinar qual desses efeitos está ocorrendo sem analisar os outros indicadores de crescimento, em especial a produção de fitomassa seca. A tendência de redução da altura das plantas no tratamento 70% é uma indicação de que essa condição de luminosidade é insuficiente para manter o crescimento da espécie.

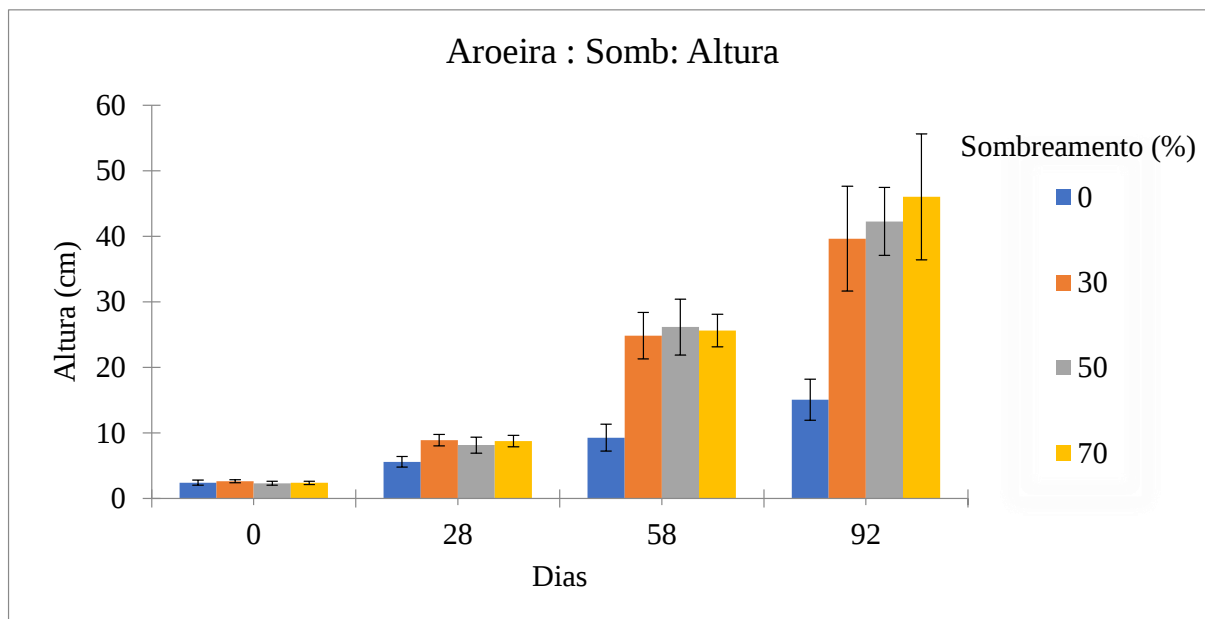
Figura 1. Altura de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.2. Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

As avaliações foram feitas a cada 28 dias, durante 92 dias. Os resultados de altura das mudas de aroeira são apresentados na Figura 2 com padrão semelhante ao observado em Angico. As plantas de pleno sol (0%) apresentaram baixo crescimento, atingindo 15,1 cm aos 87 DAR e os outros tratamentos (30, 50 e 70%) com crescimento em altura maior e semelhante entre si, atingindo, respectivamente 39,7, 42,3 e 46,0 cm ao final da avaliação. As mudas produzidas nos ambientes com 30, 50 e 70% de sombra alcançaram a altura mínima, entre 20 e 35 centímetros, proposta por pesquisadores (GONÇALVES et al., 2000), nos seguintes DAR: 52° (30%), 50° (50%) e 35° (70%) (Tabela 1).

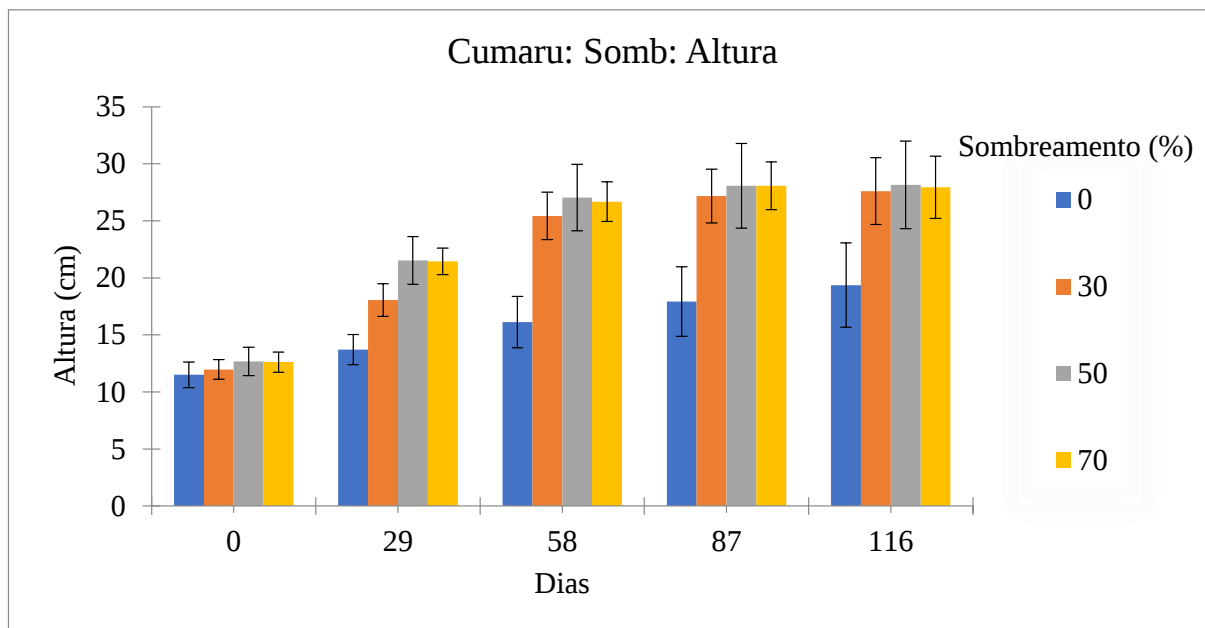
Figura 2. Altura de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.3. Cumarú (*Amburana cearensis*)

As plantas de Cumarú foram avaliadas a cada 29 dias, durante 116 dias. O comportamento da altura das plantas de cumarú está exposto na Figura 3. As plantas também são agrupáveis em dois grupos distintos de altura, 0%, com média de 19,4 cm aos 116 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 27,6; 28,2 e 27,9 cm. As taxas de sombra de 30, 50 e 70% proporcionaram a altura mínima proposta pela literatura, 20 centímetros (GONÇALVES et al., 2000), no dia 33, 24 e 25, respectivamente, porém, o tratamento pleno sol não atingiu o valor mínimo (Tabela 1).

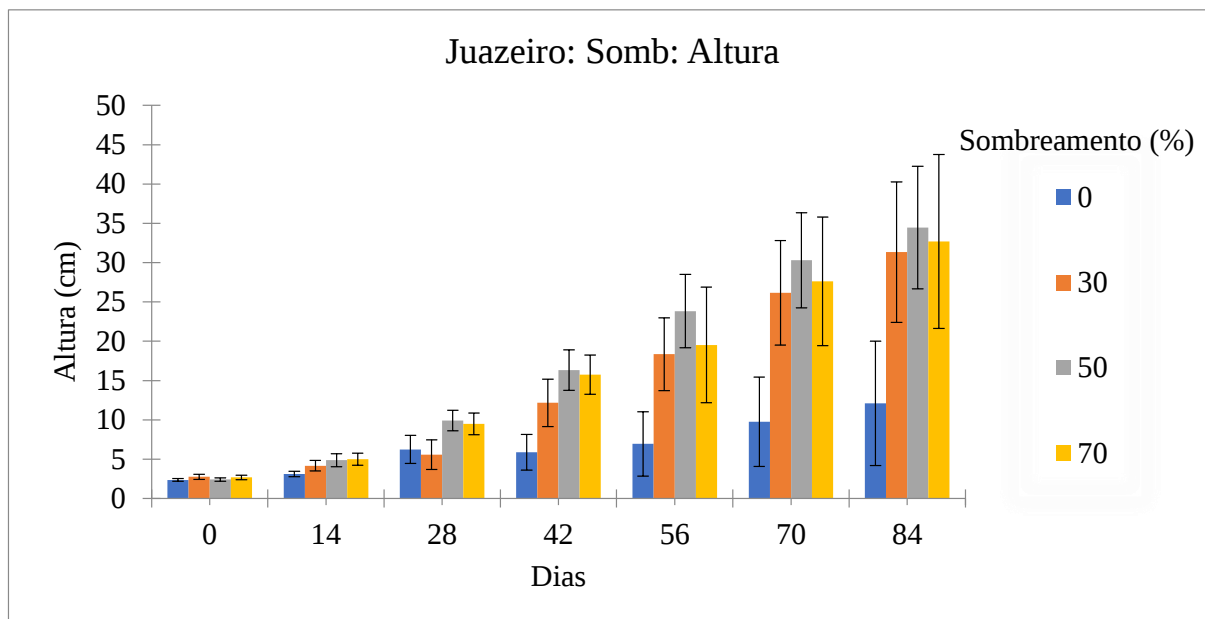
Figura 3. Altura de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.4. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

As plantas de Juazeiro foram avaliadas a cada 14 dias, durante 84 dias. O resultado do efeito do sombreamento, ao longo do tempo, sobre a altura de mudas de juazeiro pode ser verificado na Figura 4. Novamente se observa o padrão de agrupamento das alturas em duas classes, 0%, com média de 21,6 cm aos 84 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 33,6; 34,5 e 34,9 cm. Todos os tratamentos atingiram, em média, a altura mínima recomendada por Gonçalves et al. (2000): 20 centímetros. As plantas de pleno sol só atingiram a altura mínima aos 84 DAR. Os tratamentos de sombra possibilitaram às mudas o valor mínimo sugerido aos: 62 (30%), 51 (50%) e 56 (70%) DAR (Tabela 1).

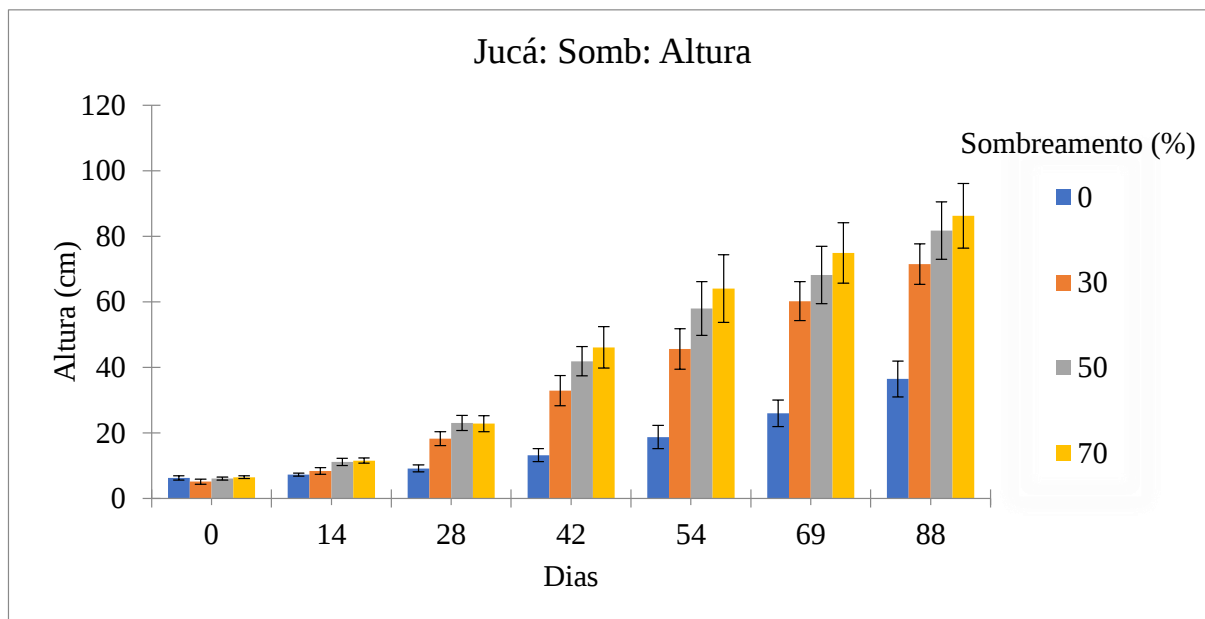
Figura 4. Altura de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.5. Jucá (*Libidibia ferrea*)

As plantas de Jucá foram avaliadas aproximadamente a cada 14 dias, durante 88 dias. O efeito da restrição luminosa na altura de plantas jovens de jucá, está representado na Figura 5. O padrão de agrupamento das alturas em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 36,5 cm aos 88 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 71,6; 81,8 e 86,3 cm. Todos os tratamentos permitiram que as mudas obtivessem a altura mínima recomendada, entre 20 e 35 centímetros (GONÇALVES et al., 2000). O período para atingir os valores sugeridos diminuiu de acordo com o aumento da taxa de sombra: 58 (0%), 26 (30%), 20 (50%) e 18 (70%) DAR (Tabela 1).

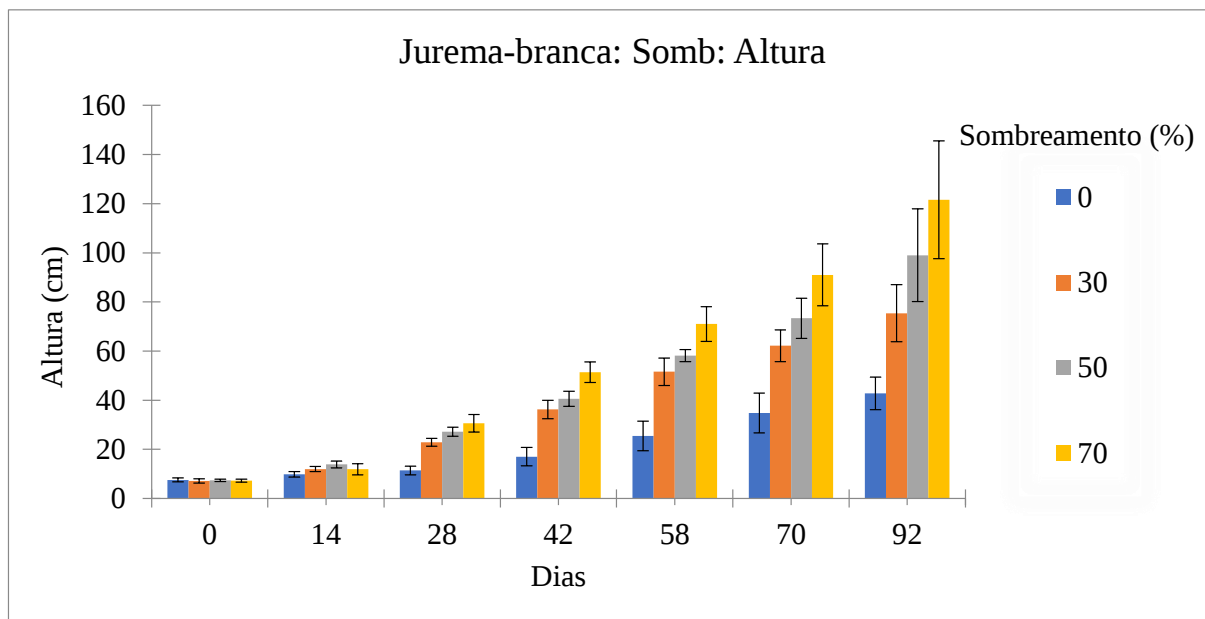
Figura 5. Altura de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.6. Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

As plantas de Jurema-branca foram avaliadas aproximadamente a cada 14 dias, até os 92 DAR. A altura de plantas jovens de jurema-branca é apresentada na Figura 6. Nessa espécie não se observa a separação em duas classes de altura, mas um aumento crescente da altura em função do sombreamento, atingindo valores de 42,8; 75,4; 99,0 e 121,6 cm para os tratamentos de 0, 30, 50 e 70%., respectivamente. Todas as taxas de sombra e o tratamento pleno sol proporcionaram às mudas a altura mínima sugerida por pesquisadores, entre 20 e 35 centímetros (GONÇALVES et al., 2000). Na Tabela 1, pode-se constatar uma redução na quantidade de dias necessário para as plantas atingirem o valor recomendado de acordo com o aumento dos níveis de sombra, obtendo-se: 47 (0%), 21 (30%), 20 (50%) e 17 (70%) DAR.

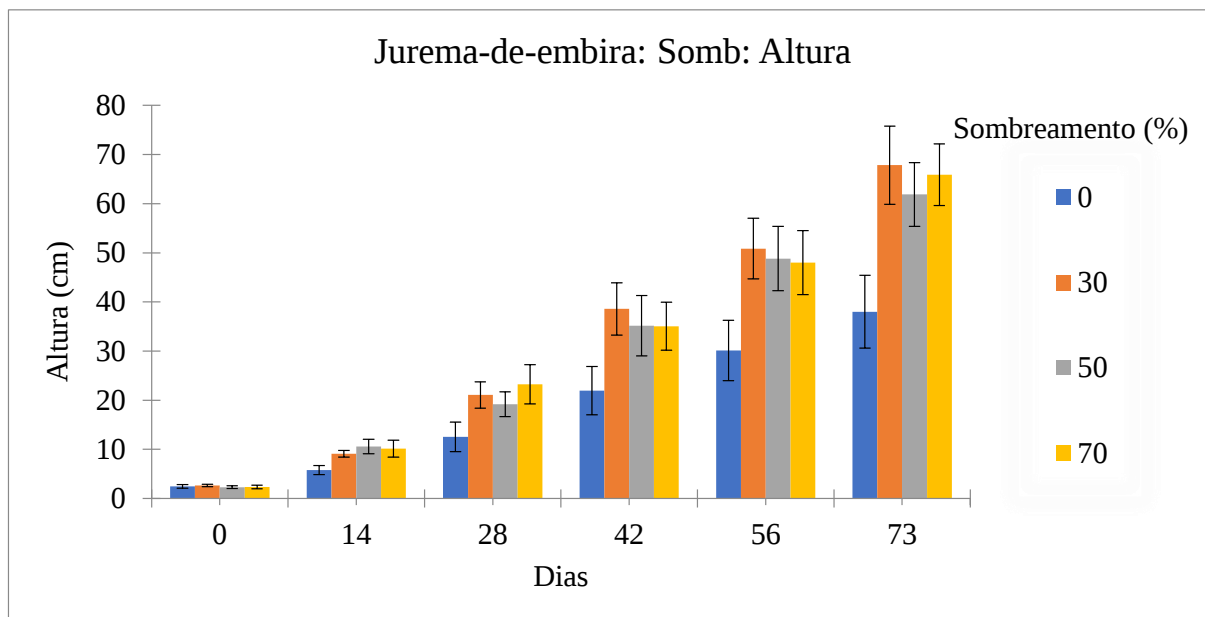
Figura 6. Altura de mudas de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.7. Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

As plantas de Jurema-de-embira foram avaliadas aproximadamente a cada 14 dias, até os 73 DAR. A influência do sombreamento na altura de mudas de jurema-de-embira, avaliadas em diferentes datas, está apresentada na Figura 7. O padrão de agrupamento das alturas em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 38,0 cm aos 73 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 67,8; 61,9 e 65,9 cm. Os tratamentos possibilitaram às mudas os valores de altura mínima recomendado por Gonçalves et al. (2000), entre 20 e 35 centímetros. A partir da Tabela 1 é possível observar as datas na qual cada nível de sombra atingiu o valor mínimo: 41 (0%), 25 (30%), 26 (50%) e 25 (70%).

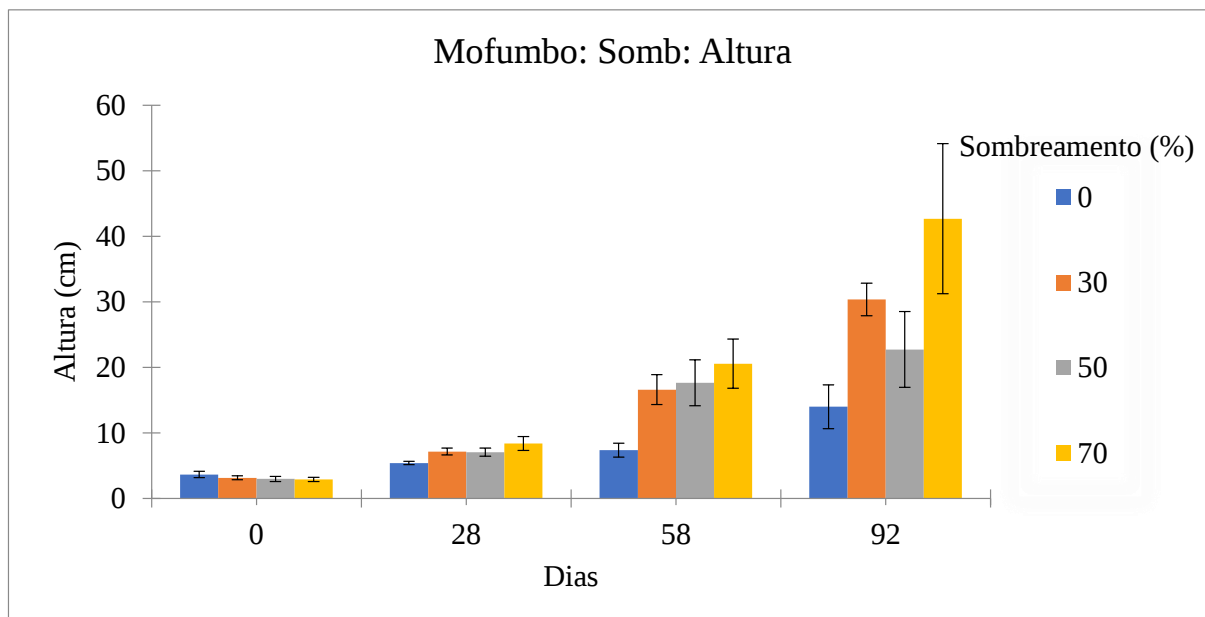
Figura 7. Altura de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.8. Mofumbo (*Combretum leprosum*)

As plantas de Mofumbo foram avaliadas aproximadamente a cada 28 dias, até os 92 DAR. O crescimento em altura de plantas de Mofumbo mantidas em condições de restrição luminosa, ao longo do tempo, está descrito na Figura 8. Também se observam dois padrões de altura, 0%, com média de 14,0 cm aos 92 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 30,4; 27,5 e 42,7 cm. Os tratamentos com maiores níveis de sombra resultaram em mudas com menor requerimento de tempo para atingir a altura mínima recomendada Gonçalves et al. (2000), entre 20 e 35 centímetros. Contudo, as mudas em pleno sol não atingiram o valor sugerido. De acordo com a Tabela 1, os valores obtidos, foram: 69 (30%), 70 (50%) e 57 (70%) DAR.

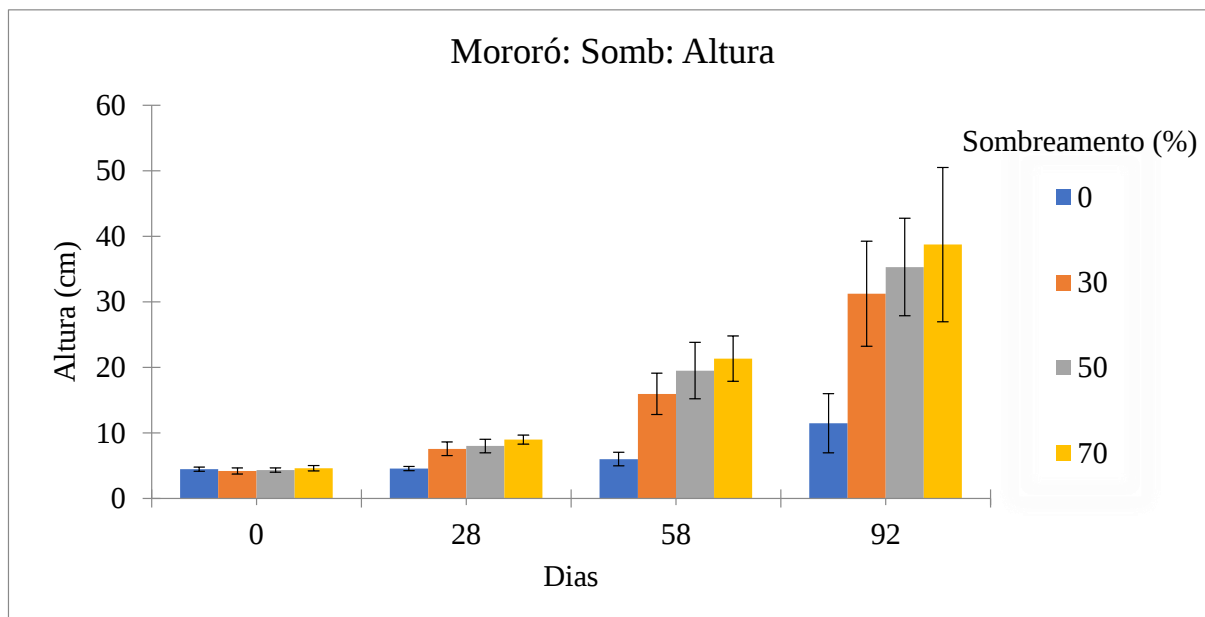
Figura 8. Altura de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.9. Mororó (*Bauhinia forficata*)

As plantas de Mororó foram avaliadas a cada 28 dias, até os 92 DAR. O comportamento da altura das mudas de Mororó está apresentado na Figura 9. O padrão de agrupamento das alturas em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 11,5 cm aos 92 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 31,3; 35,3 e 38,7 cm. Os valores de altura mínima recomendados por Gonçalves et al. (2000) – entre 20 e 35 centímetros - foram alcançados por plantas de todos os tratamentos, dentro do período de avaliação. O aumento da taxa de sombra diminuiu o tempo necessário para as plantas atingirem a altura sugerida, resultando em: 93 (0%), 69 (30%), 62 (50%) e 57 (70%) (Tabela 1).

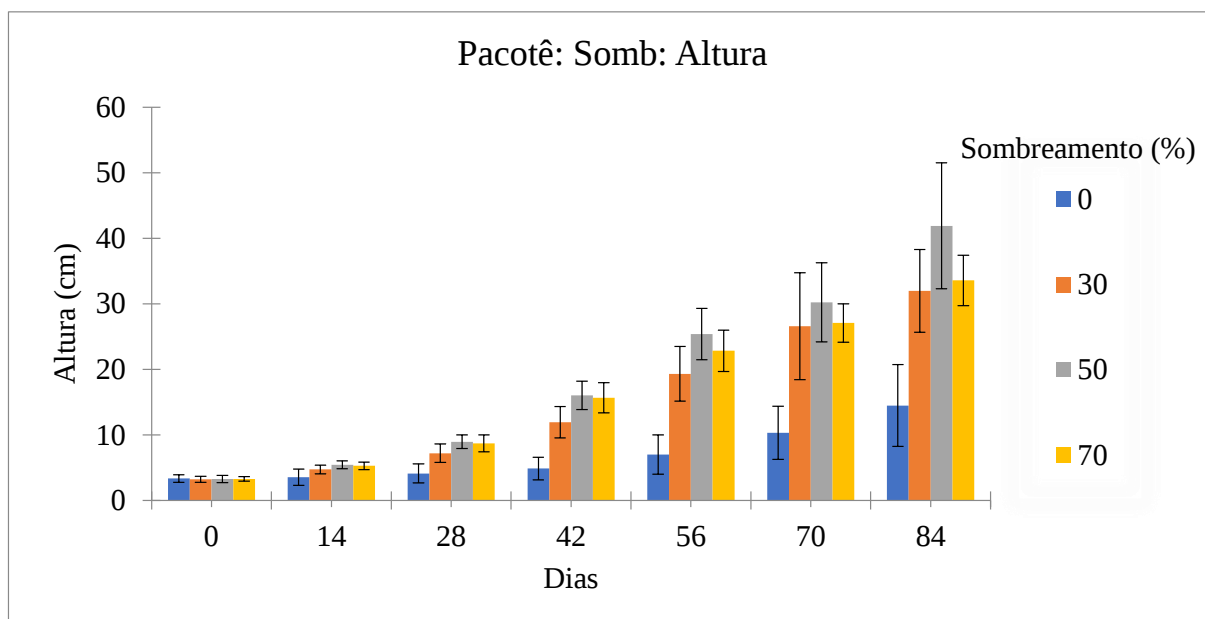
Figura 9. Altura de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.10. Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

As plantas de Pacotê foram avaliadas a cada 14 dias, até os 84 DAR. O resultado do efeito da restrição luminosa sobre a altura de plantas jovens de Pacotê pode ser verificado na Figura 10. O padrão de agrupamento das alturas em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 17,2 cm aos 84 DAR, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 32,0; 41,9 e 33,6 cm. O sombreamento propiciou a redução do tempo necessário para atingir a altura recomendada na literatura, entre 20 e 35 centímetros (GONÇALVES et al., 2000). Os tratamentos 30, 50 e 70% de sombra alcançaram os 20 centímetros aos 60, 51 e 54 DAR, respectivamente, enquanto o pleno sol não apresentou estes valores no período de avaliação (Tabela 1).

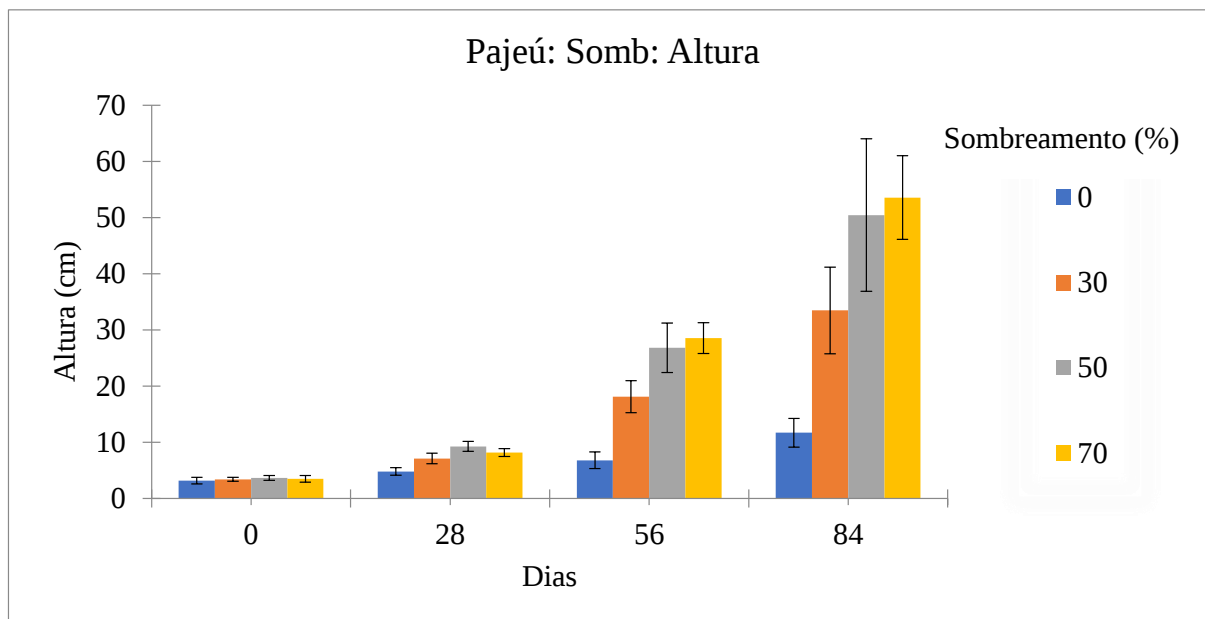
Figura 10. Altura de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.11. Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

As plantas de Pajeú foram avaliadas a cada 28 dias, até os 84 DAR. A altura das plantas de Pajeú está exposta na Figura 11. Com o Pajeú também ocorre o padrão de dois grupos de altura, 0%, com média de 11,7 cm aos 84 DAR, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 33,5; 50,5 e 53,6 cm. As mudas produzidas nas casas de sombra com maior restrição luminosa obtiveram a altura recomendada por Gonçalves et al. (2000), entre 20 e 35 centímetros, em um menor espaço de tempo. Porém, o tratamento pleno sol não permitiu que as plantas atingissem estes valores no período estudado. A Tabela 1 mostra os seguintes resultados: 61 (30%), 48 (50%) e 47 (70%).

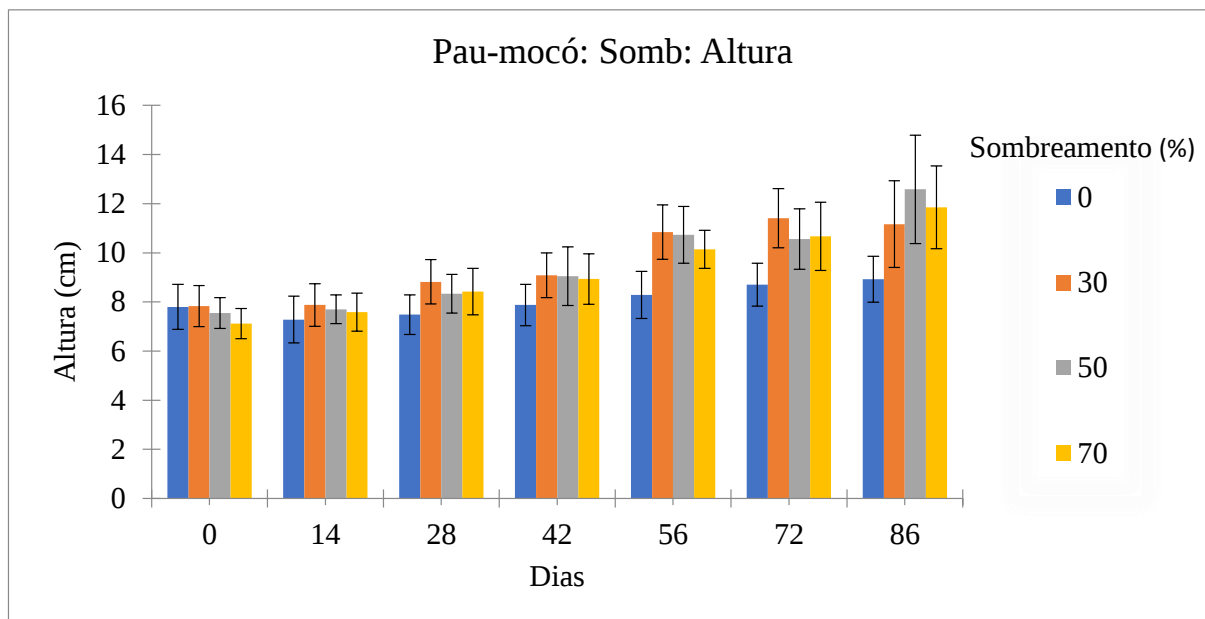
Figura 11. Altura de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.12. Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

As plantas de Pau-mocó foram avaliadas a cada 14 dias, até os 86 DAR. A influência do sombreamento, no decorrer de datas de avaliação, sob a altura de plantas jovens de pau-mocó, está apresentada na Figura 12. O crescimento em altura em todos os tratamentos foi baixo, mas também se observa uma tendência de separação nos dois grupos de crescimento. As plantas no tratamento 0%, atingiram apenas 8,9 cm, em média, aos 84 DAR, e o segundo grupo (30, 50 e 70%), atingiu alturas de 11,4; 12,6 e 11,9 cm. Na Tabela 1 é possível verificar que dentro dos 90 dias de avaliação nenhum dos níveis de sombra e o pleno sol possibilitaram que as mudas atinssem a altura mínima recomendada por Gonçalves et al. (2000).

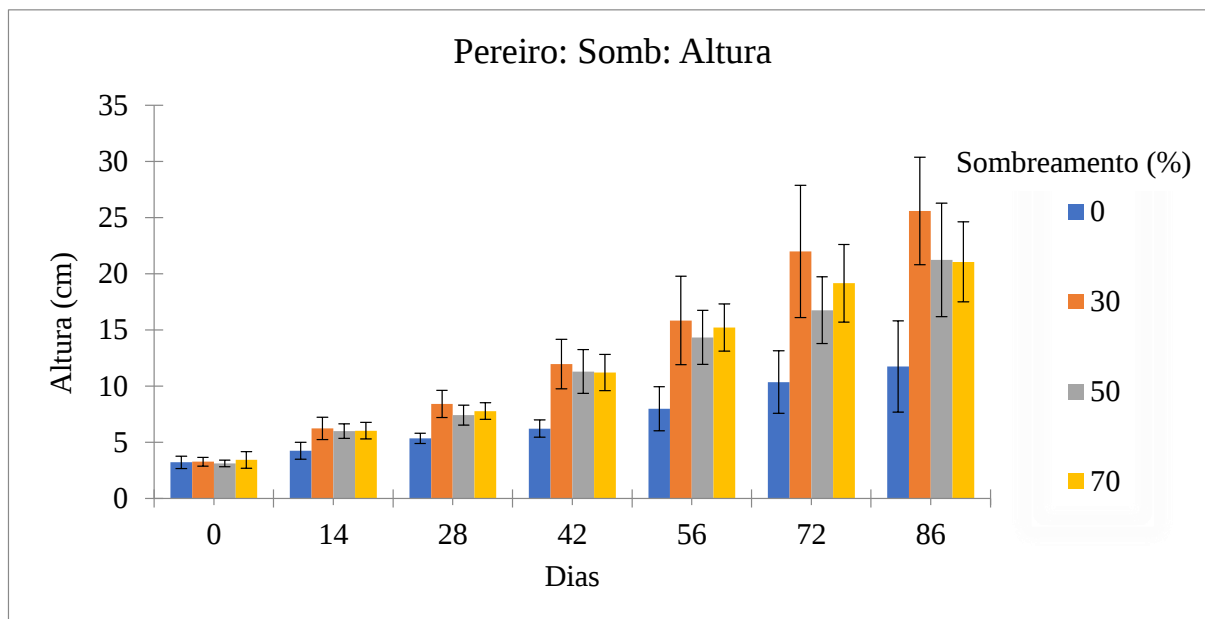
Figura 12. Altura de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.13. Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

As plantas de Pereiro foram avaliadas a cada 14 dias, até os 86 DAR. O crescimento em altura das plantas de pereiro está descrito na Figura 13. Foi observado o mesmo padrão apresentado na maioria das espécies deste trabalho, 0%, com média de 11,7 cm aos 86 DAR, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 25,6; 21,2 e 21,1 cm. As mudas produzidas sob sombreamento obtiveram os valores mínimos propostos pela literatura, entre 20 e 35 centímetros (GONÇALVES et al., 2000), no entanto o tratamento pleno sol não proporcionou os mesmos resultados. O tempo necessário para atingir as alturas preconizadas para 30, 50 e 70% foi 69, 83 e 79 DAR, respectivamente (Tabela 1).

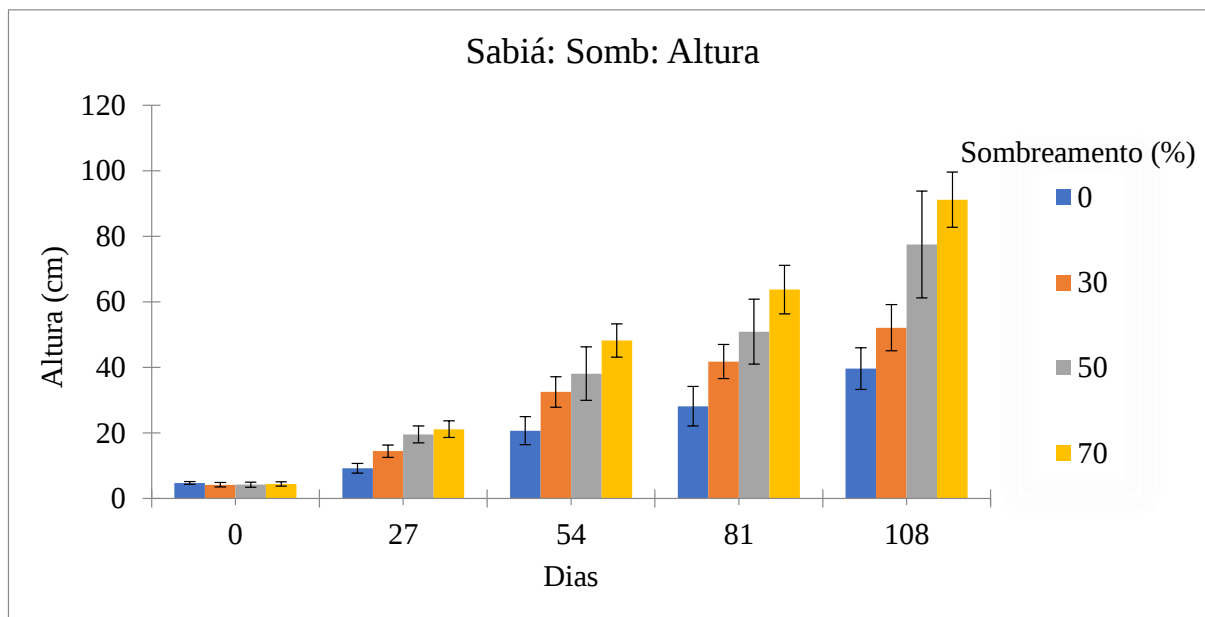
Figura 13. Altura de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.14. Sabiá (*Mimosa caesalpinhiifolia*)

As plantas de Sabiá foram avaliadas aproximadamente a cada 28 dias, até os 108 DAR. O efeito dos diferentes níveis de sombra sob a altura de mudas de sabiá, avaliadas ao longo do tempo, encontra-se na Figura 14. Para as plantas de Sabiá não foi observado o agrupamento em dois padrões de altura, mas sim uma resposta proporcional ao nível de sombreamento. As plantas alcançaram média de 39,7; 52,1; 77,5 e 91,2 cm nos tratamentos 0, 30, 50 e 70% respectivamente. A altura mínima recomendada por Gonçalves et al. (2000), entre 20 e 35 centímetros, foi proporcionada por todos os tratamentos, durante a condução do experimento, sendo que o tempo requerido diminui de acordo com o aumento da taxa de sombra. Os tratamentos obtiveram o valor mínimo nos seguintes DAR: 57 (0%), 33 (30%), 29 (50%) e 23 (70%) (Tabela 1).

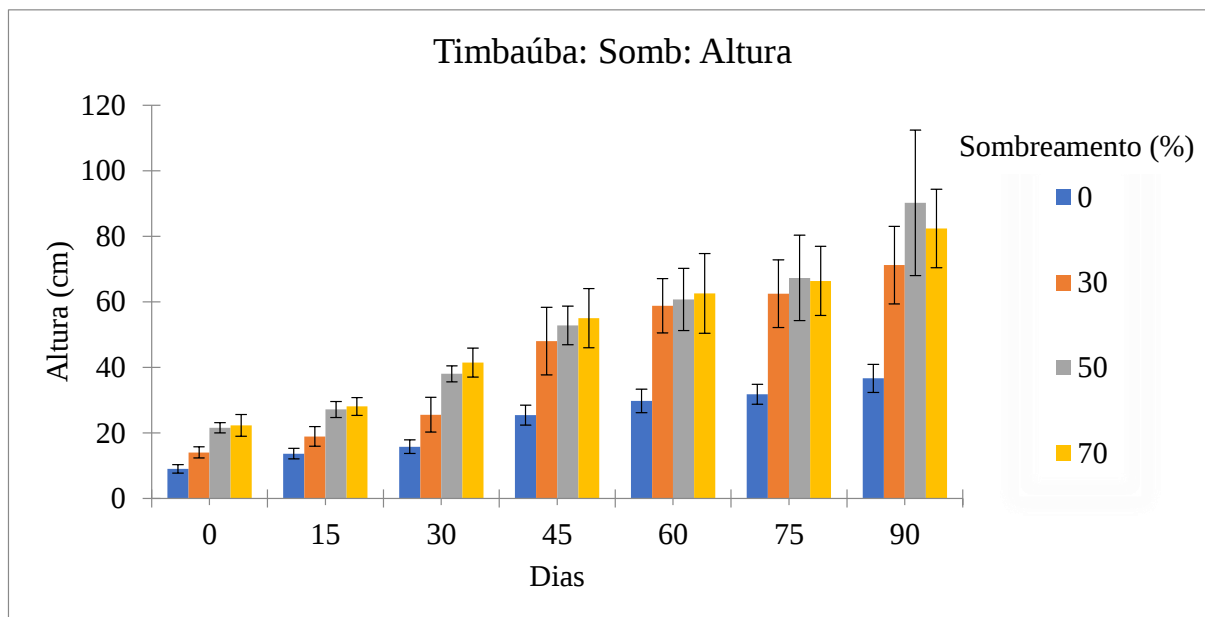
Figura 14. Altura de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.15. Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

As plantas de Timbaúba foram avaliadas a cada 15 dias, até os 90 DAR. A avaliação da altura de plantas jovens de Timbaúba está apresentada na Figura 15. Para essa espécie também se observam dois padrões de altura, 0%, com média de 36,7 cm aos 105 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 58,8; 67,3 e 82,4 cm. Os maiores níveis de sombra proporcionaram que mudas obtivessem mais rapidamente os valores recomendados pela literatura (GONÇALVES et al., 2000), entre 20 e 35 centímetros. De acordo com a Tabela 1, o tratamento pleno sol obteve o valor mínimo aos 49 DAR e os níveis de sombra de 30, 50 e 70%, aos 28, 13 e 14 DAR, respectivamente.

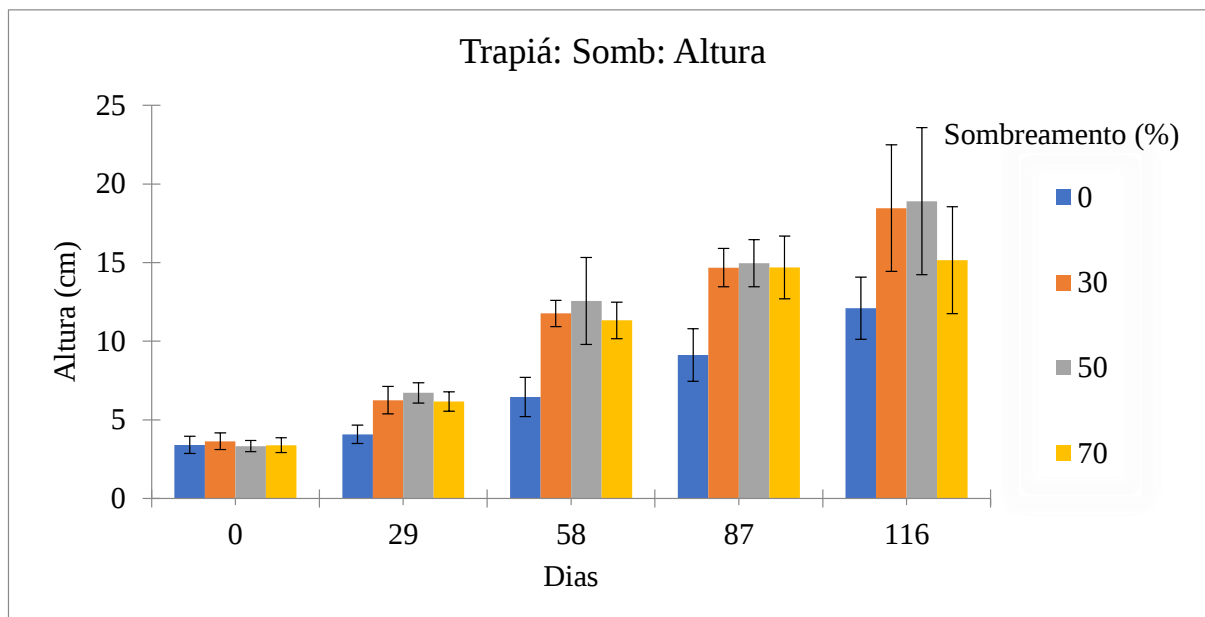
Figura 15. Altura de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.1.16. Trapiá (*Crataeva tapia*)

As plantas de Trapiá foram avaliadas a cada 29 dias, até os 116 DAR. O efeito do sombreamento sobre a altura das plantas de Trapiá pode ser observado na Figura 16. As plantas apresentaram o padrão de crescimento em dois grupos, 0%, com média de 12,1 cm aos 116 DAR, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com alturas de 18,5; 18,9 e 17,0 cm. Nenhum tratamento permitiu às mudas atingir a altura mínima recomendada por Gonçalves et al. (2000) dentro do período de avaliação (Tabela 1).

Figura 16. Altura de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.2. CRESCIMENTO EM ALTURA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

A influência do cultivo protegido por tela de polietileno com diferentes níveis de sombreamento no crescimento inicial em altura de espécies da Caatinga é apresentada na Tabela 1. Essa tabela mostra os parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos de crescimento utilizados para estimar o desempenho das mudas durante o tempo de cultivo, e a partir desses modelos, a estimativa do tempo necessário para se atingir a altura mínima de 20 cm, assim como uma estimativa da altura das plantas em um período padronizado de 90 dias, para fins de comparação das espécies quanto à capacidade de crescimento.

É possível observar que em todas as espécies, com exceção de Pau-mocó e Trapiá (que não atingiram 20 cm), a utilização de casas de sombra de 30 a 70% possibilitou que as mudas atingissem a altura mínima recomendada por Gonçalves et al. (2000), de 20 cm.

Dentre os parâmetros morfológicos que fornecem informações sobre a qualidade de mudas, a variável altura é frequentemente utilizada em viveiros, visto que, além de ser de fácil mensuração, não é necessário destruir a muda (GOMES et al., 2002), e também, o crescimento em viveiro permite prever o desenvolvimento inicial pós transplântio (CAIONE; LANGE; SCHONINGER, 2012).

A importância de optar por mudas mais altas a serem levadas ao campo está relacionada com a maior probabilidade de se sobressaírem na competição por espaço e luz com as plantas

tidas como danosas, além de que a maior estatura poderá garantir que não sejam pisoteadas por animais.

Tabela 1. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para altura de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 20 centímetros, e altura estimada aos 90 DAR. Mossoró-RN. 2018-2019.

Espécie	Sombreamento (%)	Coeficientes de regressão				Dias p/ 20 cm	Altura aos 90 dias
		a	b (x)	c (x ²)	R ²		
Angico	0	2,7397	0,1153	0,0003	0,8298	116	16
	30	3,0728	0,0223	0,0044	0,9806	60	41
	50	2,7487	0,1782	0,0033	0,9561	51	46
	70	2,7904	0,1903	0,0025	0,9566	54	40
Aroeira	0	2,4844	0,0918	0,0005	0,9994	117	15
	30	1,9182	0,2768	0,0015	0,9906	52	39
	50	1,4248	0,2769	0,0019	0,9869	50	42
	70	1,8548	0,219	0,0092	0,9961	35	96
Cumaru	0	11,432	0,0898	-0,0002	0,9989	138	18
	30	11,553	0,3062	-0,0014	0,9867	33	28
	50	12,845	0,3466	-0,0019	0,995	24	29
	70	12,785	0,343	-0,0018	0,997	25	29
Juazeiro	0	2,5528	0,0626	0,0006	0,9518	127	13
	30	2,0688	0,1083	0,003	0,9884	62	36
	50	1,2585	0,3197	0,0011	0,9904	51	39
	70	2,1339	0,2343	0,0016	0,9946	56	36
Jucá	0	6,0746	0,0271	0,0037	0,9982	58	38
	30	1,7688	0,6707	0,0018	0,984	26	77
	50	1,905	0,9453	-0,0001	0,9808	20	86
	70	0,989	1,092	-0,0009	0,9696	18	92
Jurema branca	0	6,7008	0,1633	0,0027	0,9803	47	43
	30	4,1849	0,7505	0,0005	0,9895	21	76
	50	5,7918	0,6725	0,0038	0,9983	20	97
	70	3,4438	0,9165	0,0042	0,9944	17	120
Jurema embira	0	1,3427	0,3977	0,0016	0,9909	41	50
	30	0,9634	0,6983	0,0032	0,9935	25	90
	50	1,2355	0,673	0,0024	0,993	26	81
	70	1,7317	0,6586	0,003	0,999	25	85
Mofumbo	0	3,8624	0,0028	0,001	0,9894	126	12
	30	2,9897	0,1061	0,0021	0,9991	69	30
	50	2,5126	0,1809	0,001	0,9905	70	27
	70	2,9185	0,0888	0,0037	0,9999	57	41
Mororó	0	4,5802	0,0472	0,0013	0,9947	93	19
	30	4,1918	0,0462	0,0027	0,9999	69	30
	50	4,0143	0,1005	0,0026	0,9973	62	34

	70	4,3255	0,1172	0,0028	0,9981	57	38
Pacotê	0	3,6423	-0,0582	0,0022	0,9955	101	16
	30	2,6863	0,1135	0,003	0,9917	60	37
	50	2,7508	0,1647	0,0036	0,9927	51	47
	70	2,326	0,2416	0,0016	0,9899	54	37
Pajeú	0	3,3054	0,0108	0,001	0,9917	124	12
	30	3,2642	0,0487	0,0037	0,9992	61	38
	50	3,3817	0,0809	0,0058	0,9987	48	58
	70	2,9613	0,0635	0,0065	0,9961	47	61
Pau Mocó	0	7,5776	-0,0053	0,0003	0,9008	213	10
	30	7,5913	0,038	0,0002	0,9611	172	13
	50	7,4306	0,0254	0,0004	0,9512	149	13
	70	7,0725	0,0411	0,0002	0,9915	172	12
Pereiro	0	3,2615	0,0564	0,0005	0,995	136	12
	30	3,3605	0,1585	0,0012	0,9967	69	27
	50	3,2306	0,1607	0,0005	0,993	83	22
	70	3,1884	0,1841	0,0004	0,9911	79	23
Sabiá	0	4,1898	0,222	0,001	0,9923	57	32
	30	3,1374	0,5475	-0,0008	0,9905	33	46
	50	4,8845	0,4811	0,0016	0,9929	29	61
	70	3,9483	0,6945	0,001	0,9938	23	75
Timbauba	0	2,775	0,3784	-0,0005	0,976	49	33
	30	-1,6726	0,8152	-0,001	0,9605	28	64
	50	14,375	0,4081	0,0027	0,9816	13	73
	70	10,208	0,719	-0,0005	0,9818	14	71
Trapiá	0	3,2476	0,0292	0,0004	0,9957	172	9
	30	3,3093	0,1338	-0,00002	0,9893	128	15
	50	3,0857	0,1587	-0,0002	0,9888	127	16
	70	2,9726	0,1507	-0,0002	0,9879	139	15

No entanto, produzir mudas mais altas poderá demandar mais tempo de viveiro, dependendo da velocidade de crescimento das espécies ou mesmo da época em que o plantio definitivo para o campo vai acontecer (OLIVEIRA, 2016), e, consequentemente, mais gastos com insumos e mão de obra.

É preferível que a qualidade da muda seja determinada a partir da análise em conjunto de outras variáveis, pois, se a altura for utilizada de forma isolada, pode resultar em um padrão de qualidade equivocado, já que a altura das plantas é influenciada não só pelo crescimento em biomassa, mas também por respostas morfológicas de alongamento que ocorrem quando os padrões de luminosidade são menores do que o ideal (NICOLETTI et al., 2015), uma vez que

existe a tendência de maior investimento em altura quando a luz se torna limitada (MORAES-NETO et al., 2000), fenômeno que é conhecido como crescimento estiolado, ou fuga da sombra. Vale ressaltar que a resposta das espécies aos ambientes sombreados pode diferenciar conforme sua capacidade adaptativa (ROSA et al., 2009), assim espécies características de sombra costumam apresentar pouca variação morfológica em função do sombreamento moderado (FONSECA et al., 2006).

Assim, para que o crescimento em altura seja positivo qualitativamente para a muda, é necessário que ocorra simultaneamente ao acúmulo de biomassa, caso contrário, as mudas serão alongadas, de caule fino e menor massa de raízes, o que pode implicar em mudas de baixa qualidade (NICOLETTI et al., 2015).

É importante observar que as espécies apresentam padrões distintos de crescimento, com algumas alcançando rapidamente a altura mínima de 20 cm, e outras que parecem incapazes de alcançar essa altura dentro de um período razoável de cultivo em viveiro (90 a 120 dias). Assim, cabe questionar a indicação dessa altura mínima como padrão a ser obtido para as espécies de forma generalizada.

Como alternativa, a partir dos resultados obtidos neste experimento, propõe-se a classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao seu crescimento inicial em viveiro, sob condições adequadas de sombreamento (ver Tabela 1), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao crescimento em altura, a partir da estimativa de crescimento aos 90 DAR.

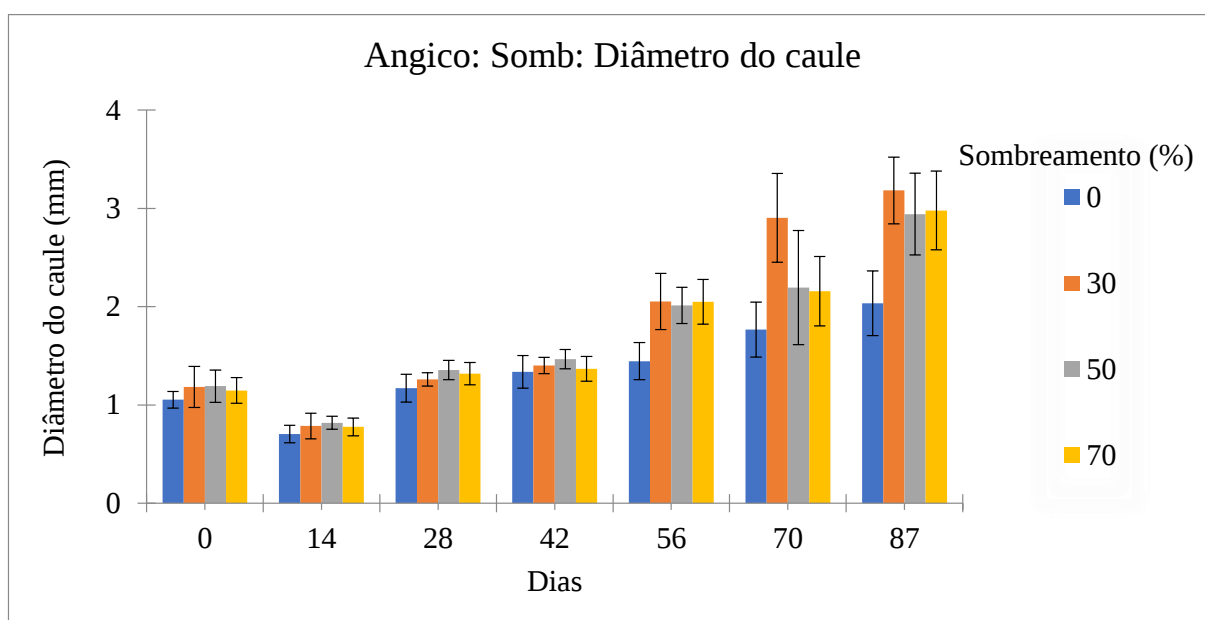
Padrão de crescimento em altura	Espécie	Altura esperada aos 90 DAR, em cultivo sombreado (cm).
Muito baixo	Pau-Mocó, Trapiá	< 20
Baixo	Cumaru, Juazeiro, Mofumbo, Mororó, Pereiro	20 a 30
Moderado	Angico, Aroeira, Pacotê	30 a 45
Alto	Jucá, Jurema-Branca, Jurema-de-Embira, Pajeú, Sabiá, Timbaúba	> 45

4.3. DIÂMETRO DO COLETO

4.3.1. Angico (*Anadenanthera colubrina*)

O efeito do sombreamento sobre o diâmetro do caule de plantas jovens de angico está descrito na Figura 17. Os valores médios atingidos aos 87 DAR foram respectivamente 2,0; 3,2; 2,9 e 3,0 mm. Da mesma forma que com a altura, observa-se a separação em dois grupos, 0% com menor diâmetro, e os demais tratamentos com diâmetro maior e semelhante entre si. As mudas de nenhum tratamento atingiram o diâmetro do caule recomendado pela literatura, entre 5 e 10 milímetros (GONÇALVES et al., 2000).

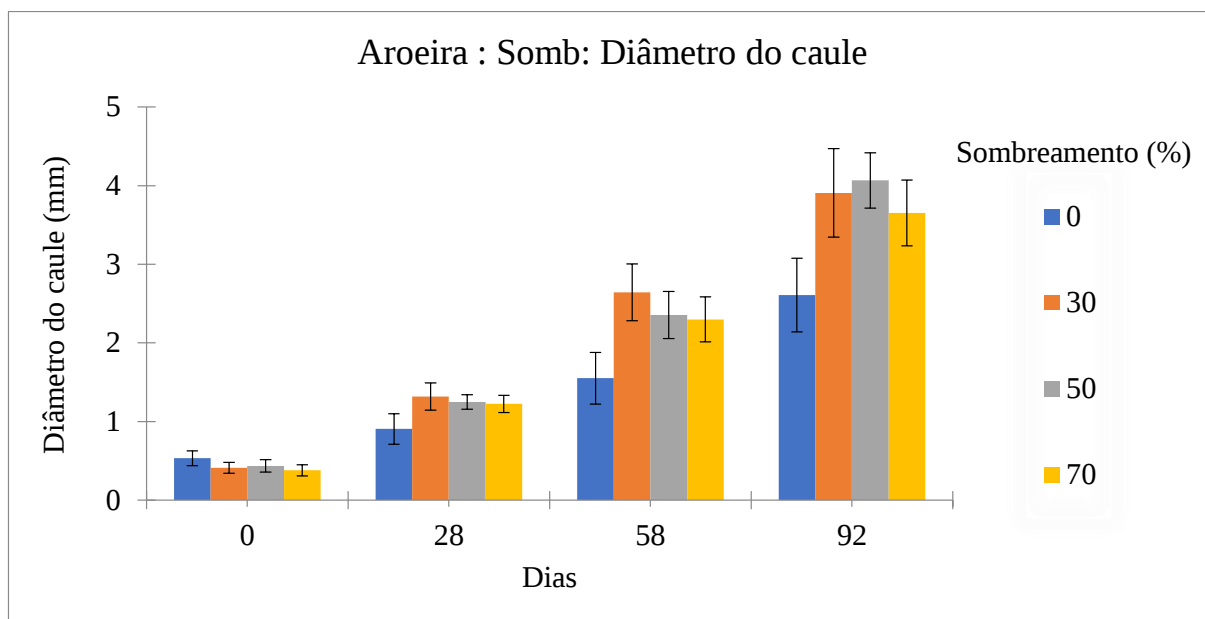
Figura 17. Diâmetro do caule de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.2. Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

O crescimento em diâmetro do caule das mudas de aroeira é demonstrado na Figura 18. O padrão de crescimento foi semelhante ao do Angico, com as mudas alcançando 2,4; 2,8; 4,2 e 3,7 mm. As mudas produzidas em nenhum dos níveis de sombra atingiu o diâmetro mínimo do caule, entre 5 e 10 milímetros, proposto por GONÇALVES et al. (2000).

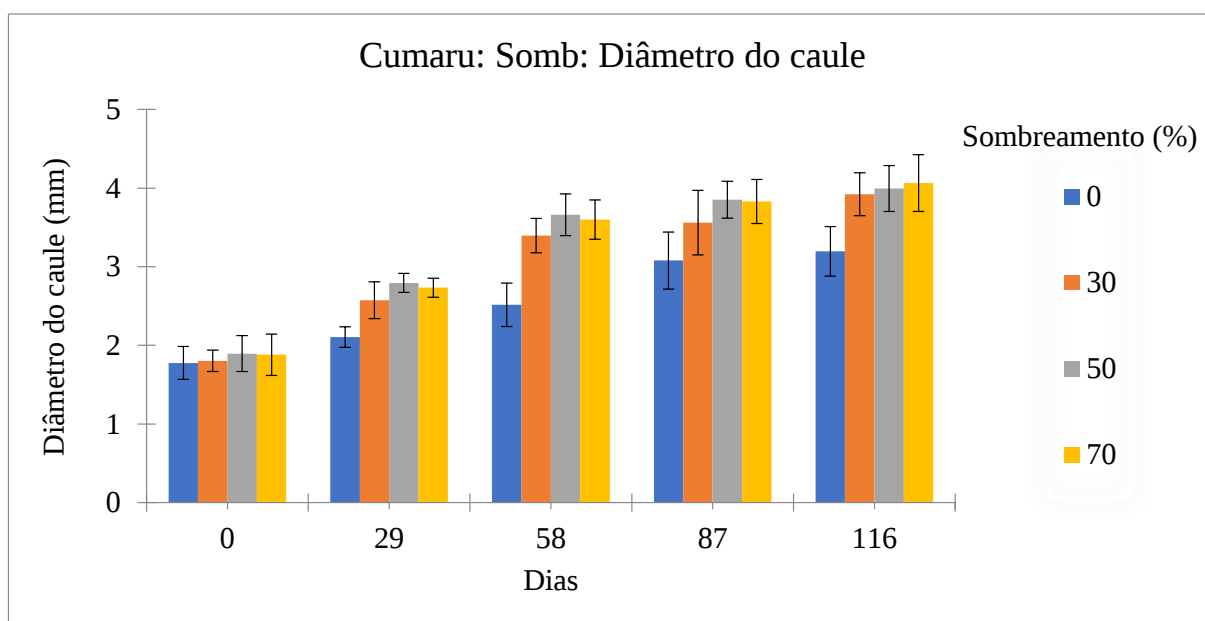
Figura 18. Diâmetro do caule de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.3. Cumaru (*Amburana cearensis*)

O comportamento do diâmetro do caule das plantas de cumaru está exposto na Figura 19,. As mudas alcançaram diâmetro de 3,2; 3,9; 4,0 e 4,1 mm. As taxas de sombra não proporcionaram o diâmetro do caule proposto pela literatura, entre 5 e 10 milímetros (GONÇALVES et al., 2000).

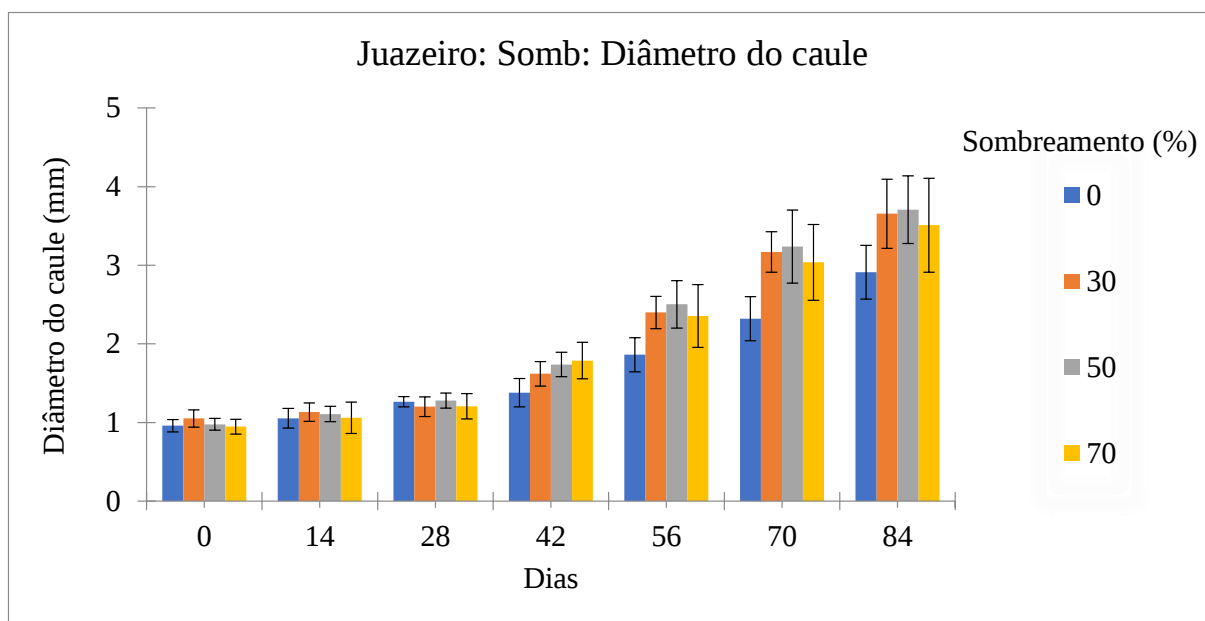
Figura 19. Diâmetro do caule de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.4. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

O resultado do efeito do sombreamento sobre o diâmetro do caule de mudas de juazeiro pode ser verificado na Figura 20. As mudas atingiram 2,9; 3,7; 3,7 e 3,5 mm nos tratamentos 0, 30, 50 e 70%, respectivamente. No período de avaliação, as plantas mantidas em todos os tratamentos não atingiram o diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000): entre 5 e 10 milímetros.

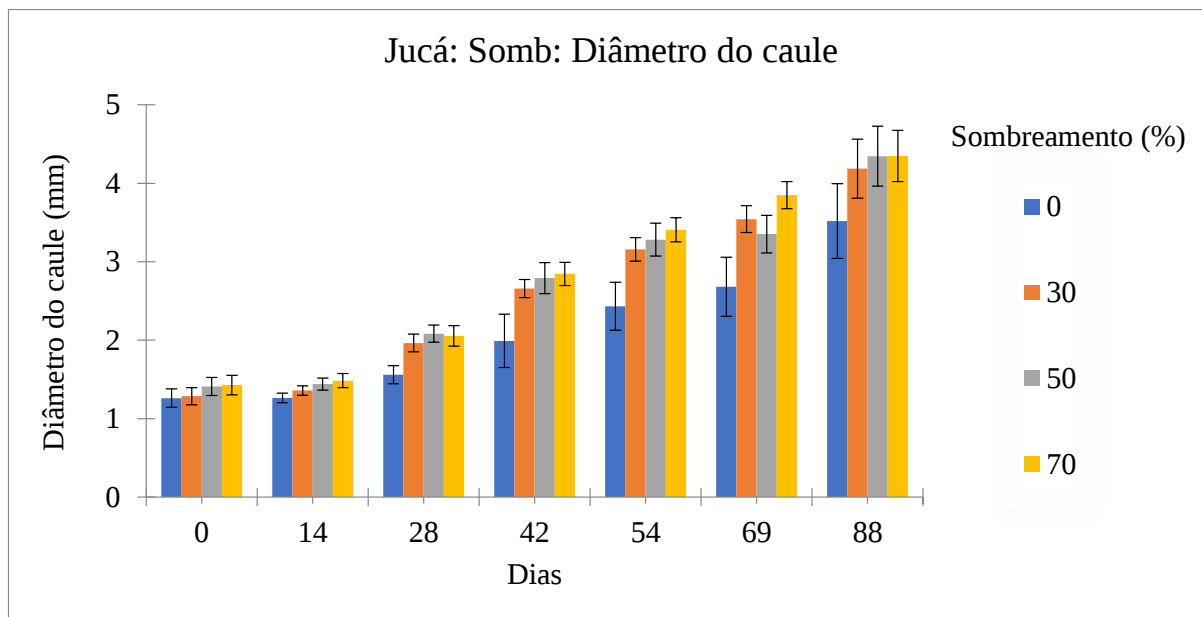
Figura 20. Diâmetro do caule de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.5. Jucá (*Libidibia ferrea*)

O efeito da restrição luminosa no diâmetro do caule de plantas de jucá, está apresentado na Figura 21. As mudas alcançaram médias de 3,5; 4,2; 4,3 e 4,3 mm de diâmetro. No decorrer das avaliações, nenhum tratamento permitiu que as mudas obtivessem o diâmetro do caule recomendado, entre 5 e 10 centímetros (GONÇALVES et al., 2000).

Figura 21. Diâmetro do caule de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

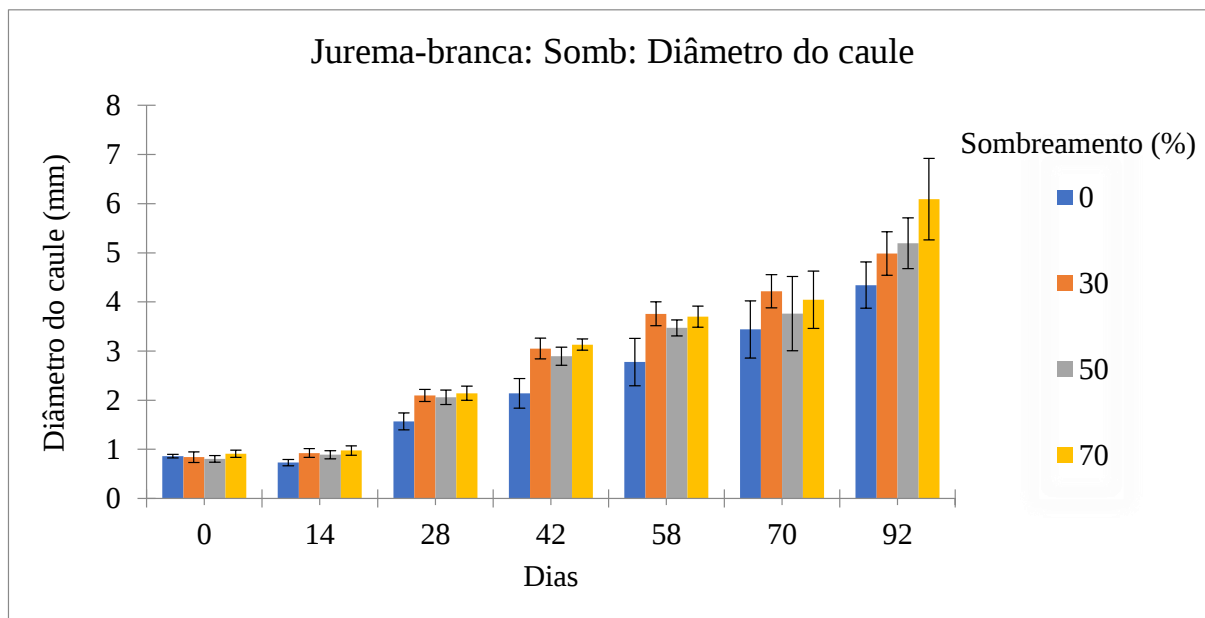


4.3.6. Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

Os resultados de diâmetro do caule de plantas jovens de jurema-branca são mostrados na Figura 22. Os valores de diâmetro atingidos pelas mudas foram 4,3; 5,0; 5,2 e 6,1 mm. Todas as taxas de sombra, com exceção do tratamento pleno sol, proporcionaram às mudas o diâmetro sugerido por pesquisadores, entre 5 e 10 milímetros (GONÇALVES et al., 2000), dentro do período de avaliação. Na

Tabela 3, pode-se constatar a quantidade de dias necessário para as plantas atingirem o valor recomendado de acordo com os níveis de sombra, obtendo-se: 85 (30%), 91 (50%) e 77 mm (70%) DAR.

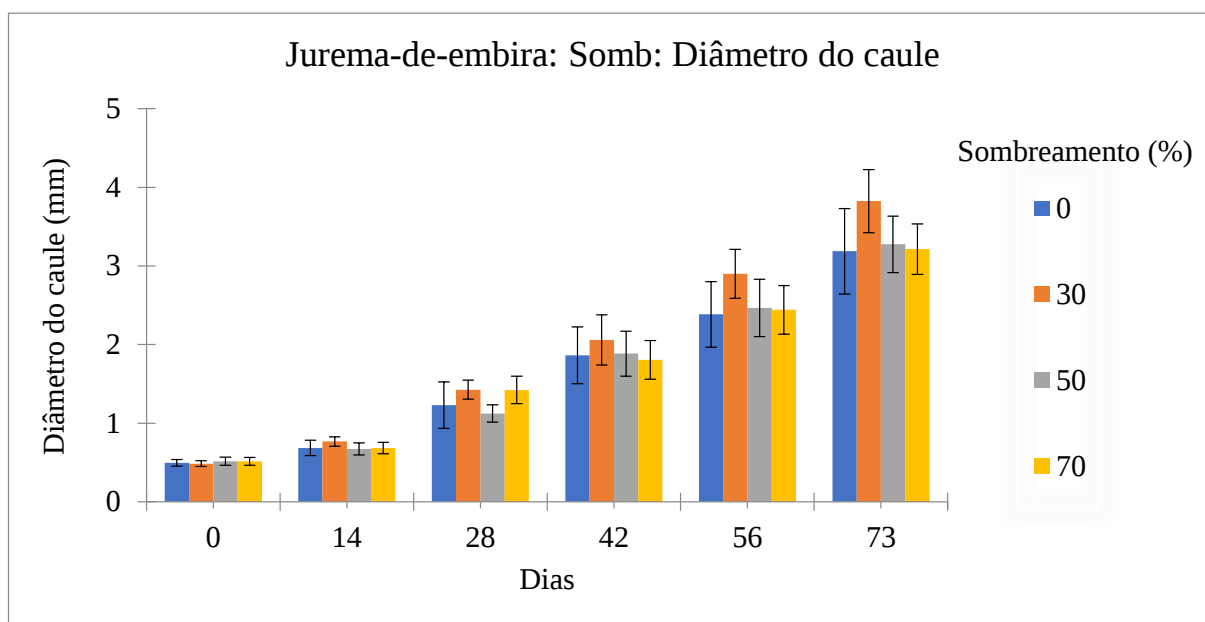
Figura 22. Diâmetro do caule de mudas de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.7. Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

A influência do sombreamento no diâmetro do caule de mudas de jurema-de-embira está apresentada na Figura 23. Os valores médios alcançados pelas mudas aos 73 DAR foram 3,2; 3,8; 3,3 e 3,2 mm. Os tratamentos não possibilitaram às mudas os valores de diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000), entre 5 e 10 milímetros, durante as datas de avaliação.

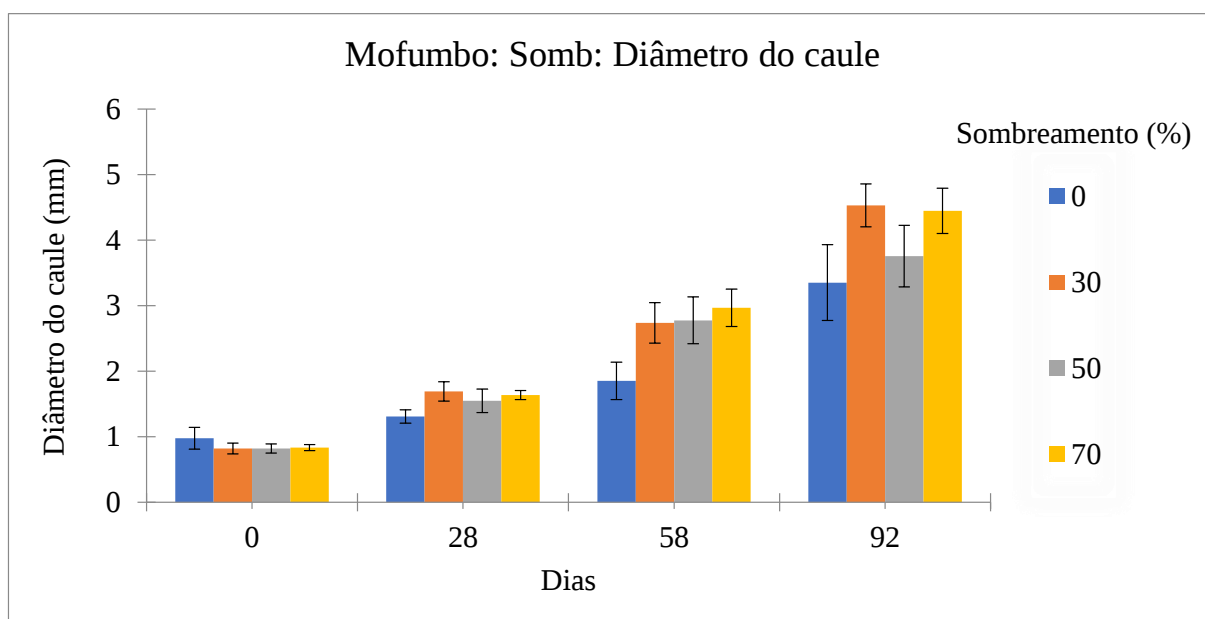
Figura 23. Diâmetro do caule de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.8. Mofumbo (*Combretum leprosum*)

O crescimento em diâmetro do caule de plantas jovens de Mofumbo está descrito na Figura 24. As plantas atingiram diâmetro de 3,4; 4,5; 3,8 e 4,5 mm. Os tratamentos não proporcionaram o diâmetro do caule recomendado Gonçalves et al. (2000), entre 5 e 10 milímetros.

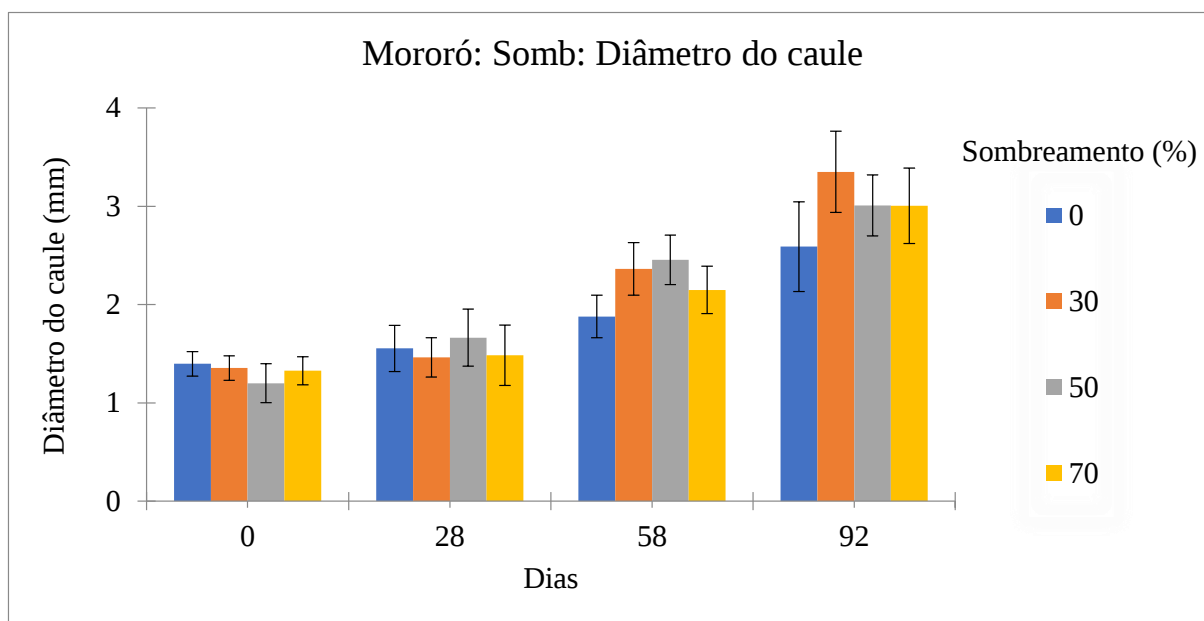
Figura 24. Diâmetro do caule de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.3.9. Mororó (*Bauhinia forficata*)

O comportamento do diâmetro do caule das mudas de Mororó está apresentado na Figura 25, destacando o efeito do sombreamento. As plantas atingiram 2,6; 3,4; 3,0 e 3,0 mm de diâmetro aos 92 DAR. Os valores de diâmetro recomendados por Gonçalves et al. (2000), entre 5 e 10 milímetros, não foram alcançados pelas plantas de nenhum tratamento, dentro do período de avaliação.

Figura 25. Diâmetro do caule de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

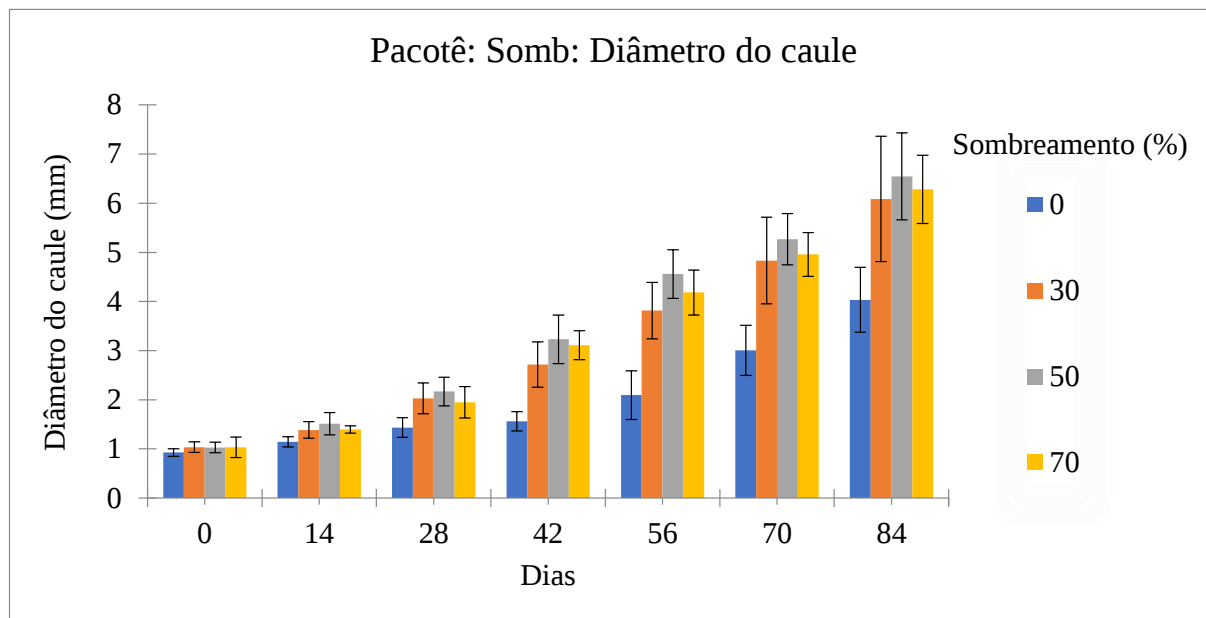


4.3.10. Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

O resultado do efeito da restrição luminosa sob o diâmetro de plantas jovens de pacotê pode ser verificado na Figura 26. As plantas atingiram diâmetros de 4,0; 6,1; 6,5 e 6,3 mm aos 84 DAR. O sombreamento propiciou a redução do tempo necessário para atingir o diâmetro recomendado na literatura, entre 5 e 10 milímetros (GONÇALVES et al., 2000). Os tratamentos 30, 50 e 70% de sombra alcançaram os 5 milímetros aos 75, 66 e 73 DAR, respectivamente, enquanto o pleno sol não atingiu esse valor (

Tabela 3).

Figura 26. Diâmetro do caule de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

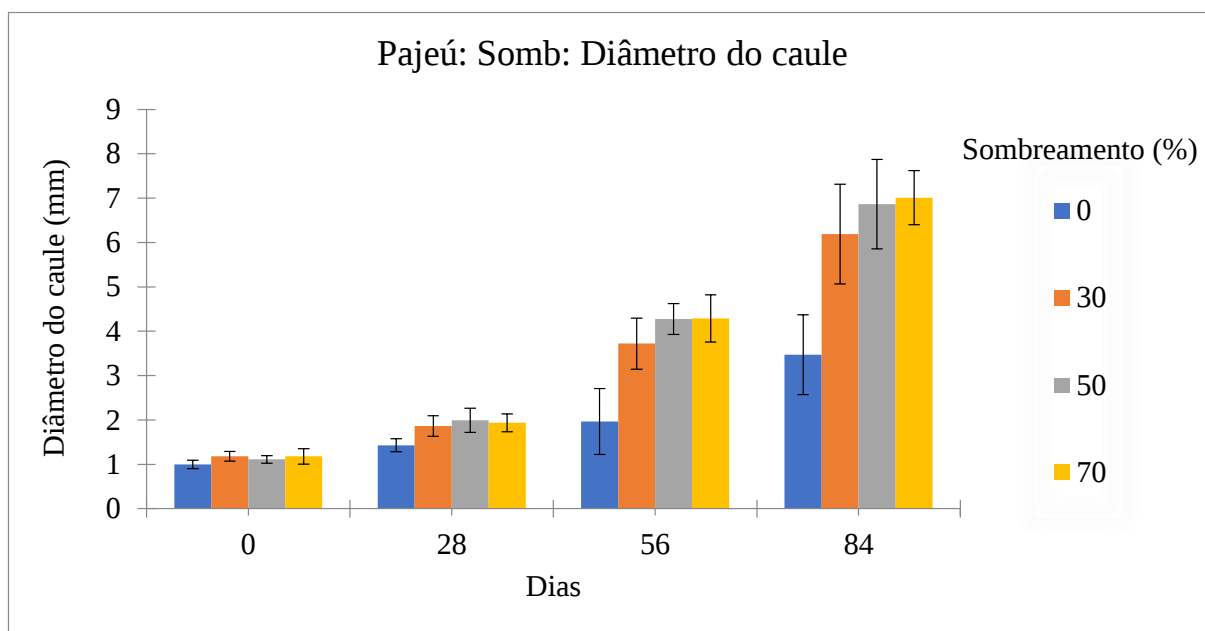


4.3.11. Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

O diâmetro do caule de plantas jovens de Pajeú mantidas em ambientes com diferentes níveis de sombra, ao longo do tempo, está exposta na Figura 27. Os tratamentos de 0, 30, 50 e 70% proporcionaram a obtenção de valores de 3,5; 6,2; 6,9 e 7,0 mm aos 84 DAR. As mudas produzidas nas casas de sombra com maior restrição luminosa obtiveram o diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000), entre 5 e 10 milímetros, em um menor espaço de tempo. Porém, o tratamento pleno sol não permitiu que as plantas atingissem estes. Na

Tabela 3 resultados é apresentada uma estimativa do tempo necessário para obter o diâmetro mínimo recomendado: 71 (30%), 68 (50%) e 67 (70%).

Figura 27. Diâmetro do caule de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

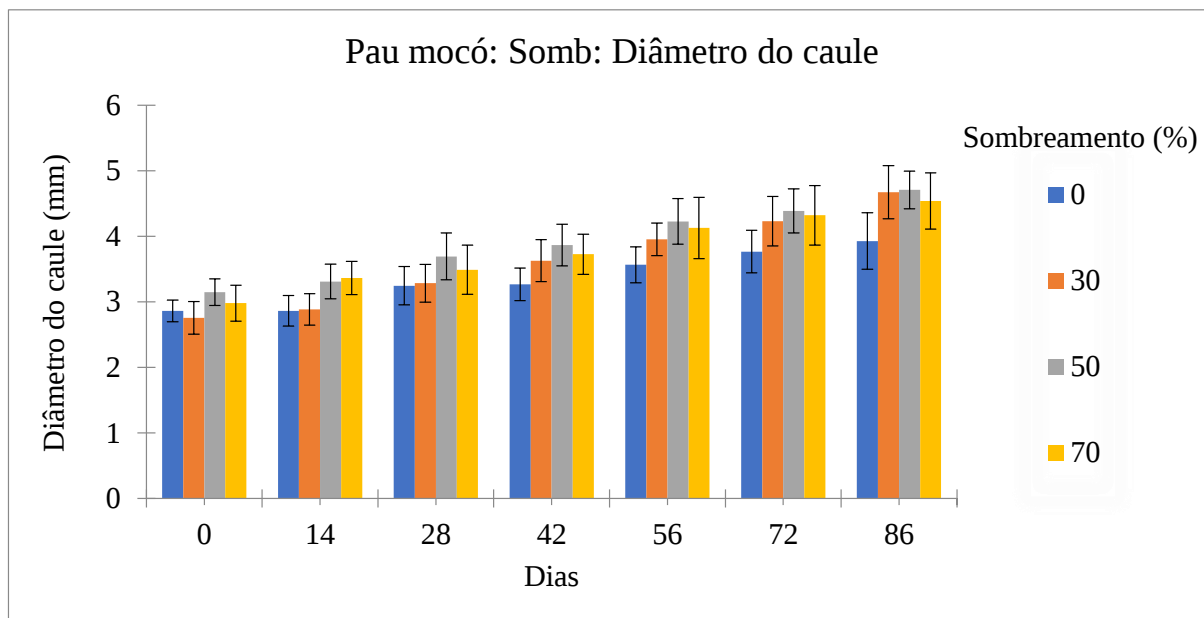


4.3.12. Pau-Mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

A influência do sombreamento, no decorrer de datas de avaliação, sob o diâmetro do caule de plantas jovens de Pau-Mocó, está apresentada na Figura 28. Os valores alcançados pelas mudas aos 86 DAR foram 3,9; 4,7; 4,7 e 4,5 mm. Na

Tabela 3 é possível verificar que dentro dos 90 dias de avaliação nenhum dos níveis de sombra e o pleno sol possibilitaram que as mudas atingissem o diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000).

Figura 28. Diâmetro do caule de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

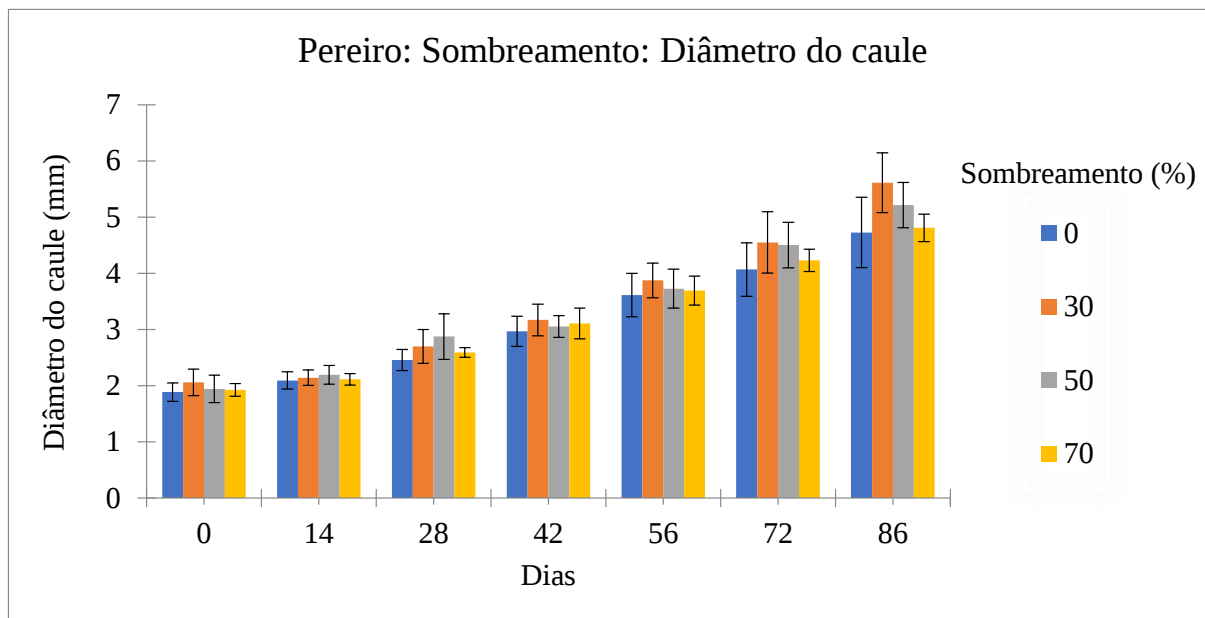


4.3.13. Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

O crescimento em diâmetro do caule de plantas jovens de Pereiro mantidas em ambientes com diferentes taxas de sombra, e avaliadas em diferentes datas, está descrita na Figura 29. Os diâmetros médios alcançados aos 86 DAR foram 4,7; 5,6; 5,2 e 4,8 mm. As mudas produzidas sob sombreamento obtiveram os valores mínimos propostos pela literatura, entre 5 e 10 milímetros (GONÇALVES et al., 2000), no entanto, o tratamento pleno sol não proporcionou crescimento suficiente. As datas para 30, 50 e 70% foram 80, 82 e 93, respectivamente (

Tabela 3).

Figura 29. Diâmetro do caule de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

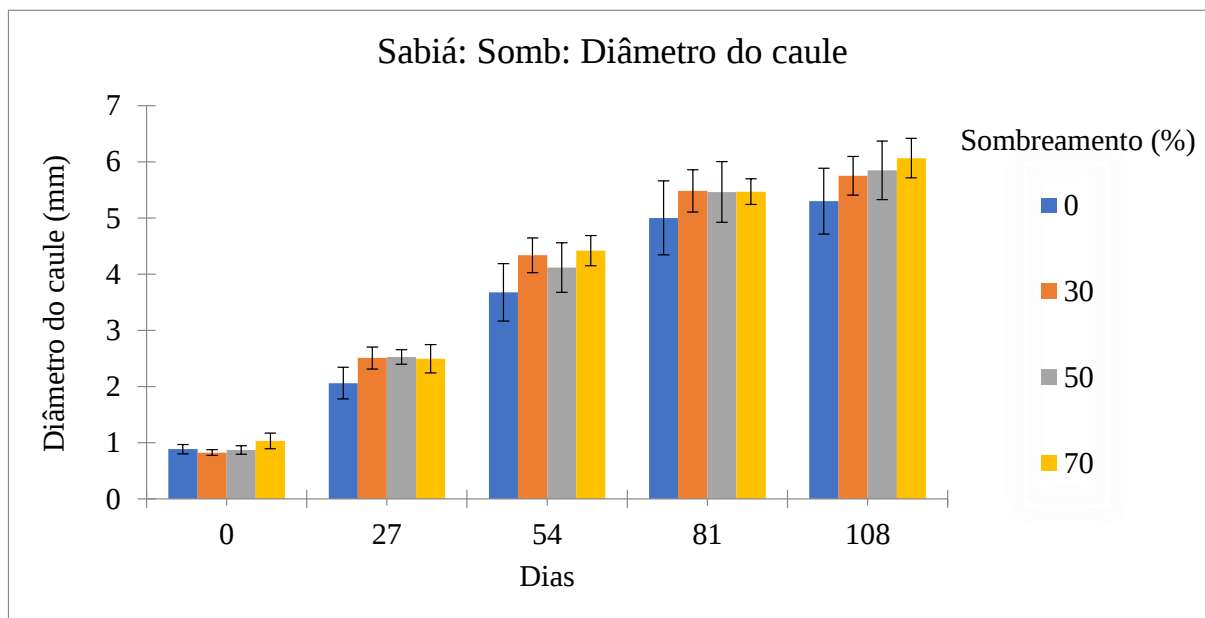


4.3.14. Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

O efeito dos diferentes níveis de sombra sobre o diâmetro do caule de mudas de sabiá, avaliadas ao longo do tempo, encontra-se na Figura 30. As plantas alcançaram diâmetros de 5,3; 5,8; 5,9 e 6,1 mm aos 108 DAR. O diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000), entre 5 e 10 milímetros, foi proporcionado por todos os tratamentos, durante a condução o experimento. Os tratamentos obtiveram o valor mínimo nos seguintes períodos: 91 (0%), 67 (30%), 79 (50%) e 78 DAR (70%) (

Tabela 3).

Figura 30. Diâmetro do caule de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

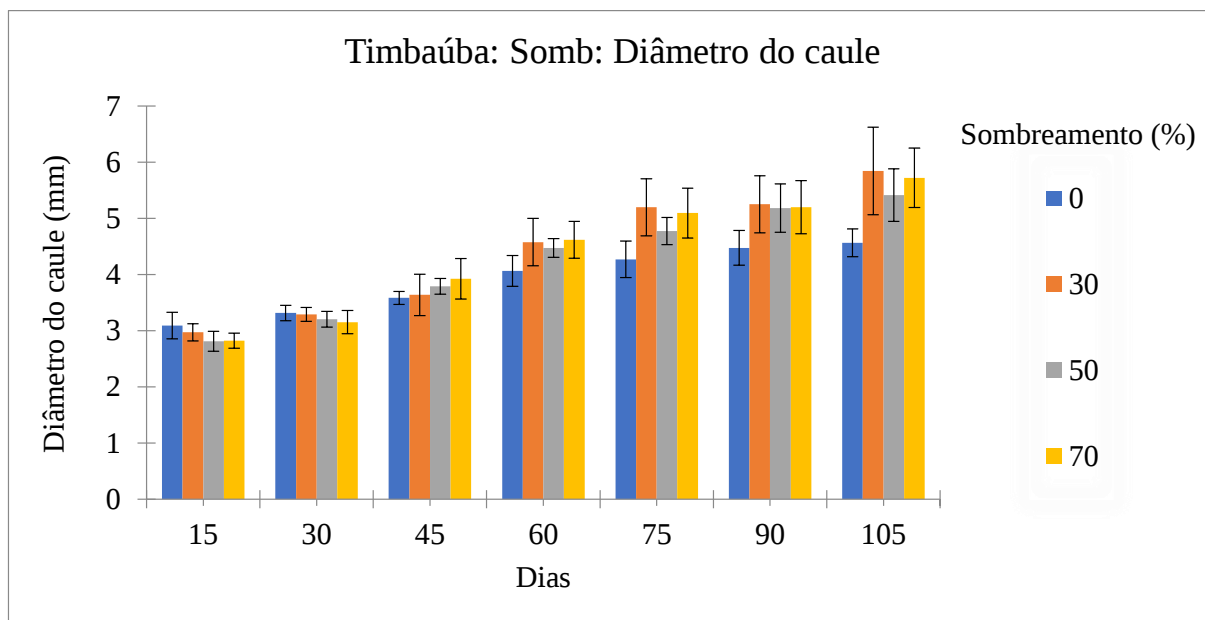


4.3.15. Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

A avaliação do diâmetro do caule de plantas jovens de timbaúba, em diferentes datas, produzidas em condição de sombra, está apresentado na Figura 31. Os tratamentos proporcionaram diâmetros de 4,6; 5,8; 5,4 e 5,7 mm. Os maiores níveis de sombra proporcionaram que mudas obtivessem mais rapidamente os valores recomendados pela literatura (GONÇALVES et al., 2000), entre 5 e 10 milímetros. De acordo com a

Tabela 3, o tratamento pleno sol não proporcionou o valor mínimo no período estudado, porém, os níveis de sombra de 30, 50 e 70%, alcançaram aos 78, 77 e 69 DAR, respectivamente.

Figura 31. Diâmetro do caule de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

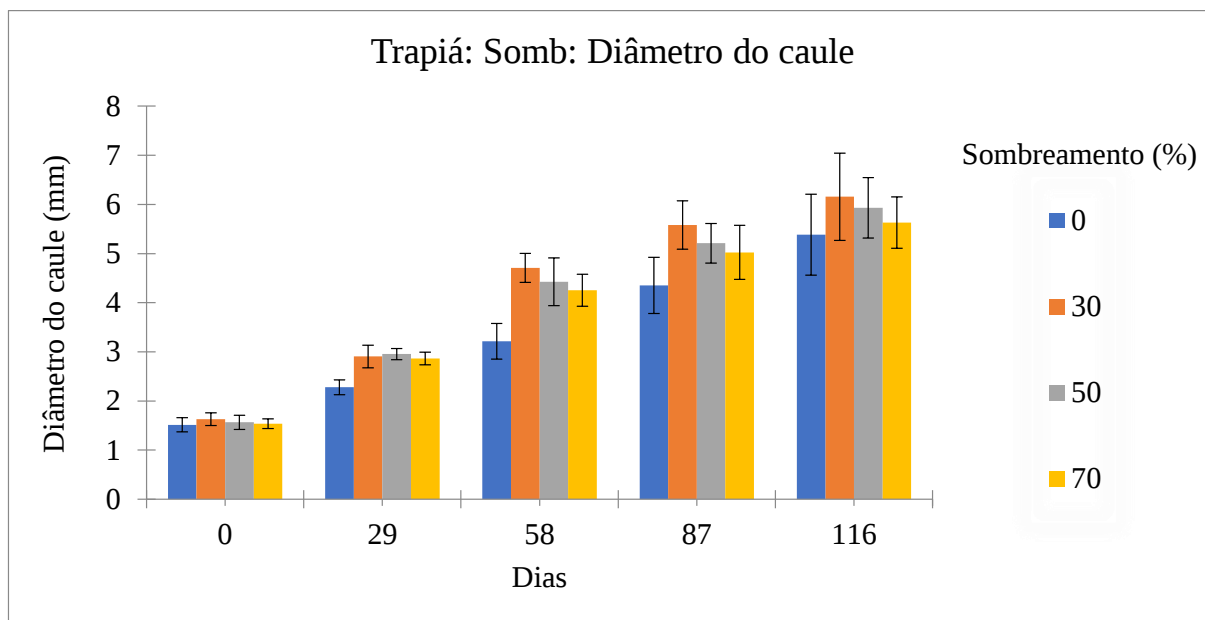


4.3.16. Trapiá (*Crataeva tapia*)

O efeito do sombreamento sob o diâmetro do caule de plantas jovens de trapiá, avaliadas em diferentes datas pode ser observado na Figura 32. As plantas atingiram diâmetros de 5,4; 6,2; 5,9 e 5,6 mm aos 116 DAR. Os níveis de sombra e o pleno sol proporcionaram às mudas o diâmetro recomendado por Gonçalves et al. (2000) – entre 5 e 10 milímetros - dentro do período de avaliação. De acordo com a

Tabela 3, os tratamentos alcançaram o valor mínimo aos: 107 (0%), 71 (30%), 86 (50%) e 95 (70%) DAR.

Figura 32. Diâmetro do caule de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.4. CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DO COLO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

O diâmetro do caule é considerado um bom indicador para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento no pós-plantio de mudas de espécies florestais, em razão de que, dentro de uma mesma espécie, os indivíduos com maior diâmetro possuem maior taxa de sobrevivência por apresentarem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (SOUZA et al., 2006).

O crescimento do diâmetro do caule depende da atividade cambial que, por sua vez, é estimulada por carboidratos produzidos pela fotossíntese e por hormônios translocados das regiões apicais, sendo assim, um bom indicador da assimilação líquida (PAIVA et al., 2003).

De acordo com Gonçalves et al (2000), o diâmetro do caule ideal para mudas de espécies florestais irem a campo é entre 5 e 10 milímetros. No entanto, na

Tabela 3 é possível verificar que as espécies avaliadas apresentaram diferentes comportamentos quanto ao crescimento em diâmetro do caule, nos diferentes níveis de sombreamento.

Tabela 3. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para diâmetro do coleto de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 5 mm de diâmetro, e diâmetro estimado aos 90 DAR. Mossoró-RN. 2018-2019.

Espécie	Sombreamento (%)	Coeficientes de regressão				Dias p/ 5,0 mm	Diâmetro aos 90 dias
		a	b (x)	c (x ²)	R ²		
Angico	0	0,9088	0,0037	0,0001	0,9036	185	2,1
	30	0,9865	0,0002	0,0003	0,939	116	3,4
	50	1,0482	0,0004	0,0002	0,9518	140	2,7
	70	1,0072	-0,0005	0,0003	0,9448	117	3,4
Aroeira	0	0,5335	0,0091	0,0001	1	171	2,2
	30	0,3788	0,0359	0,00003	0,9977	118	3,9
	50	0,4436	0,023	0,0002	0,9999	105	4,1
	70	0,3765	0,0285	0,00008	1	122	3,6
Cumaru	0	1,7332	0,0158	-0,00005	0,977	158	2,8
	30	1,7954	0,0326	-0,0001	0,9874	163	3,9
	50	1,8753	0,0397	-0,0002	0,9927	99	3,8
	70	1,8618	0,0373	-0,0002	0,9926	93	3,6
Juazeiro	0	0,9811	0,0002	0,0003	0,9958	116	3,4
	30	1,0038	0,0014	0,0004	0,9829	99	4,4
	50	0,9187	0,0088	0,0003	0,9863	103	4,1
	70	0,8815	0,0099	0,0003	0,9889	102	4,2
Jucá	0	1,185	0,0107	0,0002	0,9871	114	3,8
	30	1,1116	0,0341	0,00002	0,9821	108	4,3
	50	1,256	0,0313	0,00004	0,967	106	4,4
	70	1,2101	0,0375	-7E-07	0,9739	102	4,6
Jurema branca	0	0,6476	0,0284	0,0001	0,9823	112	4,0
	30	0,5492	0,0611	-0,0001	0,9782	85	5,2
	50	0,6357	0,0466	0,00002	0,9777	91	5,0
	70	0,7758	0,0396	0,0002	0,9756	77	6,0
Jurema embira	0	0,4288	0,0238	0,0002	0,995	103	4,2
	30	0,4257	0,028	0,0003	0,9972	86	5,4
	50	0,4356	0,0208	0,0003	0,9919	94	4,7
	70	0,4501	0,0259	0,0002	0,9916	100	4,4
Mofumbo	0	1,0086	0,000003	0,0003	0,9954	116	3,4
	30	0,8437	0,023	0,0002	0,999	98	4,5
	50	0,7755	0,032	0,000008	0,9934	128	3,7
	70	0,8037	0,0295	0,0001	0,9982	105	4,3
Mororó	0	1,4044	0,0011	0,0001	0,9991	185	2,3
	30	1,3066	0,005	0,0002	0,9858	124	3,4
	50	1,166	0,0215	-0,00001	0,9907	197	3,0
	70	1,3028	0,0047	0,0002	0,9945	125	3,3
Pacotê	0	1,035	0,0057	0,0005	0,9888	84	5,6
	30	1,0043	0,024	0,0004	0,9992	75	6,4
	50	0,9228	0,0431	0,0003	0,9937	66	7,2
	70	0,9268	0,0347	0,0003	0,9939	73	6,5
Pajeú	0	1,0388	-0,0003	0,0003	0,989	116	3,4

	30	1,153	0,0125	0,0006	0,9989	71	7,1
	50	1,0574	0,0241	0,0005	0,997	68	7,3
	70	1,1168	0,0183	0,0006	0,9963	67	7,6
Pau-mocó	0	2,8121	0,0117	0,00002	0,9696	150	4,0
	30	2,7059	0,0193	0,00004	0,993	99	4,8
	50	3,1184	0,0191	-9E-06	0,9907	104	4,8
	70	3,0078	0,0197	-0,00002	0,9882	115	4,6
Pereiro	0	1,8272	0,021	0,0001	0,9949	102	4,5
	30	2,0048	0,0142	0,0003	0,9958	80	5,7
	50	1,9412	0,0212	0,0002	0,9933	82	5,5
	70	1,8474	0,0248	0,0001	0,9959	93	4,9
Sabiá	0	0,7399	0,0653	-0,0002	0,985	91	5,0
	30	0,7148	0,0847	-0,0003	0,9937	67	5,9
	50	0,7926	0,0772	-0,0003	0,9952	79	5,3
	70	0,9172	0,0759	-0,0003	0,9927	78	5,3
Timbaúba	0	2,627	0,0275	-0,00008	0,9833	172	4,5
	30	2,2755	0,0383	-0,00004	0,9694	78	5,4
	50	2,0618	0,0461	-0,0001	0,9923	77	5,4
	70	1,9673	0,0511	-0,0001	0,9832	69	5,8
Trapiá	0	1,4923	0,0265	0,00006	0,9991	107	4,4
	30	1,5158	0,0635	-0,0002	0,9908	71	5,6
	50	1,5306	0,0578	-0,0002	0,9976	86	5,1
	70	1,5001	0,0559	-0,0002	0,9978	95	4,9

As mudas de pacotê e sabiá atingiram o diâmetro mínimo recomendado em todos os níveis de sombra, dentro do período estimado de 90 dias, enquanto a jurema-branca, jurema-de-embira, pajeú, pereiro, timbaúba e trapiá alcançaram o valor desejado apenas nas taxas de sombra de 30, 50 e 70%. As outras espécies estudadas não atingiram o diâmetro sugerido até os 90 dias, porém, houve tendência de maior crescimento secundário nas plantas mantidas nos ambientes com restrição luminosa.

Assim, como para a altura, é adequado questionar a generalização da indicação de valores de diâmetro de colo para as mudas das espécies arbóreas da Caatinga. Os resultados permitem observar que as mudas apresentam comportamentos distintos em função da espécie, e que os padrões de crescimento em diâmetro do colo não são semelhantes aos padrões de crescimento em altura, por exemplo, o Pereiro, que possui crescimento em altura baixo, segundo a classificação proposta pelo presente trabalho (ver **Tabela 2**), apresenta um crescimento em diâmetro adequado, de acordo ao recomendado na literatura (GONÇALVES et al., 2000).

A partir dos resultados obtidos, propõe-se a classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao seu crescimento inicial em viveiro, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao crescimento em diâmetro do colo, a partir da estimativa de crescimento aos 90 dias.

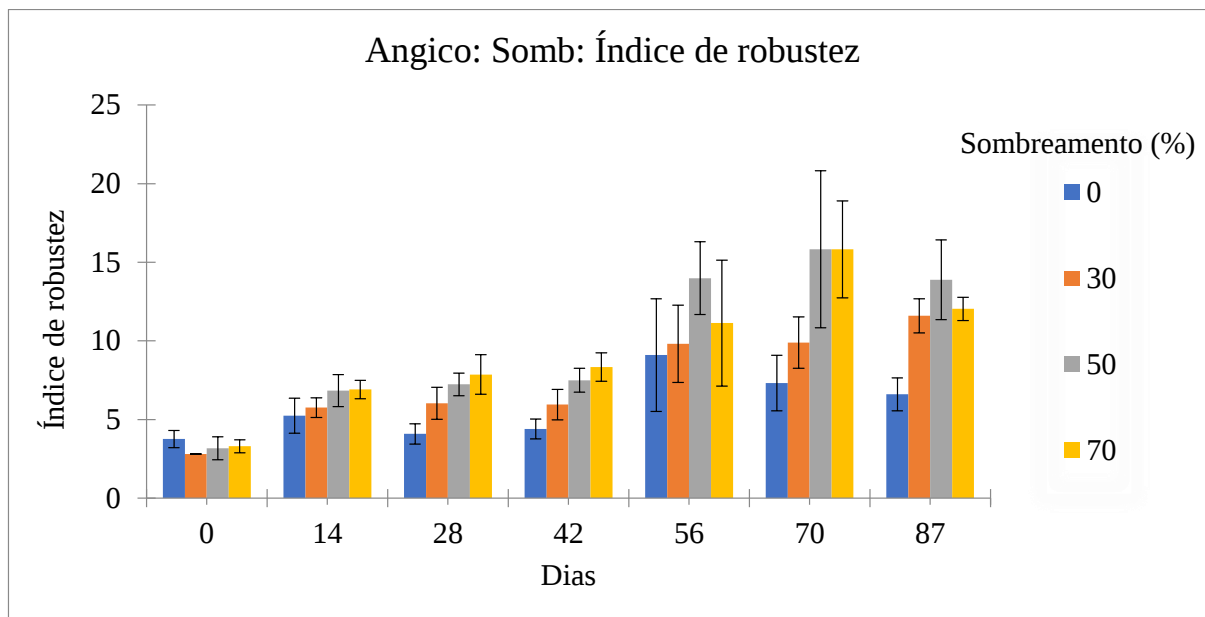
Padrão de diâmetro do colo	Espécie	Diâmetro do colo esperado aos 90 dias, em cultivo sombreado (mm)
Muito Pequena Espessura	Angico, Mororó	3,0 a 3,5
Pequena Espessura	Aroeira, Cumaru, Juazeiro, Jucá, Mofumbo	3,5 a 4,5
Espessura Moderada	Jurema-Branca, Jurema-de-Embira, Pau-Mocó, Pereiro, Sabiá, Timbaúba, Trapiá	4,5 a 5,5
Alta espessura	Pacotê, Pajeú	>5,5

4.5 ÍNDICE DE ROBUSTEZ

4.5.1 Angico (*Anadenanthera colubrina*)

O efeito do sombreamento, sobre o índice de robustez de plantas jovens de angico está descrito na Figura 33. As plantas atingiram, aos 87 DAR, valores de 6,6; 11,6; 13,9 e 12,0 cm mm⁻¹. Durante as avaliações, apenas as mudas produzidas em condições de pleno sol mantiveram a qualidade, de acordo com a faixa do índice de robustez indicada por Carneiro (1995): entre 5,4 e 8,1 (Tabela 5). Cabe ressaltar que o Índice de Robustez é inversamente proporcional à qualidade das mudas, ou seja, quanto menor o valor, maior a robustez, assim, foi considerado o valor de 8,1 como o máximo recomendado para uma muda de boa qualidade. Também se pode observar na Figura 33 que o IR tende a aumentar com o tempo.

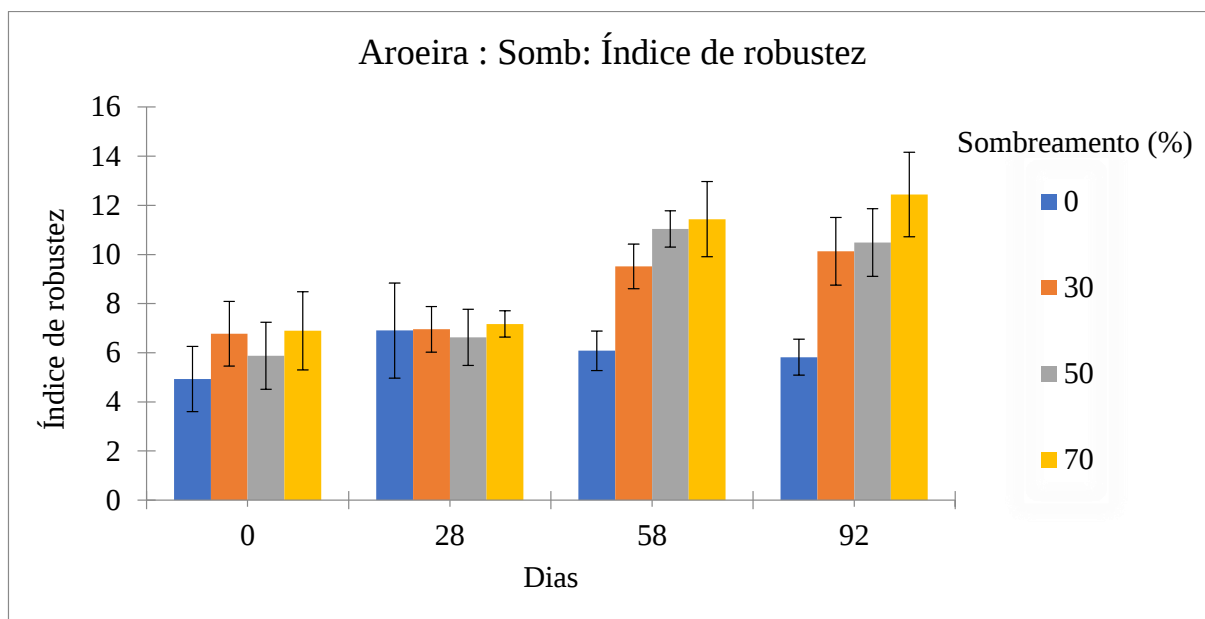
Figura 33. Índice de robustez de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.2 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

O índice de robustez das mudas de aroeira produzidas nos diferentes níveis de sombreamento é demonstrado na Figura 34. Os valores atingidos ao final do tempo experimental de 92 DAR foram 5,8; 10,1; 10,5 e 12,4 cm mm⁻¹. As mudas produzidas em todos os níveis de sombra alcançaram os valores indicados por Carneiro (1995) – entre 5,4 e 8,1 –, mas a partir dos 58 DAR, as mudas produzidas sob sombreamento escapam do padrão de robustez indicado (<8,1 cm. Mm⁻¹) (Tabela 5).

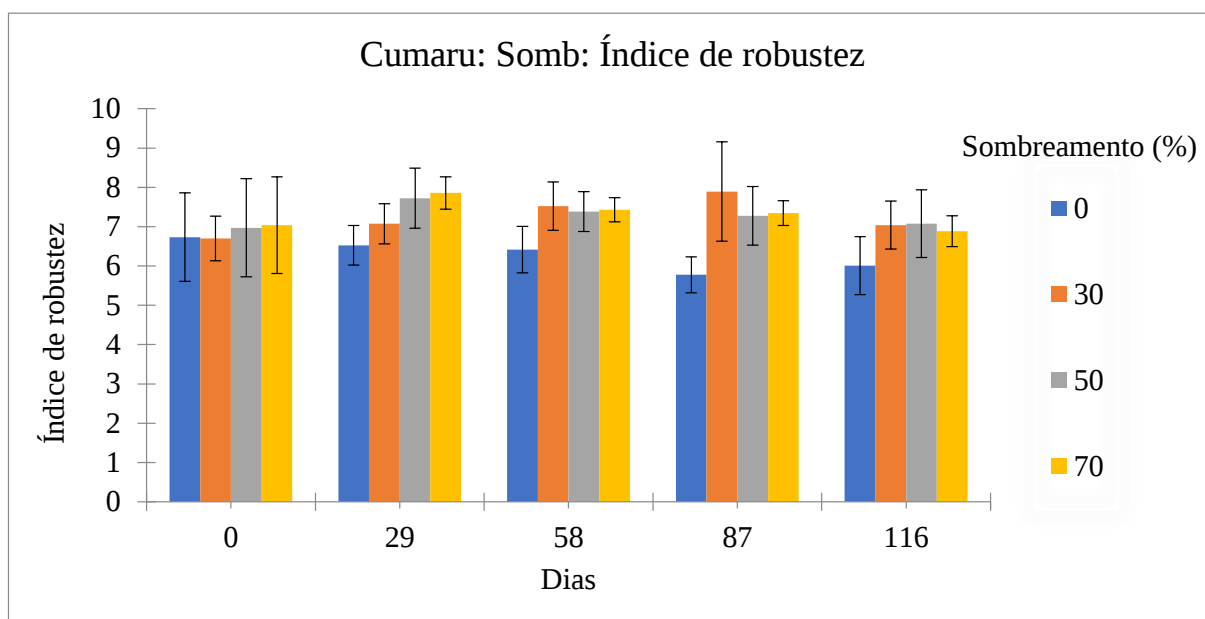
Figura 34. Índice de robustez de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.3 Cumaru (*Amburana cearensis*)

O comportamento do índice de robustez das plantas jovens de cumaru está exposto na Figura 35. As mudas atingiram valores de 6,0; 7,0, 7,1 e 6,9 cm mm⁻¹. Todos os tratamentos proporcionaram às mudas valores recomendados pela literatura (CARNEIRO, 1995) – entre 5,4 e 8,1 – durante o período avaliado (Tabela 5). O Cumaru não apresenta tendência de aumentar o valor de IR com o tempo de cultivo.

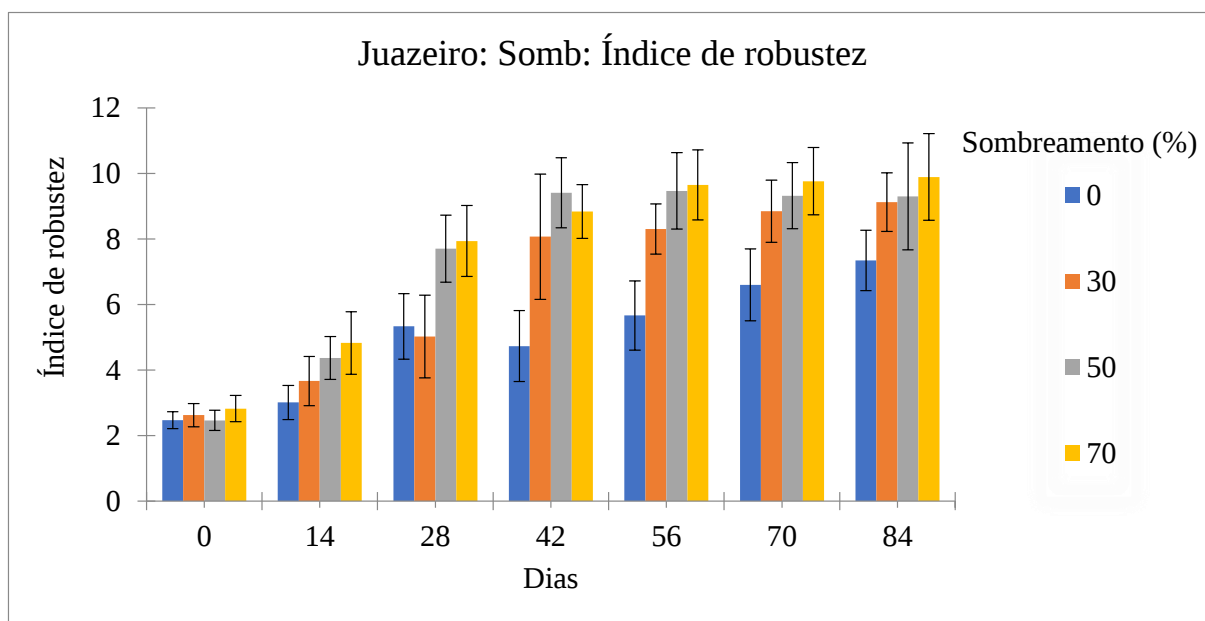
Figura 35. Índice de robustez de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.4 Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

O resultado do efeito do sombreamento, ao longo do tempo, sob o índice de robustez de mudas de juazeiro pode ser verificado na Figura 36. As mudas atingiram índices de 7,3; 9,1; 9,3 e 9,9 cm mm⁻¹ aos 84 DAR. Houve tendência de redução da qualidade das mudas de acordo com o aumento do nível de sombreamento. Apenas as plantas mantidas em pleno sol permaneceram dentro dos valores indicados por Carneiro (1995): entre 5,4 e 8,1 (Tabela 5).

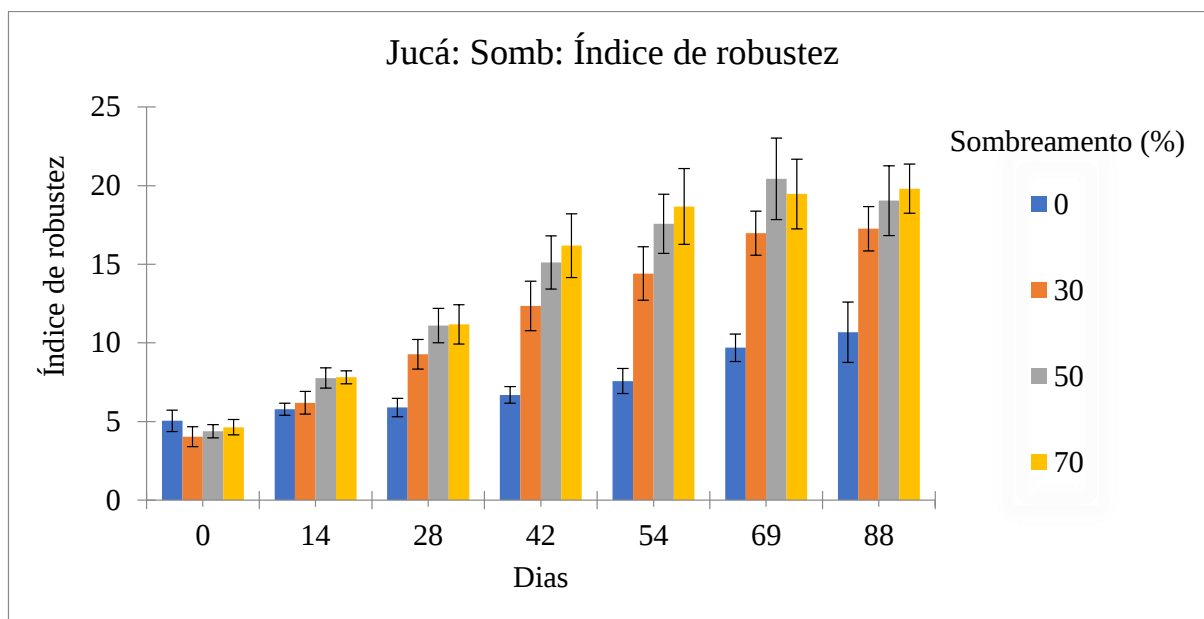
Figura 36. Índice de robustez de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.5 Jucá (*Libidibia ferrea*)

O efeito da restrição luminosa, em função dos dias de avaliação, no índice de plantas jovens de jucá, está representado na Figura 37. Os valores obtidos foram de 10,7; 17,3; 19,0 e 19,8 cm mm⁻¹ aos 88 DAR. No decorrer das avaliações, todos os tratamentos ficaram fora da faixa de qualidade indicada por Carneiro (1995): entre 5,4 e 8,1 (Tabela 5).

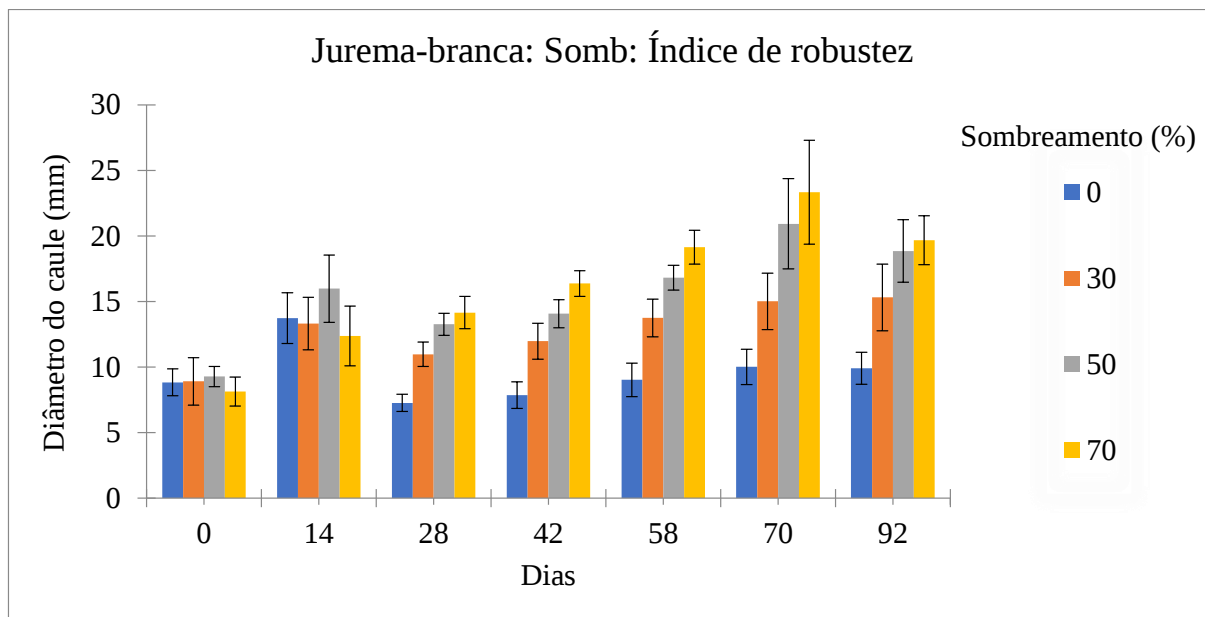
Figura 37. Índice de robustez de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.6 Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

O índice de robustez de plantas jovens de jurema-branca produzidas em ambientes com diferentes níveis de sombra, em relação as datas de avaliação, encontra-se na Figura 38. As plantas alcançaram valores de 9,9; 15,3; 18,9 e 19,7 cm mm⁻¹ aos 92 DAR. Todas as taxas de sombra e pleno sol ficaram fora dos valores sugeridos pela literatura, entre 5,4 e 8,1 (CARNEIRO, 1995), com tendência de redução da qualidade das mudas com o aumento do sombreamento (Tabela 5).

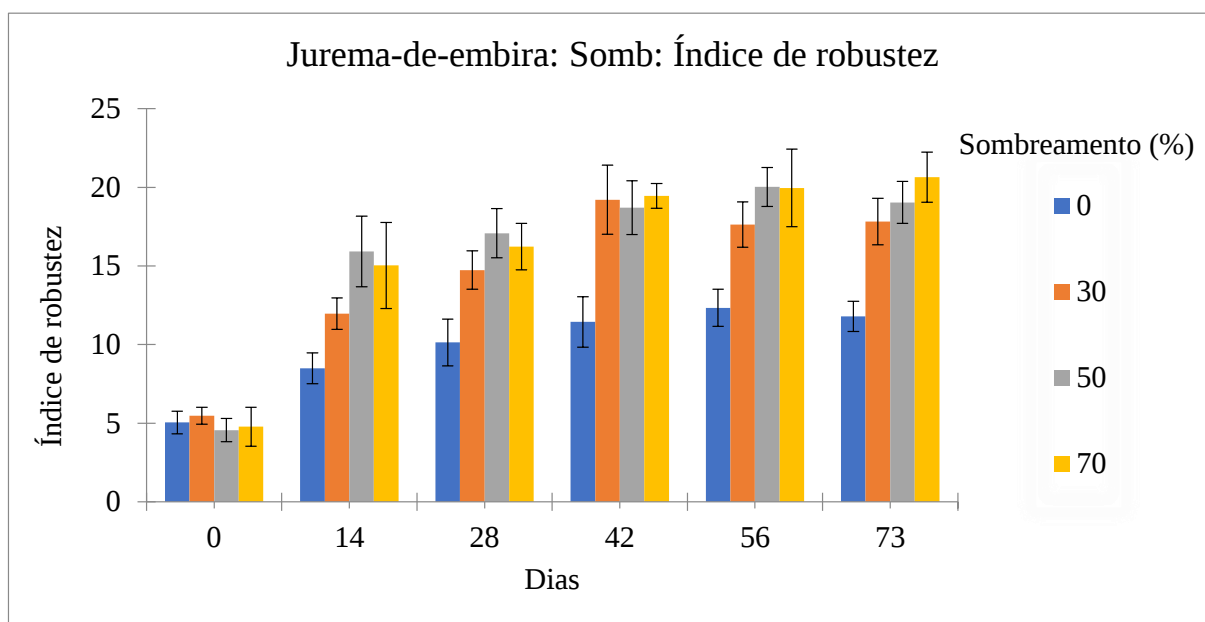
Figura 38. Índice de robustez de mudas de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.7 Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

A influência do sombreamento no índice de robustez de mudas de jurema-de-embira está apresentada na Figura 39. As mudas atingiram valores de 11,8; 17,8; 19,0 e 20,6 cm mm⁻¹. Ao final do período avaliado, os tratamentos não possibilitaram às mudas os valores de índice de robustez recomendados por Carneiro (1995), entre 5,4 e 8,1, com redução a qualidade das plantas nas maiores taxas de sombra (Tabela 5).

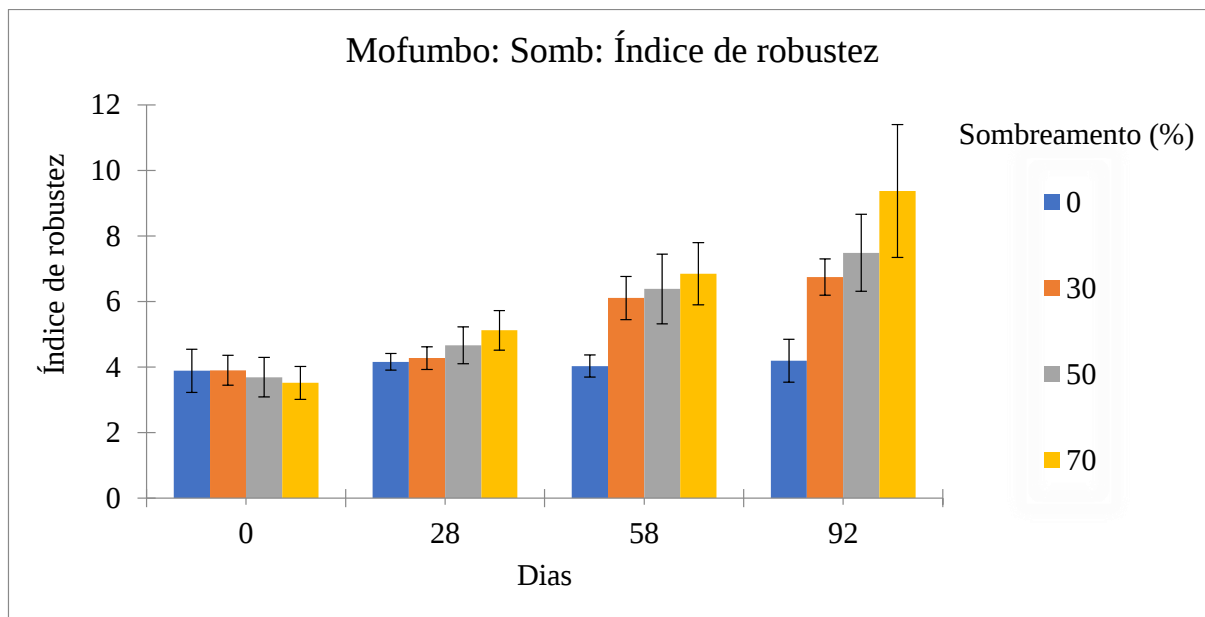
Figura 39. Índice de robustez de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.8 Mofumbo (*Combretum leprosum*)

O índice de robustez de plantas jovens de mofumbo está representado na Figura 40. Os valores alcançados foram 4,2; 6,7; 7,5 e 9,4 cm mm⁻¹. Apenas os tratamentos de 30 e 50% de sombra proporcionaram mudas com valores entre 5,4 e 8,1 (CARNEIRO, 1995) (Tabela 5), Mas pode-se considerar que as mudas de pleno sol superam esses padrões mínimos de qualidade propostos na literatura.

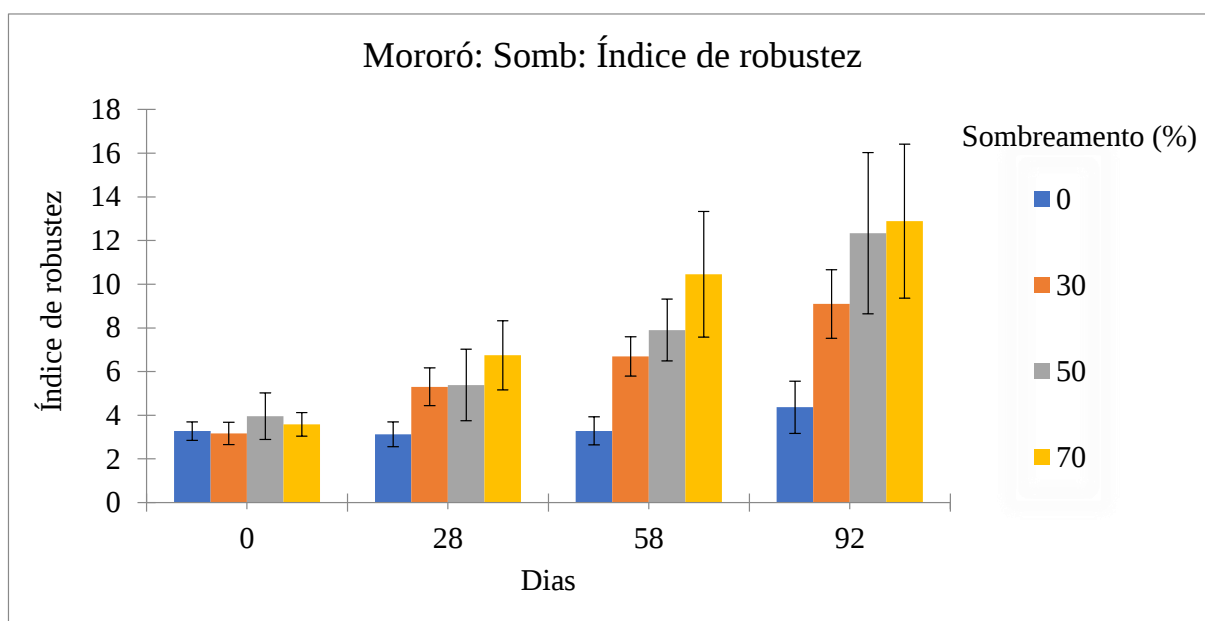
Figura 40. Índice de robustez de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.9 Mororó (*Bauhinia forficata*)

O comportamento do índice de robustez das mudas de mororó está apresentado na Figura 41. Os valores obtidos aos 92 dias foram de 4,4; 9,1; 12,3 e 12,9 cm mm⁻¹. Houve tendência de perda de qualidade das mudas produzidas sob sombreamento (Tabela 5), pois os valores não se mantiveram dentro da faixa recomendada pela literatura: entre 5,4 e 8,1 (CARNEIRO, 1995).

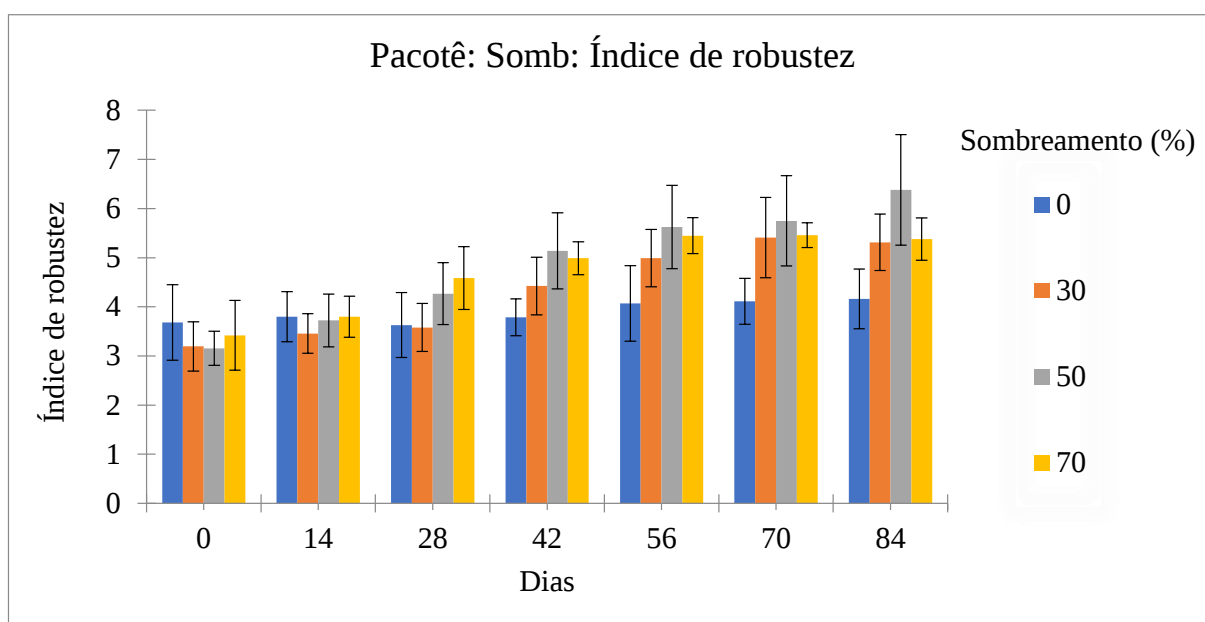
Figura 41. Índice de robustez de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.10 Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

O resultado do efeito da restrição luminosa, em relação as datas de avaliação, sob o índice de robustez de plantas jovens de pacotê pode ser verificado na Figura 42. Os tratamentos proporcionaram médias de 4,2; 5,3; 6,4 e 5,4 cm mm^{-1} . O sombreamento propiciou aumento dos valores do índice de robustez, se mantendo dentro da faixa sugerida por Carneiro (1995) – 5,4 e 8,1 (Tabela 5). O tratamento de pleno sol proporcionou melhor índice de robustez do que o mínimo recomendado.

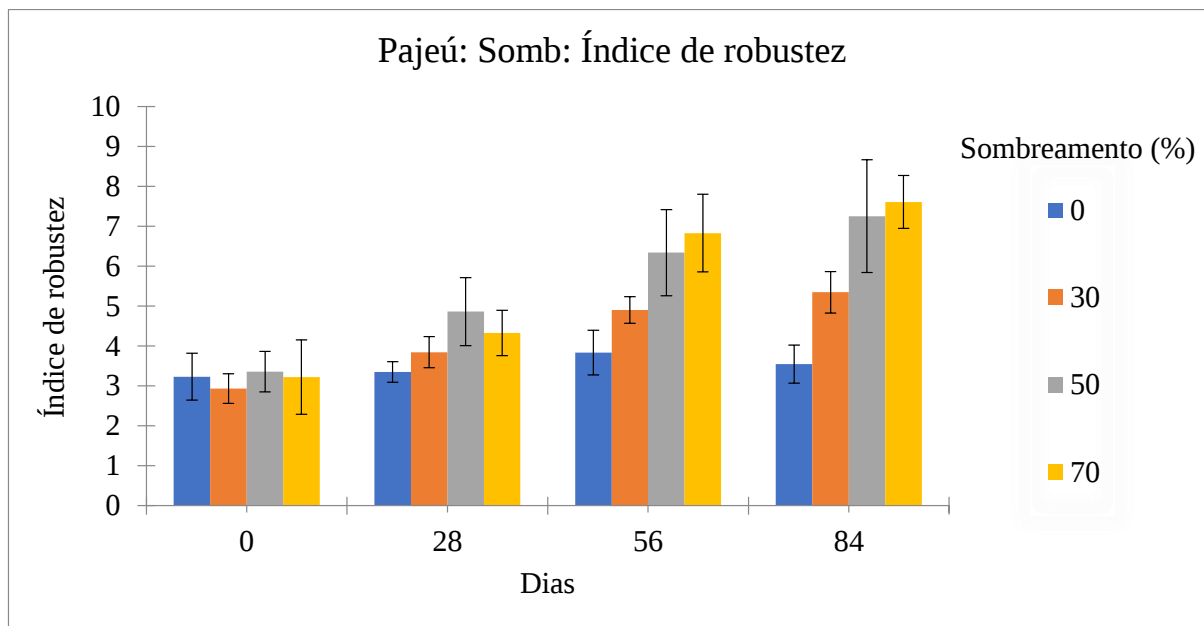
Figura 42. Índice de robustez de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.11 Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

O índice de robustez de plantas jovens de pajeú mantidas em ambientes com diferentes níveis de sombra, ao longo do tempo, está exposta na Figura 43. As mudas alcançaram valores de 3,5; 5,3; 7,3 e 7,6 cm mm^{-1} . As mudas produzidas nas casas de sombra com maior restrição luminosa obtiveram os valores recomendados por Carneiro (1995), entre 5,4 e 8,1, dentro do período avaliado. Verificou tendência de redução da qualidade das plantas de acordo com o aumento dos níveis de sombra (Tabela 5).

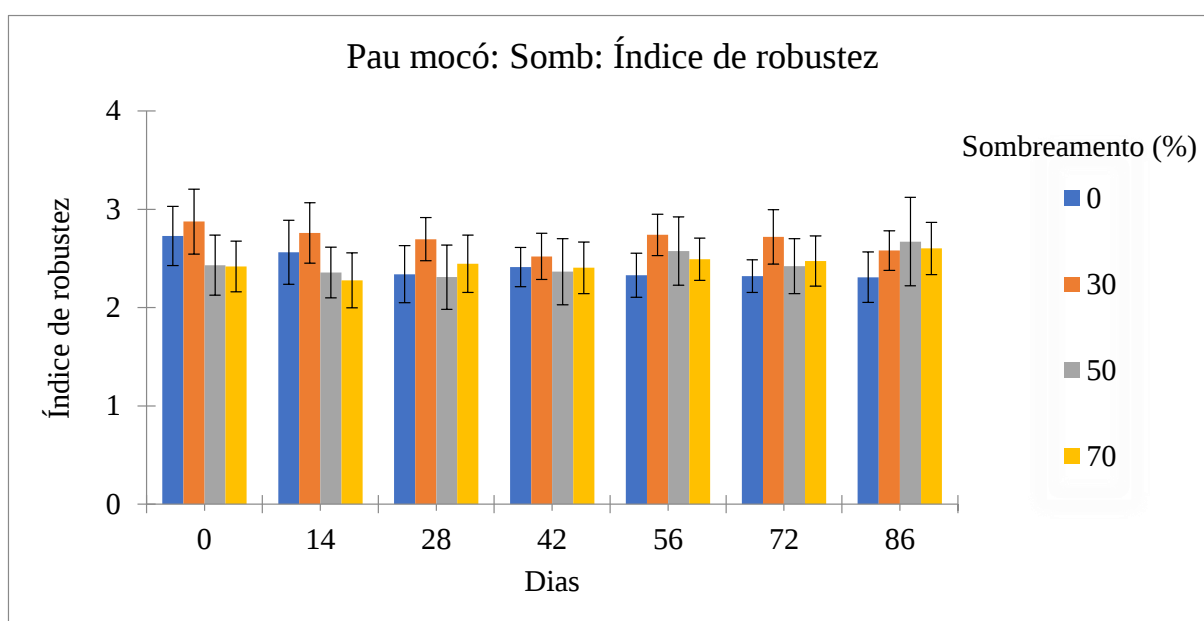
Figura 43. Índice de robustez de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.12 Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

A influência do sombreamento, no decorrer de datas de avaliação, sob o índice de robustez de plantas jovens de pau-mocó, está apresentada na Figura 44. Os valores obtidos foram de 2,3; 2,6; 2,7 e 2,6 cm mm⁻¹ aos 86 DAR. Na Tabela 5 é possível verificar que dentro dos 90 dias de avaliação todos os níveis de sombra e o pleno sol possibilitaram que as mudas extrapolassem o índice de robustez recomendado por Carneiro (1995)

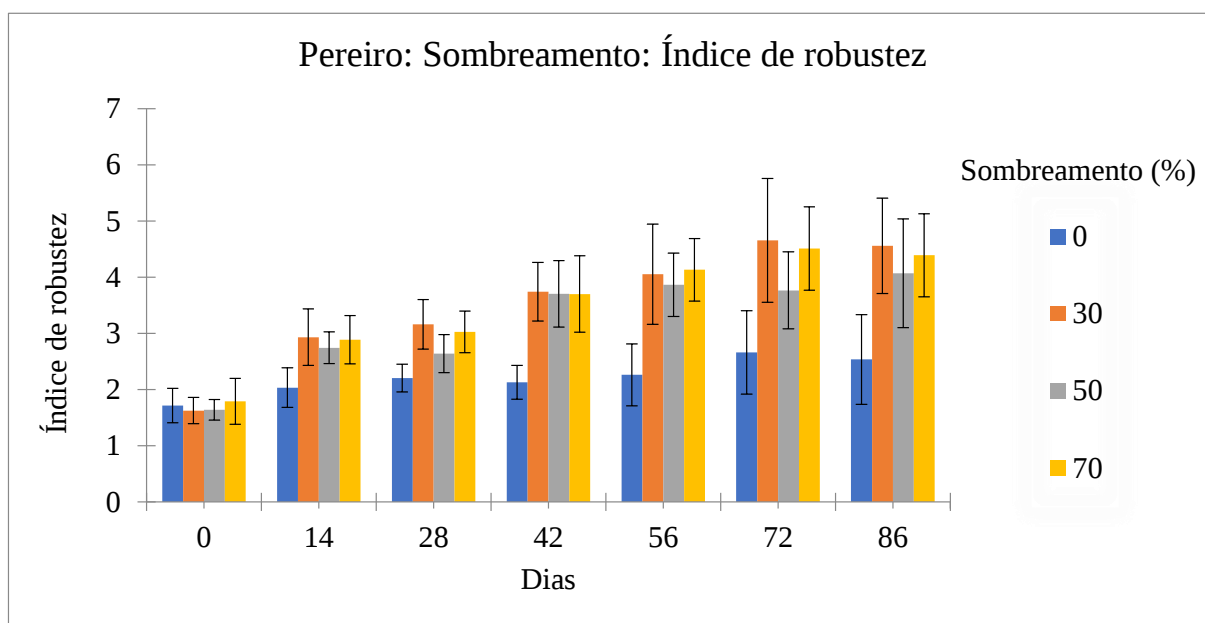
Figura 44. Índice de robustez de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.13 Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

O índice de robustez de plantas jovens de pereiro mantidas em ambientes com diferentes taxas de sombra, e avaliadas em diferentes datas, está descrita na Figura 45. As plantas atingiram índices de robustez médios de 2,5; 4,6; 4,1 e 4,4 cm mm⁻¹. Nenhum tratamento proporcionou às mudas os valores indicados por Carneiro (1995): entre 5,4 e 8,1 (Tabela 5).

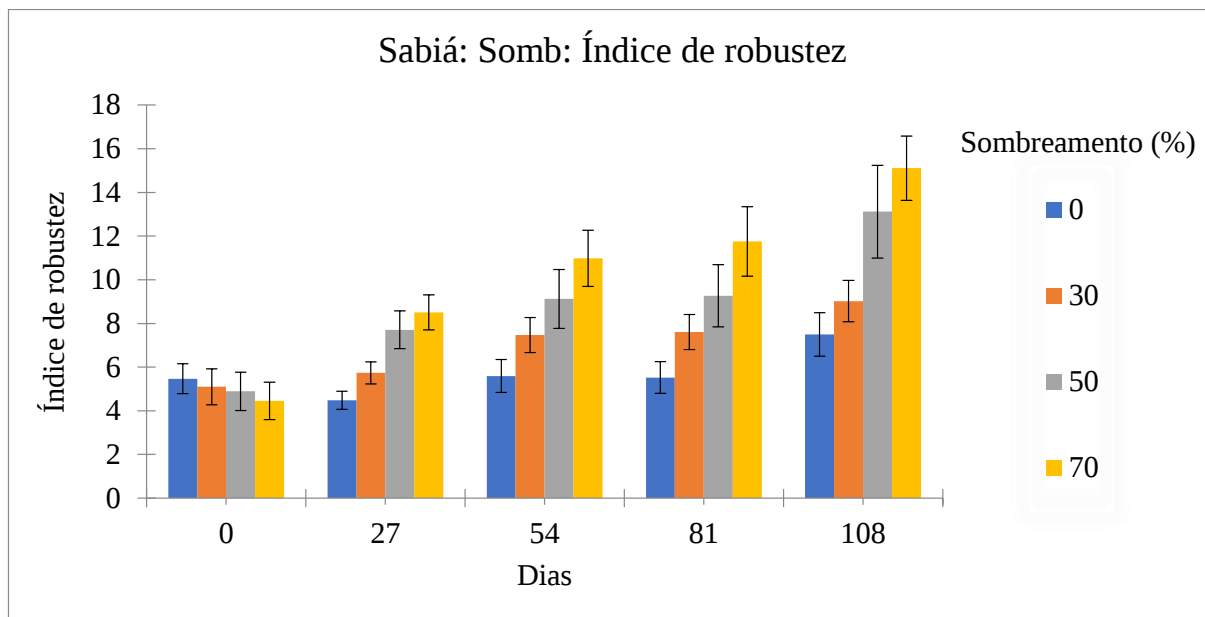
Figura 45. Índice de robustez de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.14 Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*)

O efeito dos diferentes níveis de sombra sob o índice de robustez de mudas de sabiá, avaliadas ao longo do tempo, encontra-se na Figura 46. As mudas atingiram valores de 7,5; 9,0; 13,1 e 15,1 cm mm⁻¹. O índice de robustez recomendado por Carneiro (1995), entre 5,4 e 8,1, foi proporcionado apenas pelo tratamento a pleno sol, durante a condução o experimento (Tabela 5).

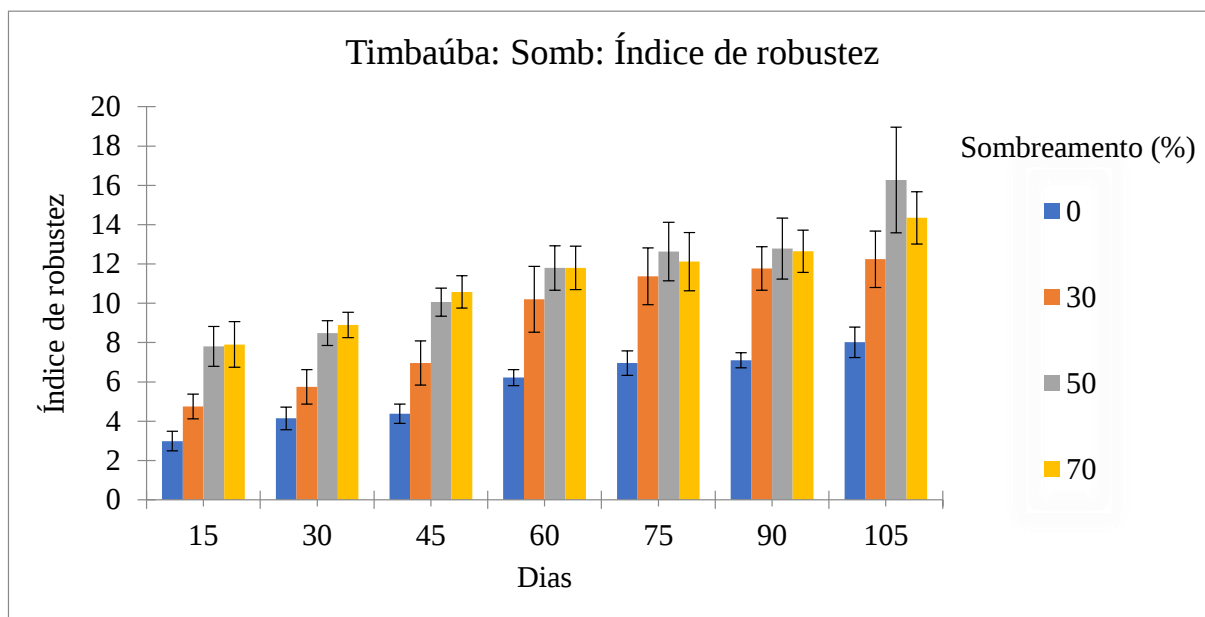
Figura 46. Índice de robustez de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.15 Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

A avaliação do índice de robustez de plantas jovens de timbaúba, em diferentes datas, produzidas em condição de sombra, está apresentada na Figura 47. Os valores alcançados foram 8,01; 12,2; 16,3 e 14,3 cm mm⁻¹ aos 105 DAR. Os tratamentos de sombra proporcionaram mudas de menor qualidade, fora da faixa de valores recomendados pela literatura (CARNEIRO, 1995), entre 5,4 e 8,1 (Tabela 5).

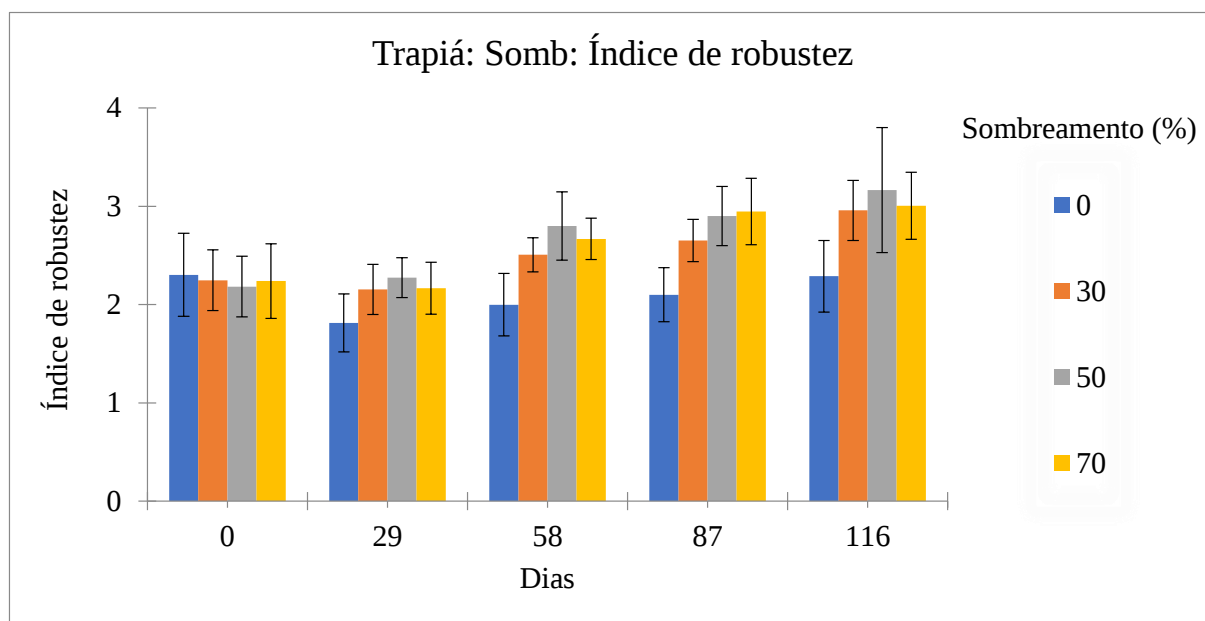
Figura 47. Índice de robustez de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.5.16 Trapiá (*Crataeva tapia*)

O efeito do sombreamento sob o índice de robustez de plantas jovens de trapiá, avaliadas em diferentes datas pode ser observado na Figura 48. Aos 116 DAR, as mudas apresentaram valores de 2,3; 3,0; 3,2 e 3,0 cm mm⁻¹. Nenhum dos tratamentos proporcionaram às mudas os valores recomendados por Carneiro (1995), entre 5,4 e 8,1, durante a condução do experimento (Tabela 5).

Figura 48. Índice de robustez de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.6 ÍNDICES DE ROBUSTEZ DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

O índice de robustez, ou relação altura/diâmetro do caule, em centímetros por milímetro, proporciona antever o desenvolvimento das mudas após o plantio definitivo, pois, de modo geral, quanto menor o seu valor, maior será a probabilidade da planta resistir às condições desfavoráveis do ambiente (GOMES; PAIVA, 2011). Portanto, mudas com diâmetro do coleto maior e altura menor, são de qualidade superior àquelas maiores com diâmetros menores (ARAÚJO et al. 2014).

A Tabela 5 apresenta os modelos utilizados para descrever os padrões de evolução dos índices de robustez. Cabe ressaltar que, conforme pode ser observado nos gráficos de índices de robustez para cada espécie, os valores aumentam com o tempo, independentemente do nível de sombreamento, o que significa que a qualidade das mudas diminui com o tempo para todas

as espécies, ou que o crescimento em altura é desproporcionalmente maior do que o crescimento em diâmetro. É importante ressaltar que alguns valores estimados extrapolam o período experimental, então devem ser interpretados com muito cuidado, porém espera-se que os modelos forneçam aproximações adequadas para os tempos pouco maiores do que os praticados no experimento.

A partir da análise dos valores estimados na Tabela 5 é possível verificar que, de modo geral, ao final de 90 dias, as mudas de qualidade superior foram obtidas em condições de pleno sol, uma vez que houve tendência ao aumento dos valores do índice de robustez nos tratamentos com maior restrição luminosa, ocasionando perda de qualidade. Isto é consequência de o crescimento secundário não acompanhar o crescimento primário, ocasionando o desenvolvimento desequilibrado e desfavorável para as plantas.

Como foi comentado anteriormente, há uma tendência dos valores de IR aumentarem com o tempo de cultivo, e que mudas muito jovens frequentemente possuem valores de IR adequados. Assim, o IR não pode ser utilizado como indicador isolado de qualidade, pois irá forçar a escolha de mudas excessivamente jovens, o que pode prejudicar a sua capacidade de sobrevivência no ambiente pós transplântio.

Tabela 5. Parâmetros e Coeficientes de determinação das regressões polinomiais quadráticas para Índices de Robustez de mudas de espécies florestais da Caatinga em função do tempo para quatro níveis de sombreamento, estimativa de tempo (DAR) para atingir 8,1 cm.mm⁻¹, e Índice de Robustez estimado aos 90 DAR após a repicagem.. Mossoró-RN. 2018-2019.

Espécie	Sombreamento (%)	Coeficientes de regressão				Dias até IR = 8,1	IR aos 90 dias
		a	b (x)	c (x ²)	R ²		
Angico	0	3,5281	0,0773	-0,0004	0,4936	97	7,2
	30	3,2896	0,1	-0,00005	0,918	49	11,9
	50	3,0765	0,2011	-0,0007	0,8551	28	15,5
	70	3,3704	0,2011	-0,001	0,8336	27	13,4
Aroeira	0	5,1388	0,0586	-0,0006	0,6615	49	5,6
	30	6,5223	0,0399	0,00001	0,8908	38	10,2
	50	5,3937	0,1058	-0,0005	0,8268	30	10,9
	70	6,4749	0,0657	-0,00003	0,8884	25	12,1
Cumaru	0	6,7799	-0,0109	0,00003	0,8049	182	6,0
	30	6,5835	0,0301	-0,0002	0,7893	75	7,7
	50	7,0947	0,0156	-0,0001	0,5959	78	7,7
	70	7,1586	0,019	-0,0002	0,7331	60	7,2
Juazeiro	0	2,4839	0,0709	-0,0002	0,9242	118	7,2
	30	2,1671	0,1536	-0,0008	0,9553	53	9,5
	50	2,181	0,2369	-0,0018	0,9731	34	8,9
	70	2,7042	0,2089	-0,0015	0,9853	34	9,4
Jucá	0	5,0804	0,0229	0,0005	0,9729	58	11,2
	30	3,4246	0,2576	-0,0011	0,9876	20	17,7

	50	3,6303	0,3593	-0,002	0,9779	14	19,8
	70	3,7948	0,3692	-0,0021	0,98	13	20,0
Jurema branca	0	10,508	-0,0645	0,0007	0,0821	46	10,4
	30	9,9326	0,0763	-0,0002	0,7271	0	15,2
	50	10,591	0,1552	-0,0006	0,712	0	19,7
	70	7,8651	0,3071	-0,0018	0,9217	1	20,9
Jurema embira	0	5,1991	0,238	-0,002	0,9941	14	10,4
	30	5,6935	0,4696	-0,0042	0,9704	6	13,9
	50	6,1965	0,5466	-0,0052	0,911	4	13,3
	70	6,1344	0,5073	-0,0044	0,9387	4	16,2
Mofumbo	0	3,9278	0,0052	-0,00003	0,5733	0	4,2
	30	3,7471	0,0342	-3E-06	0,9355	128	6,8
	50	3,6117	0,0469	-0,00004	0,9882	104	7,5
	70	3,5462	0,0495	0,0001	0,9994	79	8,8
Mororó	0	3,2986	0,0172	0,0003	0,9901	101	7,3
	30	3,2609	0,0641	-0,00002	0,9928	77	8,9
	50	3,9759	0,0303	0,0007	0,9999	58	12,4
	70	3,4786	0,1373	-0,0004	0,9967	38	12,6
Pacotê	0	3,6814	0,0014	0,00006	0,8221	259	4,3
	30	3,0369	0,0342	-0,00005	0,939	213	5,7
	50	3,0936	0,0516	-0,0002	0,9868	129	6,1
	70	3,2853	0,0566	-0,0004	0,9788	71	5,1
Pajeu	0	3,1743	0,0162	-0,0001	0,6886	81	3,8
	30	2,8949	0,0421	-0,0001	0,992	210	5,9
	50	3,3322	0,0627	-0,0002	0,9984	126	7,4
	70	3,0658	0,0647	-0,0001	0,9619	90	8,1
Pau Mocó	0	2,7074	-0,0122	0,00009	0,9047	321	2,3
	30	2,8486	-0,0067	0,00005	0,4726	397	2,7
	50	2,4094	-0,0039	0,00008	0,6441	292	2,7
	70	2,3784	-0,0007	0,00004	0,686	386	2,6
Pereiro	0	1,7781	0,013	-0,00004	0,8715	162	2,6
	30	1,7889	0,0623	-0,0003	0,9696	104	5,0
	50	1,7313	0,0564	-0,0004	0,9245	70	3,6
	70	1,8718	0,0583	-0,0001	0,9737	140	6,3
Sabiá	0	5,3694	-0,0314	0,0005	0,8744	112	6,6
	30	5,0368	0,0364	-4E-06	0,9555	84	8,3
	50	5,3343	0,0582	0,00008	0,9171	45	11,2
	70	4,812	0,1235	-0,0003	0,968	29	13,5
Timbauba	0	1,7627	0,0809	-0,0002	0,9681	105	7,4
	30	1,8977	0,1614	-0,0006	0,9563	46	11,6
	50	6,917	0,0543	0,0003	0,9511	19	14,2
	70	6,5573	0,0931	-0,0002	0,9727	17	13,3
Trapiá	0	2,2308	-0,0117	0,0001	0,7249	307	2,0
	30	2,2041	0,0008	0,00005	0,9451	335	2,7
	50	2,1348	0,0097	-7E-06	0,9478	549	3,0
	70	2,148	0,0076	0,000003	0,8807	624	2,9

A partir da análise da Tabela 5 é possível verificar que, de modo geral, ao final de 90 DAR, as mudas de qualidade superior foram obtidas em condições de pleno sol, uma vez que houve tendência ao aumento dos valores do índice de robustez nos tratamentos com maior restrição luminosa, ocasionando perda de qualidade. Isto é consequência de o crescimento secundário não acompanhar o crescimento primário, ocasionando o desenvolvimento desequilibrado e desfavorável para as plantas.

Da mesma forma como foi observado para a altura e o diâmetro do colo, os resultados obtidos levam a questionar os padrões propostos de índice de robustez, e levantar a sugestão que esses índices sejam específicos, ou seja, variáveis conforme a espécie. Assim como foi feito para os outros indicadores, propõe-se a classificação das mudas de espécies arbóreas da Caatinga em função da sua relação altura/diâmetro do colo (Tabela 6), quando cultivadas sob sombreamento. O cultivo a pleno sol foi excluído da estimativa por produzir valores considerados inadequados de biomassa seca, conforme será discutido à frente.

Tabela 6 Proposta de classificação das espécies arbóreas da Caatinga quanto ao índice de robustez, a partir da estimativa de crescimento aos 90 dias.

Padrão de Índice de Robustez (cm mm-1)	Espécie	Índice de Robustez esperado aos 90 dias, em cultivo sombreado.
Espécie Muito Pouco Esbelta	Pau-Mocó, Pereiro, Trapiá	< 5,0
Espécie Pouco Esbelta	Cumaru, Mofumbo, Pacotê, Pajeú,	Entre 5,0 e 8,0
Espécie Esbelta	Aroeira, Juazeiro, Mororó, Sabiá	Entre 8,0 e 12,0
Espécie Muito Esbelta	Angico, Jucá, Jurema-Branca, Jurema-de-Embira, Timbaúba	>12,0

4.7 MASSA SECA TOTAL

4.7.1 Angico (*Anadenanthera colubrina*)

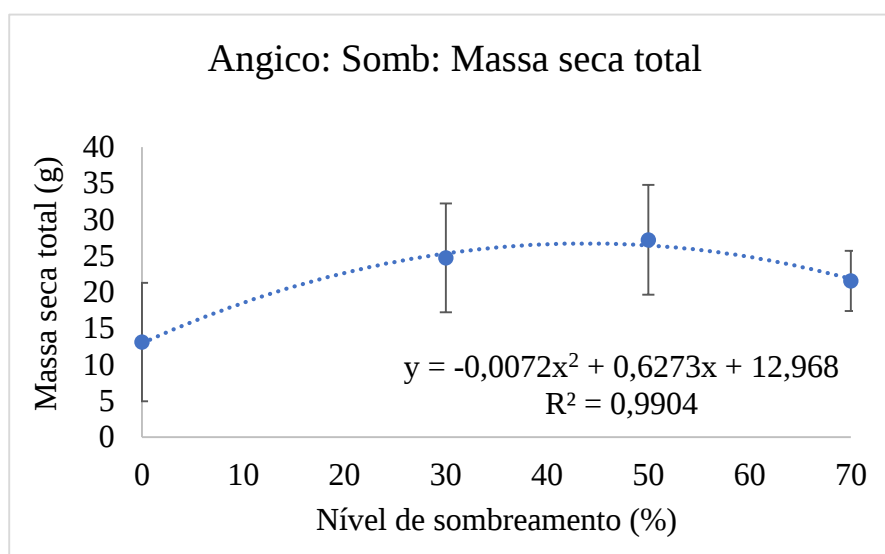
Aos 87 DAR, a massa seca total de plantas de Angico apresentou comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 49). A espécie demonstrou separação dos tratamentos em dois grupos, com as plantas de pleno sol (0%) apresentando baixa produção de biomassa, com 13,1 g, e as mantidas nas taxas de sombra de 30, 50 e 70% com produção mais alta, e semelhante entre si, atingindo 24,7; 27,2 e 21,5 g, respectivamente.

O aumento da produção de massa seca no cultivo protegido por tela de polietileno é evidência que as condições ambientais de pleno sol são mais restritivas ao crescimento da planta

do que o ambiente protegido. À primeira vista isso soa estranho, pois espera-se que a redução na intensidade da radiação seja acompanhada pela redução na produção de matéria seca, o que obviamente não acontece nesse caso. O que ocorre é que para muitas plantas do tipo C3, como é o caso das árvores, a radiação plena é excessiva, não se traduzindo em maior produtividade. Por outro lado, o ambiente protegido cria um microclima próprio, com menor temperatura, menos vento e maior umidade relativa do ar. Esses fatores contribuem para uma maior taxa de captura de dióxido de carbono: a maior umidade relativa e a menor incidência de vento contribuem para manter os estômatos mais abertos, e por mais tempo, o que favorece a captura do dióxido de carbono, e a menor temperatura diminui os gastos com respiração e com fotorrespiração. A fotorrespiração é fortemente afetada por temperaturas altas, e diminui muito a eficiência da carboxilação, ou seja, da produção de biomassa.

A tendência de queda da massa seca no tratamento 70% indica que a sombra é excessiva, ou seja, a redução da radiação disponível para a fotossíntese não é compensada pelas vantagens do ambiente protegido.

Figura 49. Massa seca total de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

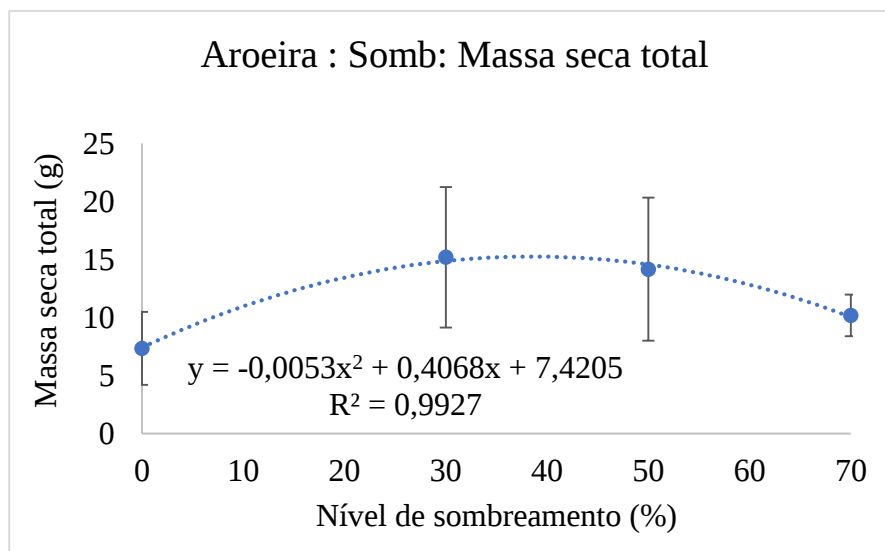


4.7.2 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

Passados 92 DAR, foi verificado efeito linear quadrático da massa seca total de mudas de Aroeira em função do aumento da taxa de sombra (Figura 50). Verificou-se a tendência de formação de três padrões de produção de biomassa, onde as plantas mantidas em pleno sol (0%) obtiveram o menor investimento, com 7,3 g, seguida do sombreamento de 70%, com 10,2 g, e,

por fim, os níveis de sombra de 30 e 50%, que alcançaram os maiores valores, 15,2 e 14,2 g, nesta ordem.

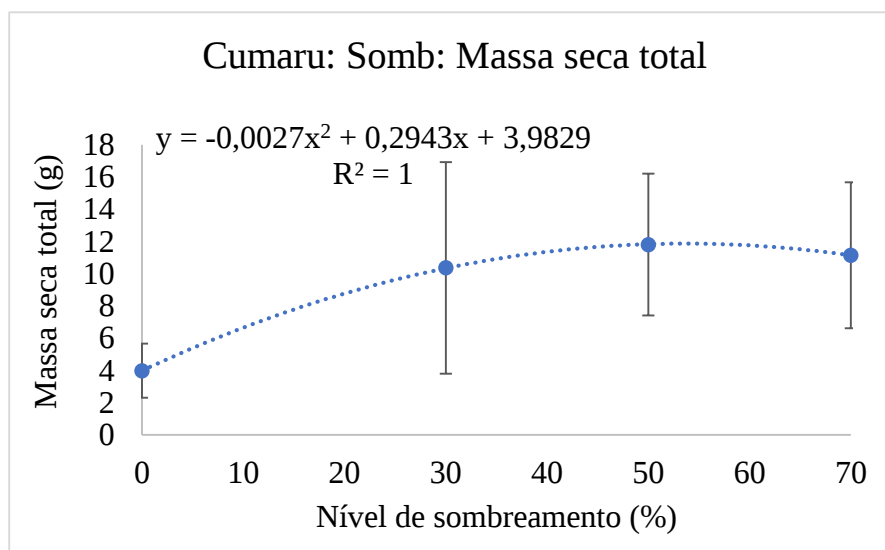
Figura 50. Massa seca total de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.3 Cumaru (*Amburana cearensis*)

Aos 116 DAR, foi constatado comportamento linear quadrático da massa seca total de mudas de Cumaru em resposta ao aumento da taxa de sombra (Figura 51). Como no Angico, no Cumaru ocorreu separação dos tratamentos em dois grupos, com o tratamento de pleno sol (0%) apresentando baixa produção de biomassa (4,0 g) e as taxas de sombra de 30, 50 e 70% com alta produção, atingindo 10,4; 11,8 e 11,1 g, respectivamente.

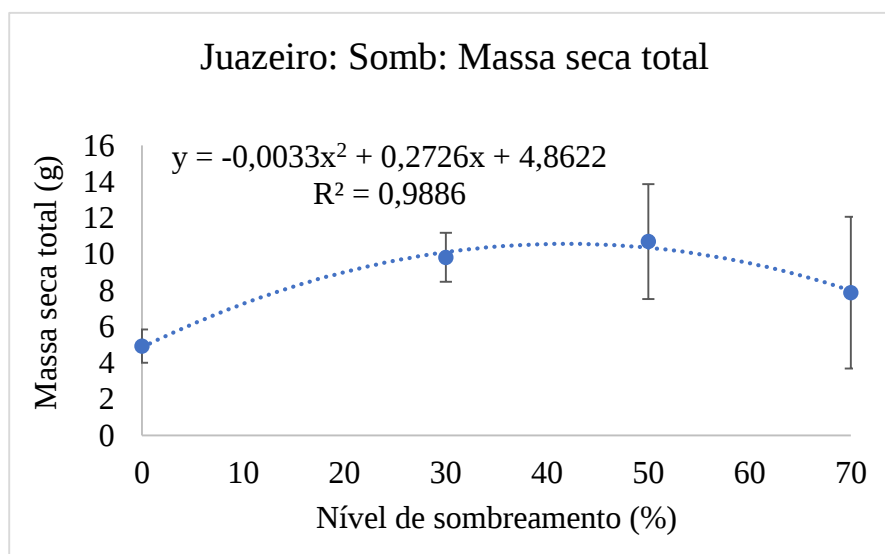
Figura 51. Massa seca total de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.4 Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

Passados 84 DAR, as mudas de Juazeiro apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 52). Seguindo o padrão de separação do acúmulo de fitomassa apresentada por outras espécies, foi verificada tendência de formação de um grupo com maior incremento nas taxas de 30, 50 e 70% de sombra, com 9,8; 10,7 e 7,9 g, nesta ordem, e outro com menor incremento em pleno sol (0%), com 4,9 g.

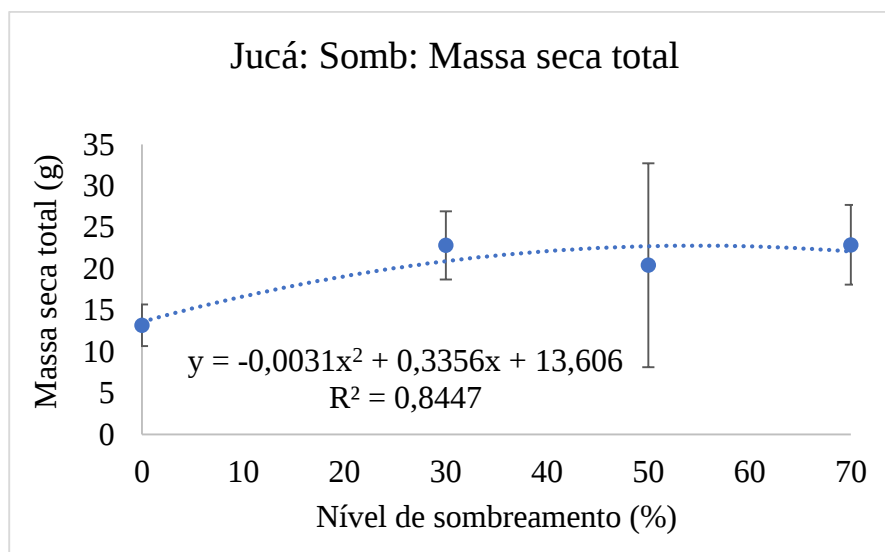
Figura 52. Massa seca total de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.5 Jucá (*Libidibia ferrea*)

Após 88 DAR, a massa seca total de plantas de Jucá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos crescentes níveis de sombreamento (Figura 53). O padrão de agrupamento da produção de biomassa em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 13,2 g, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com valores de 22,8; 20,4 e 22,9 g.

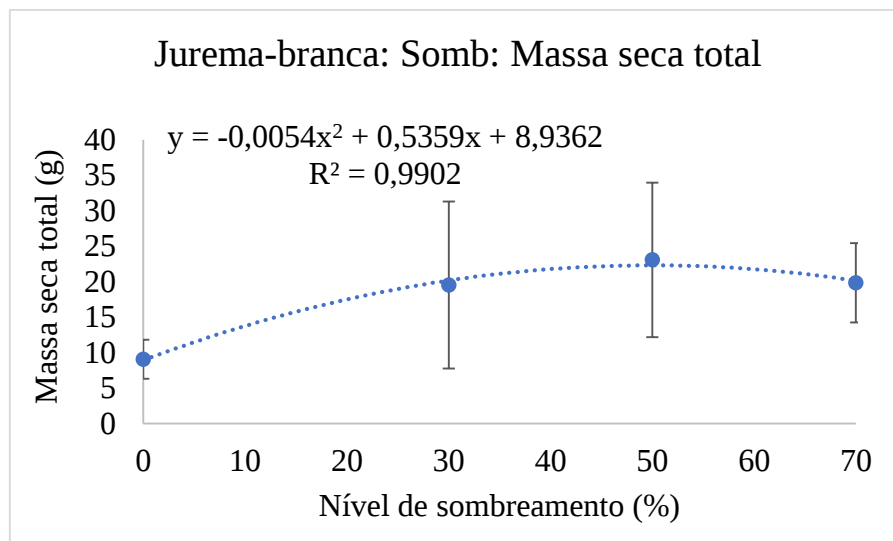
Figura 53. Massa seca total de mudas de jucá (*Lebiodibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.6 Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

Após 92 DAR, as plantas jovens de jurema-branca apresentaram comportamento linear quadrático em função aos níveis crescente de sombra (Figura 54). Também se verificou a segregação dos tratamentos em dois padrões de acúmulo de biomassa, onde o pleno sol (0%) obteve a menor média, com 9,1 g, e os demais tratamentos (30, 50 e 70%), proporcionaram as maiores médias: 19,5; 23,1 e 19,9 g.

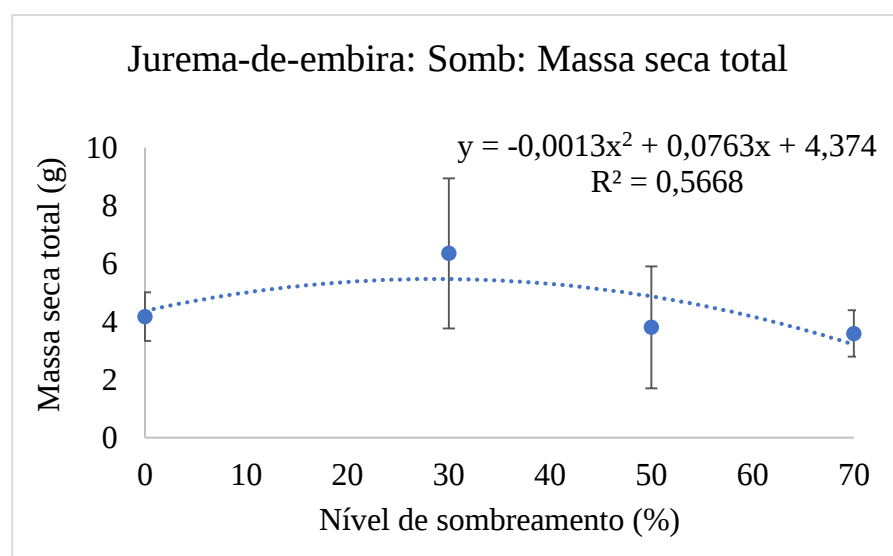
Figura 54. Massa seca total de mudas de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.7 Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

Após 73 DAR, a massa seca total de plantas de Jurema-de-embira apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis de sombreamento (Figura 55). A espécie apresentou baixa produção de biomassa, por isso, não foi observado separação no padrão de investimento, como ocorreu nas outras espécies. Contudo, houve tendência de maior produção em plantas produzidas em ambiente com taxa de 30% de sombra (6,3 g). Nos demais tratamentos (0, 50 e 70%), foram obtidas as seguintes médias: 4,2; 3,8 e 3,6 g.

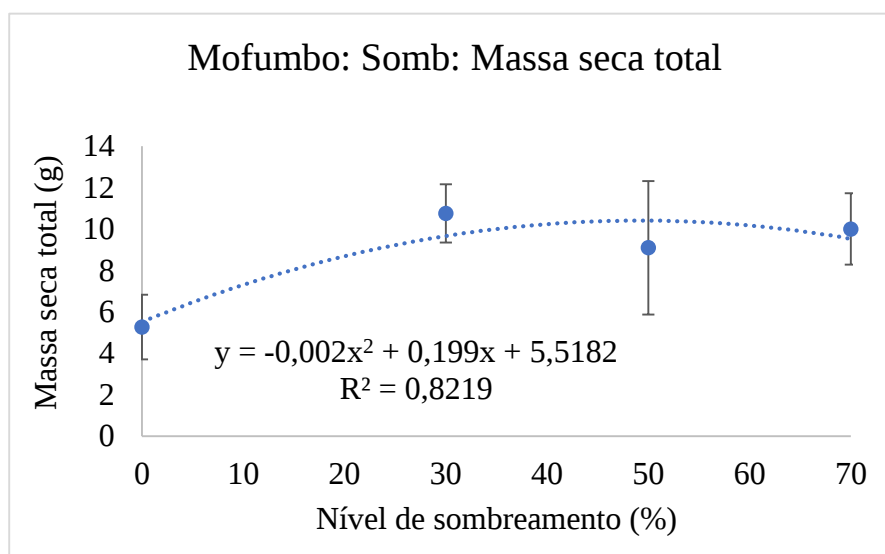
Figura 55. Massa seca total de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.8 Mofumbo (*Combretum leprosum*)

Passados 92 DAR, as mudas de Mofumbo produzidas em diferentes níveis de sombreamento demonstraram comportamento linear quadrático (Figura 56). Também se observam dois padrões de acúmulo de biomassa, 0%, com média de 5,3 g, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com 10,7; 9,1 e 10,0 g.

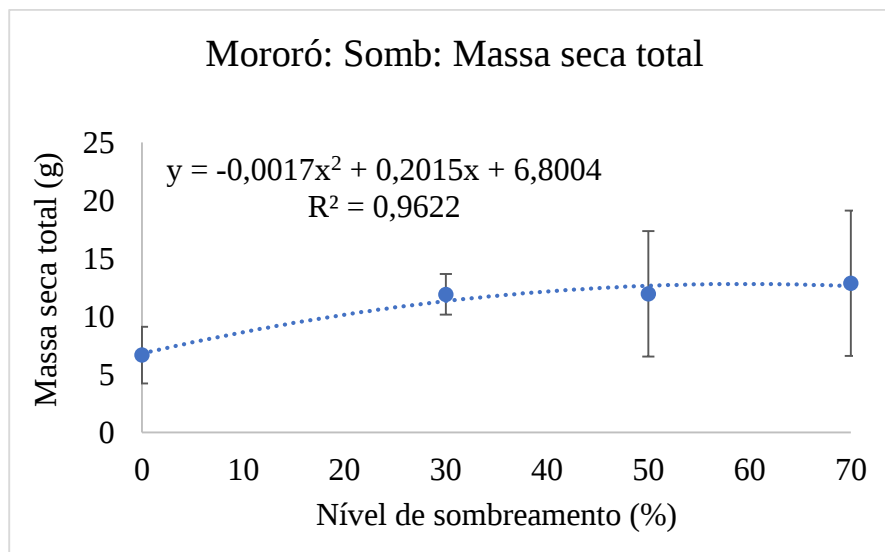
Figura 56. Massa seca total de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.9 Mororó (*Bauhinia forficata*)

Após 92 DAR, a massa seca total de plantas de Mororó apresentou comportamento linear quadrático em função dos níveis crescentes de sombra (Figura 57). O padrão de agrupamento da produção de fitomassa em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 6,7 g, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30, 50 e 70%), com médias igual a 11,9; 11,9 e 12,9 g, respectivamente.

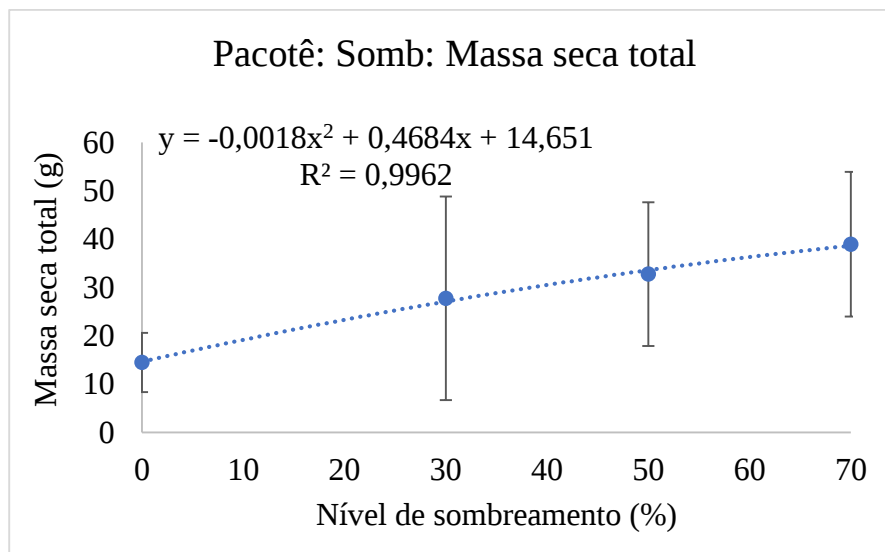
Figura 57. Massa seca total de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.10 Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

Passados 84 DAR, as plantas de Pacotê apresentaram comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescente de sombra. Um modelo polinomial de primeiro grau ofereceria explicação adequada para a resposta, mas preferiu-se adotar o modelo de segundo grau para manter a consistência com os modelos usados para as outras espécies estudadas (Figura 58). O padrão de agrupamento dos valores de biomassa em duas classes é novamente observado, 0%, com média de 14,5 g, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com produção média de 27,8; 32,8 e 38,9 g, ainda que se observe que o Pacotê teve tendência de aumento da biomassa sob 70%, o que indica que essa espécie é menos exigente em luminosidade, ou que os outros benefícios do ambiente protegido compensam a falta de luminosidade.

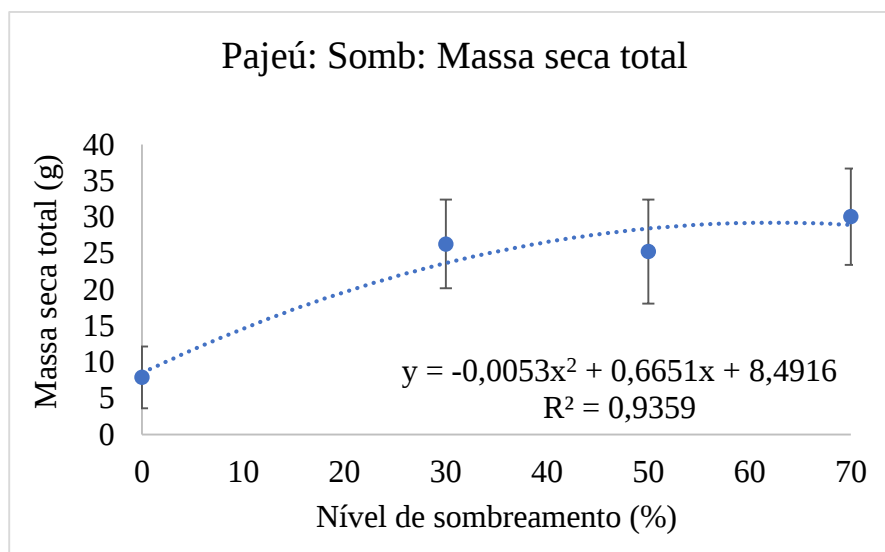
Figura 58. Massa seca total de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.11 Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

Aos 84 DAR, as mudas de Pajeú apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento do sombreamento (Figura 59). Com o Pajeú também ocorre o padrão de dois grupos de acúmulo de fitomassa, 0%, com média de 7,9 g, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com médias de 26,3; 25,4 e 30,1 g, nesta ordem.

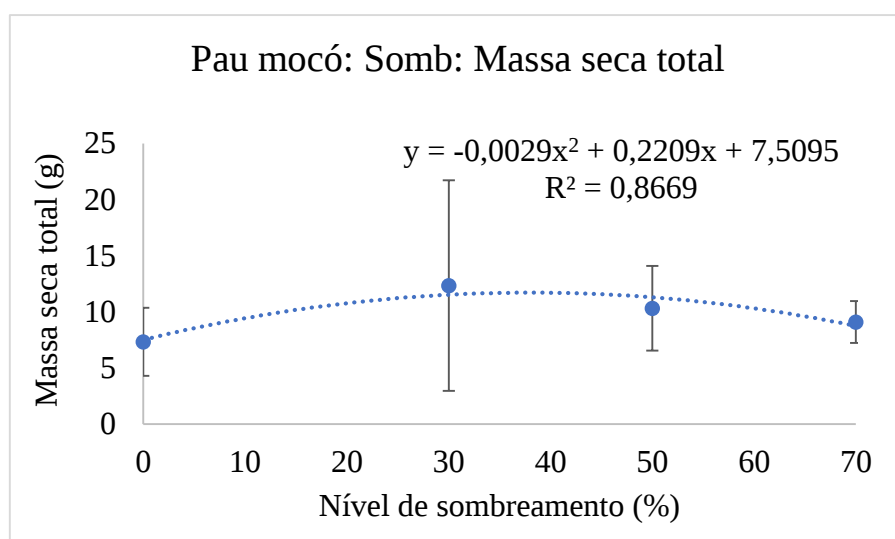
Figura 59. Massa seca total de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.12 Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

Após 86 DAR, a massa seca total de plantas jovens de pau-mocó apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 60). Nesta espécie não ocorreu separação expressiva dos tratamentos na produção de biomassa. No entanto, houve tendência de maior investimento em mudas produzidas em ambientes com 30% de sombra, com média igual a 12,3 g. Nos demais tratamentos (0, 50 e 70%) as médias obtidas foram: 7,3; 10,3 e 9,1 g.

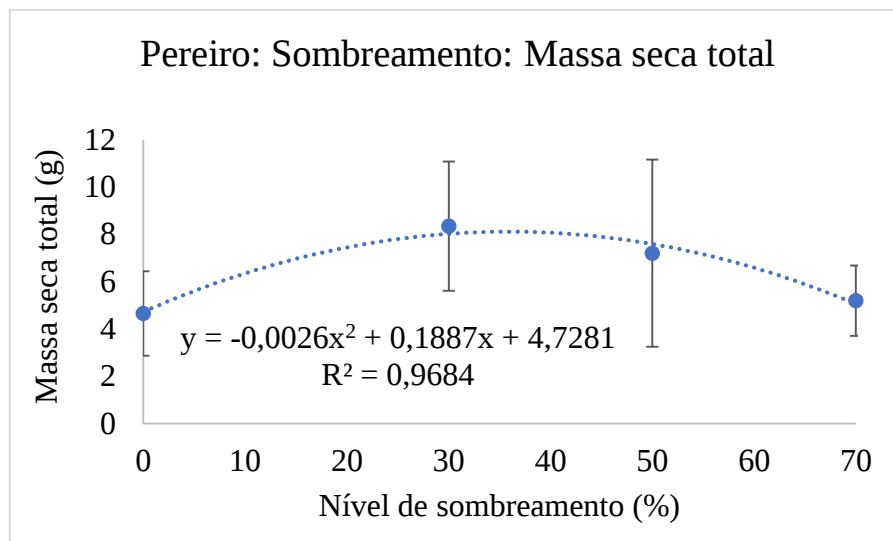
Figura 60. Massa seca total de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.13 Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

Aos 86 DAR, as plantas jovens de pereiro apresentaram efeito linear quadrático para massa seca total em função do aumento do nível de sombreamento (Figura 61). Foi observado o padrão de produção de biomassa em dois grupos: o primeiro, com as maiores médias, formado pelos tratamentos de 30 e 50%, com 8,3 e 7,2 g, respectivamente, e, o segundo, contendo o tratamento pleno sol (0%) e o nível de 70% de sombra, com médias igual a 4,6 e 5,2 g.

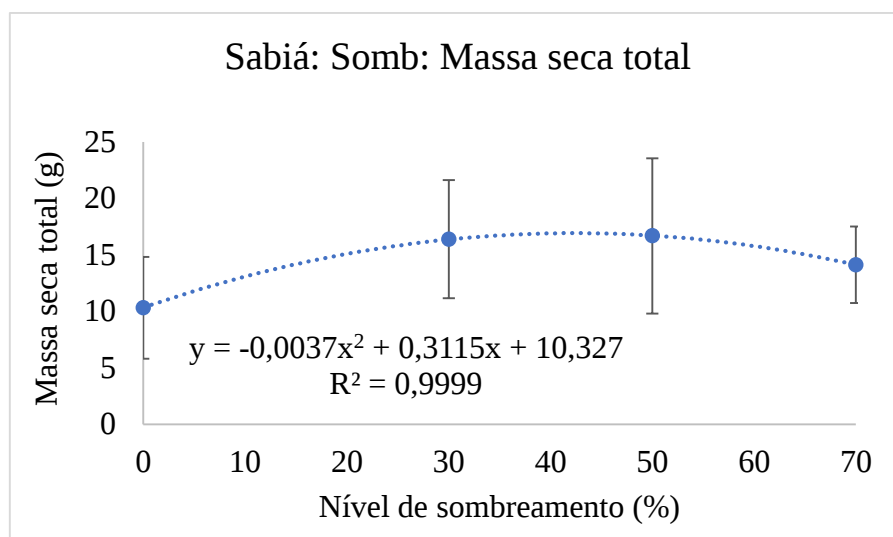
Figura 61. Massa seca total de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.14 Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

Após 108 DAR, a massa seca total de mudas de Sabiá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 62). Nesta espécie foi verificada novamente a separação dos tratamentos em duas classes, 0%, com média igual a 10,3 g, e os demais tratamentos (30, 50 e 70%) com valores igual a 16,4; 16,8 e 14,1 g.

Figura 62. Massa seca total de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

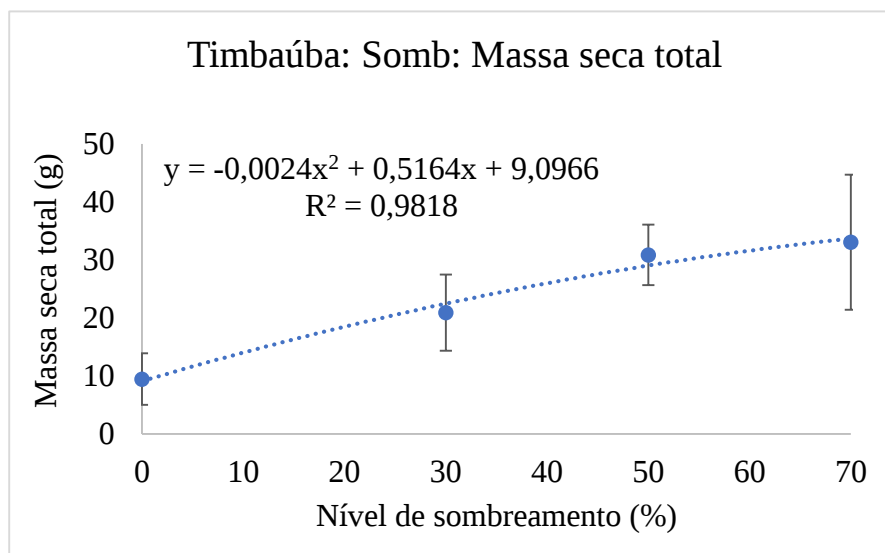


4.7.15 Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

Passados 90 DAR, as plantas jovens de timbaúba apresentaram comportamento linear quadrática em função de níveis crescentes de sombra (Figura 63). Para essa espécie se observam

três padrões de produção de biomassa, 0%, com média de 9,4 g, 30%, com média de 20,9 g, e o terceiro grupo com os demais tratamentos (50 e 70%), com valores iguais a 30,9 e 33,0 g. Essa espécie apresenta uma resposta semelhante ao observado em Pacotê, com tendência de aumento da matéria seca no tratamento 70%

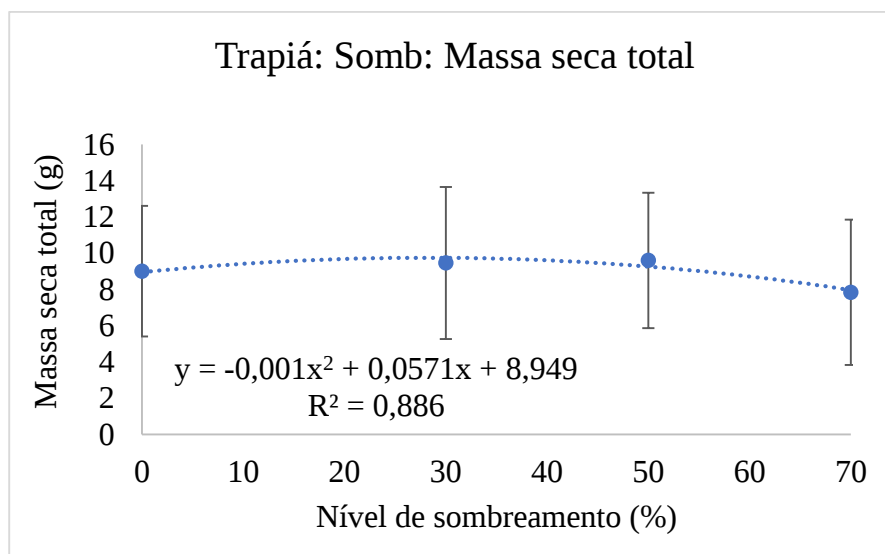
Figura 63. Massa seca total de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.7.16 Trapiá (*Crataeva tapia*)

Aos 116 DAR, as mudas de Trapiá apresentaram comportamento linear quadrático para massa seca total em resposta aos diferentes níveis de sombreamento (Figura 64). Não foi verificado o padrão de separação da produção de biomassa como em outras espécies estudadas neste trabalho. Porém, houve tendência de investimento semelhante nos tratamentos de 0, 30 e 50% de sombra, com médias iguais a 9,0; 9,5 e 9,6 g, respectivamente, e, posterior redução até o nível de 70 % de sombra, com média igual a 7,8 g. Esse padrão de crescimento é bastante notável, pois ainda que o Trapiá seja normalmente considerado como uma espécie ribeirinha, os resultados deste trabalho parecem indicar uma espécie exigente em luz, ainda que de baixa capacidade de crescimento.

Figura 64. Massa seca total de mudas de trapiaí (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.8 PRODUÇÃO DE MASSA SECA TOTAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

Como pôde ser observado nos gráficos anteriores e na

Tabela 7, as condições de sombreamento que produzem a maior quantidade de biomassa são variáveis entre as espécies e, todas as espécies têm maior produção de biomassa em ambiente protegido, com perdas de produtividade em pleno sol (com relação ao sombreamento que proporciona a maior massa seca total máxima), que variam entre 8%, para o Trapiaí, até 73% para a Timbaúba, ocorrendo 40% ou mais de perda para 89% das espécies. Mesmo espécies com excelente adaptação ao ambiente e altas taxas de crescimento, como a Jurema-Branca e a Jurema-de-Embira apresentam esse comportamento.

Esse padrão de respostas leva a questionar duas coisas. Primeiro, que essas mudas serão levadas para o campo em condições de pleno sol, e isso limitará o crescimento pós transplantio e a consequente adaptação ao ambiente a ser recuperado, sendo um fator a ser somado às dificuldades de recuperação das áreas degradadas.

A segunda consideração a ser feita é que, se a hipótese que o ambiente protegido melhora o crescimento está correta, pode-se pensar em um design do plantio definitivo que proporcione a melhoria das condições microclimáticas.

Tabela 7. Nível de sombreamento estimado para produção máxima de MST, valor de MST projetado para o sombreamento estimado ideal, perda estimada e produtividade de MST nos níveis de sombreamento estudados em relação ao máximo estimado, e condições de sombreamento avaliadas como capazes de produção ótima de MST ($\geq -5\%$) para mudas de espécies arbóreas da Caatinga.

	Valores estimados						
Espécie	Sombreamento p/ MST máxima (%)	Máximo de MST (g)	Perda de MST com relação a MST máxima (%)				Sombreamento com menor perda de MST (%)
			0%	30%	50%	70%	
Angico	43,6	26,6	51	5	1	19	30-50
Aroeira	38,4	15,2	51	2	5	35	30-50
Cumarú	54,5	12,0	67	14	0	5	50-70
Juazeiro	41,3	10,5	54	4	2	26	30-50
Jucá	54,1	22,7	40	8	0	3	50-70
Jurema-Branca	49,6	22,2	60	9	0	10	50
Jurema-de-Embira	29,3	5,5	20	0	10	39	30
Mofumbo	49,8	10,5	47	7	0	8	50
Mororó	59,3	12,8	47	11	1	2	50-70
Pacotê*	70,0	38,6	62	30	13	0	70
Pajeú	61,6	29,0	71	19	3	1	50-70
Pau-Mocó	38,1	11,7	36	2	4	25	30-50
Pereiro	36,3	8,2	42	1	6	36	30-50
Sabiá	42,1	16,9	39	3	1	17	30-50
Timbaúba*	70,0	33,5	73	33	14	0	70
Trapiá	28,6	9,8	8	0	5	18	30-50

*Espécies com valores reais de MST máxima, pois os valores estimados ficaram acima da faixa de sombreamento estudada.

Diante dos resultados, as espécies florestais da Caatinga estudadas foram classificadas quanto a sua exigência em luz e sombra e produção de massa seca total (Tabela 8 e Tabela 9). Cabe observar que a data da análise destrutiva variou dependendo da espécie, então os valores indicados na Tabela 9 devem ser tomados com o devido cuidado, pois representam mudas com idade variando entre 73 e 116 DAR (ver Tabela 18).

Tabela 8. Classificação das espécies quanto ao nível de sombreamento para a produção máxima de massa seca total (MST).

Classificação quanto à MST	Espécie	Sombreamento para o máximo de MST (%)
Exigente em luz	Jurema-de-Embira	30

Exigente em luz, adaptável	Angico, Aroeira, Juazeiro, Pau-Mocó, Pereiro, Sabiá, Trapiá	30-50
Meia sombra	Jurema-Branca, Mofumbo	50
Exigente em sombra, adaptável	Cumarú, Jucá, Mororó, Pajeú	50-70
Exigente em sombra	Pacotê, Timbaúba	70

Tabela 9. Classificação das espécies quanto à capacidade de produção de massa seca (MST) em viveiro.

Padrão de crescimento em massa seca total	Espécie	Massa seca total aos 90-120 dias (gramas)
Muito Baixo	Jurema-de-Embira, Pereiro	<8,0
Baixo	Aroeira, Cumarú, Juazeiro, Mofumbo, Mororó, Pau-Mocó, Trapiá.	8,0-15
Médio	Jucá, Jurema-Branca, Sabiá,	15-22
Alto	Angico, Pacotê, Pajeú, Timbaúba	22-30

4.9 MASSA SECA DE RAIZ

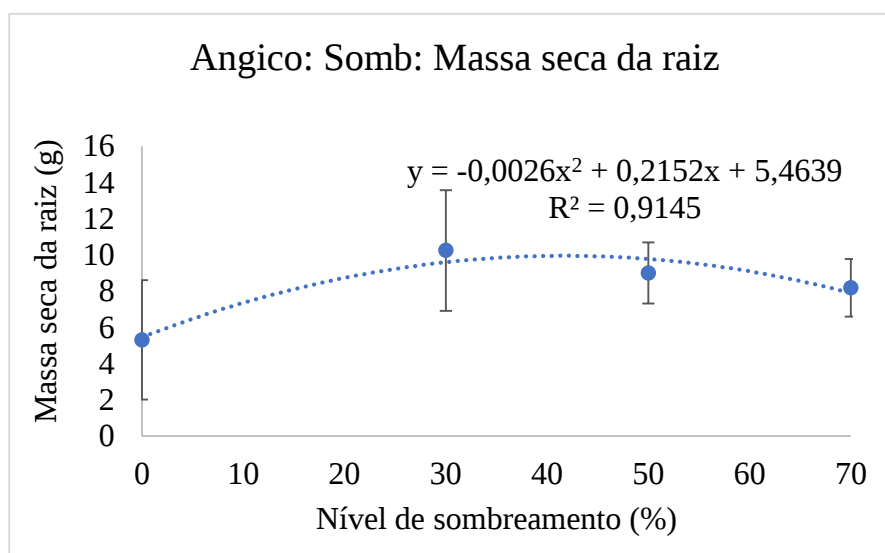
4.9.1 Angico (*Anadenanthera colubrina*)

Aos 87 DAR, a massa seca da raiz de plantas de Angico apresentou comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 65). A espécie demonstrou separação dos tratamentos em dois grupos, com as plantas de pleno sol (0%) apresentando baixa produção de raízes, com 5,3 g, e as mantidas nas taxas de sombra de 30, 50 e 70% com alta produção semelhante, atingindo 10,2; 9,0 e 8,2 g, respectivamente.

Assim como na massa seca total, a menor formação de raízes em plantas mantidas em pleno sol é justificada pelo processo de fotorrespiração ser maximizado em condições de altas temperaturas, diminuindo a captura e fixação do carbono e consequente redução da produção de biomassa. Enquanto em ambientes sombreados há maior umidade, temperaturas menores e menor incidência de vento favorecendo a carboxilação e acúmulo de fitomassa.

No entanto, a tendência de redução da massa seca da raiz em resposta ao aumento excessivo dos níveis de sombra pode ser atribuída a dois fenômenos fisiológicos. O primeiro é que em condições de sombra excessiva a planta pode priorizar o investimento de massa na parte aérea em detrimento da formação de raízes, com objetivo de potencializar a captura de luz e minimizar os efeitos negativos causados pela diminuição da luminosidade. Em outros casos quando ocorre a queda simultânea da produção das raízes e da parte aérea, pode ser indicativo de que a quantidade de luz disponível no ambiente não é suficiente para proporcionar o desenvolvimento da muda.

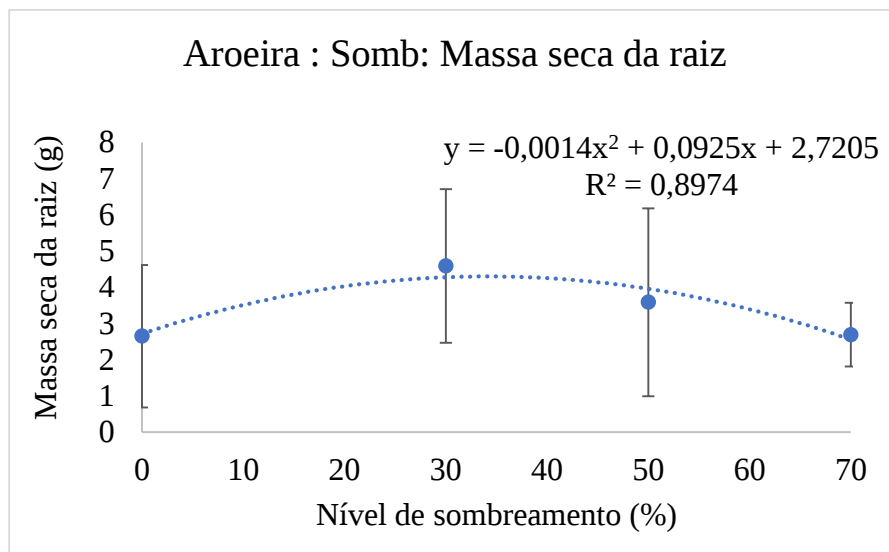
Figura 65. Massa seca da raiz de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.2 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

Passados 92 DAR, foi verificado efeito linear quadrático da massa seca da raiz de mudas de Aroeira em função do aumento da taxa de sombra (Figura 66). Verificou-se a tendência de formação de dois padrões de produção de biomassa, 0 e 70%, com médias iguais a 2,6 e 2,7 g, e os níveis de sombra de 30 e 50%, com 4,6 e 3,6 g, nesta ordem.

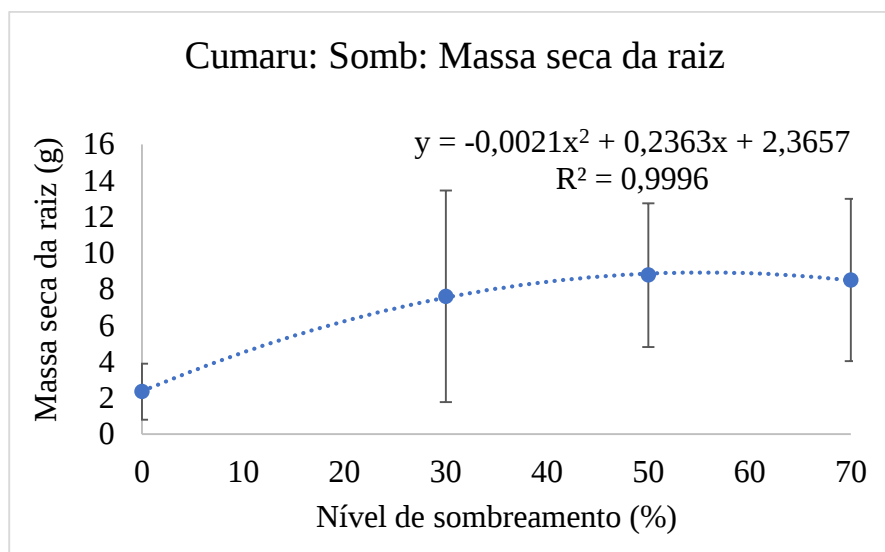
Figura 66. Massa seca da raiz de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.3 Cumaru (*Amburana cearensis*)

Aos 116 DAR, foi constatado comportamento linear quadrático da massa seca da raiz de mudas de Cumaru em resposta ao aumento da taxa de sombra (Figura 67). Houve separação dos tratamentos em dois grupos, com o tratamento de pleno sol (0%) apresentando baixa produção de biomassa (2,3 g) e as taxas de sombra de 30, 50 e 70% com alta produção, atingindo 7,6; 8,8 e 8,5 g, respectivamente.

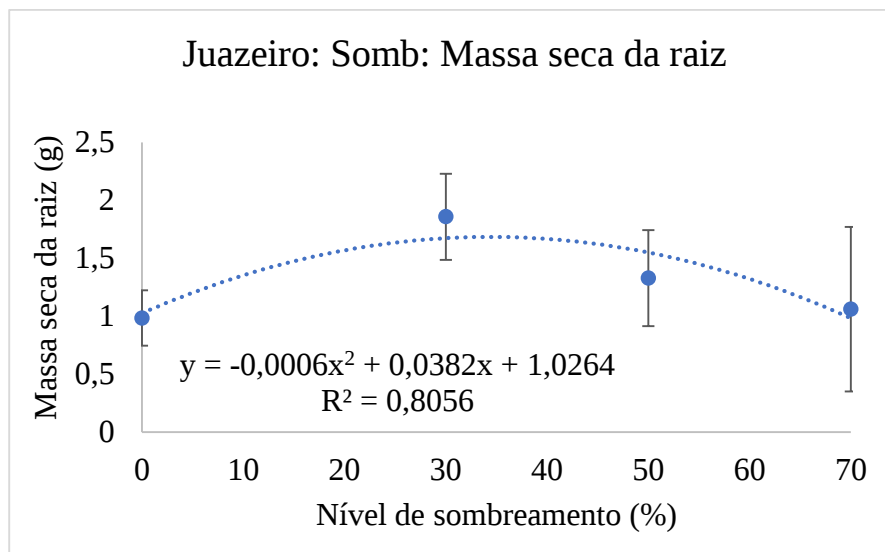
Figura 67. Massa seca da raiz de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.4 Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

Passados 84 DAR, as mudas de Juazeiro apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 68). Não foi observado separação dos tratamentos no padrão de produção de massa seca, como apresentado por outras espécies. Porém, houve tendência de maior produção de raízes no tratamento de 30%, com valor médio igual a 1,8 g. Nos demais tratamentos os valores médios obtidos foram: 1,8; 1,3 e 1,1 g.

Figura 68. Massa seca da raiz de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

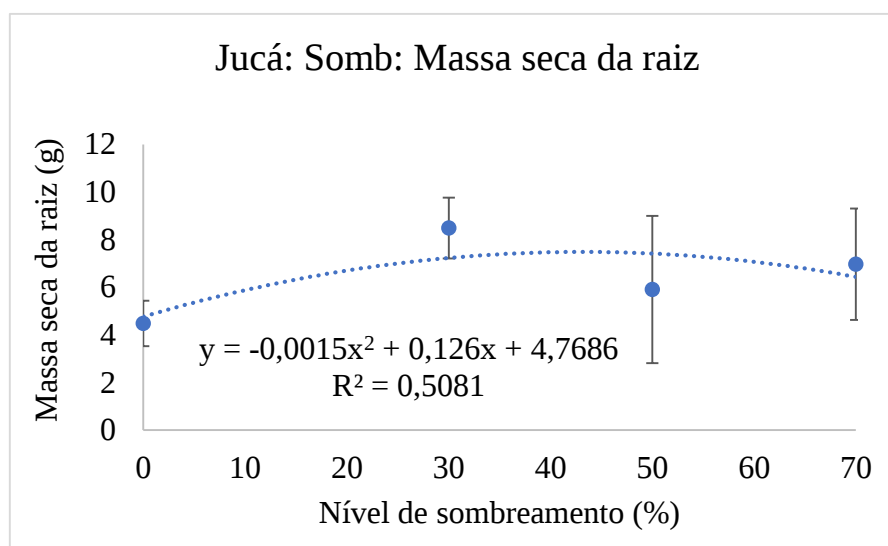


4.9.5 Jucá (*Libidibia ferrea*)

Após 88 DAR, a massa seca da raiz de plantas de Jucá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos crescentes níveis de sombreamento (

Figura 69). O padrão de agrupamento da produção de biomassa em duas classes é novamente observado, 0 e 50%, com médias iguais a 4,5 e 5,9 g, e o segundo grupo com os demais tratamentos (30 e 70%), com valores de 8,5 e 7 g.

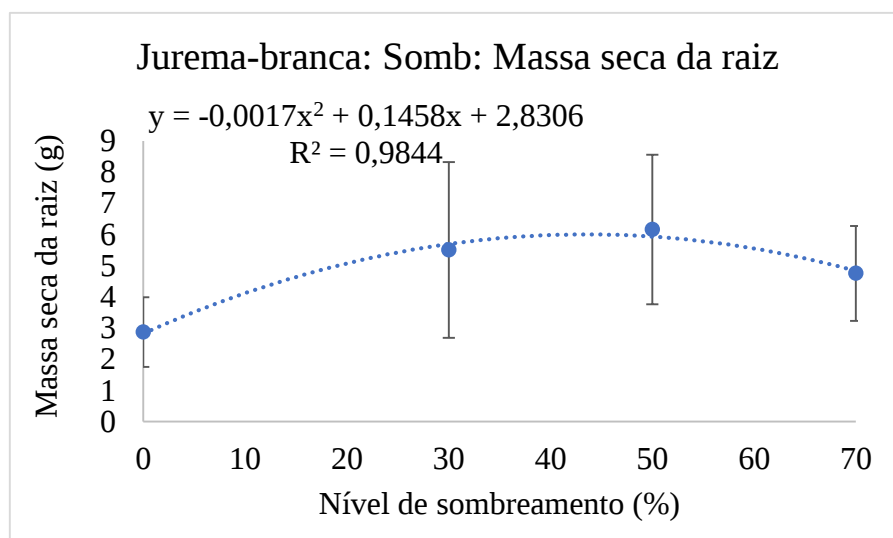
Figura 69. Massa seca da raiz de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.6 Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

Após 92 DAR, as plantas jovens de jurema-branca apresentaram comportamento linear quadrático em função aos níveis crescente de sombra (Figura 70). Também se verificou a segregação dos tratamentos em dois padrões de acúmulo de biomassa, onde o pleno sol (0%) obteve a menor média, com 2,9 g, e os demais tratamentos (30, 50 e 70%), proporcionaram as maiores médias: 5,5; 6,2 e 4,7 g.

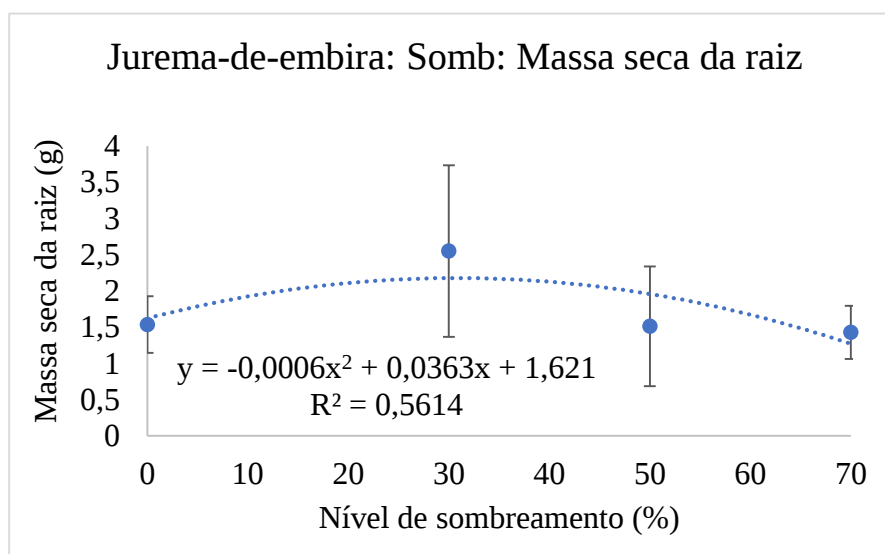
Figura 70. Massa seca da raiz de mudas de jurema-de-embira (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.7 Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

Após 73 DAR, a massa seca da raiz de plantas de Jurema-de-embira apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis de sombreamento (Figura 71). A espécie apresentou baixa produção de biomassa e, por isso, não foi observado separação no padrão de investimento, como ocorreu nas outras espécies. Contudo, houve tendência de maior produção em plantas produzidas em ambiente com taxa de 30% de sombra (2,5 g). Nos demais tratamentos (0, 50 e 70%), foram obtidas as seguintes médias 1,5; 1,5 e 1,4 g.

Figura 71. Massa seca da raiz de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

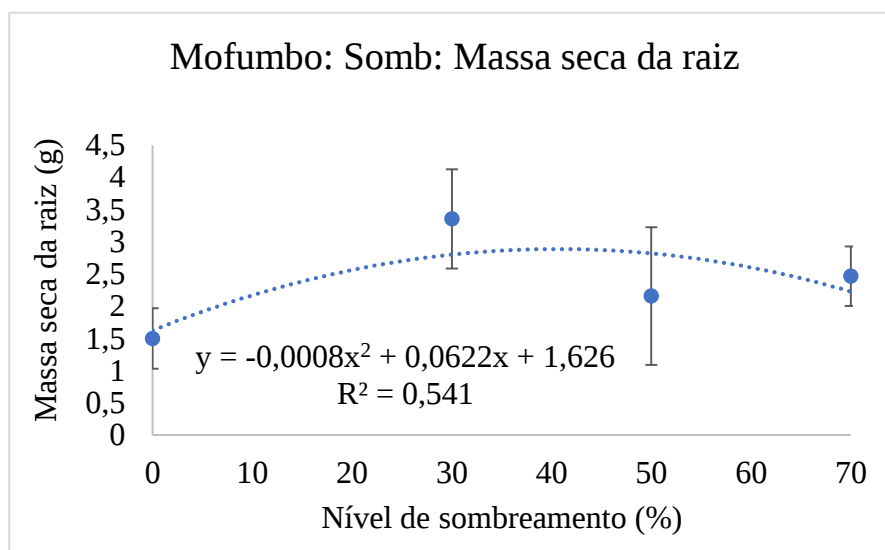


4.9.8 Mofumbo (*Combretum leprosum*)

Passados 92 DAR, as mudas de Mofumbo produzidas em diferentes níveis de sombreamento demonstraram comportamento linear quadrático (

Figura 72). Nessa espécie não houve separação expressiva dos tratamentos em padrões de produção de raízes. No entanto, foi possível verificar tendência de maior investimento em raízes em plantas mantidas no tratamento com 30% de sombra, 3,3 g. Os demais tratamentos obtiveram as seguintes médias: 1,5 (0%); 2,1 (50%) e 2,5 g.

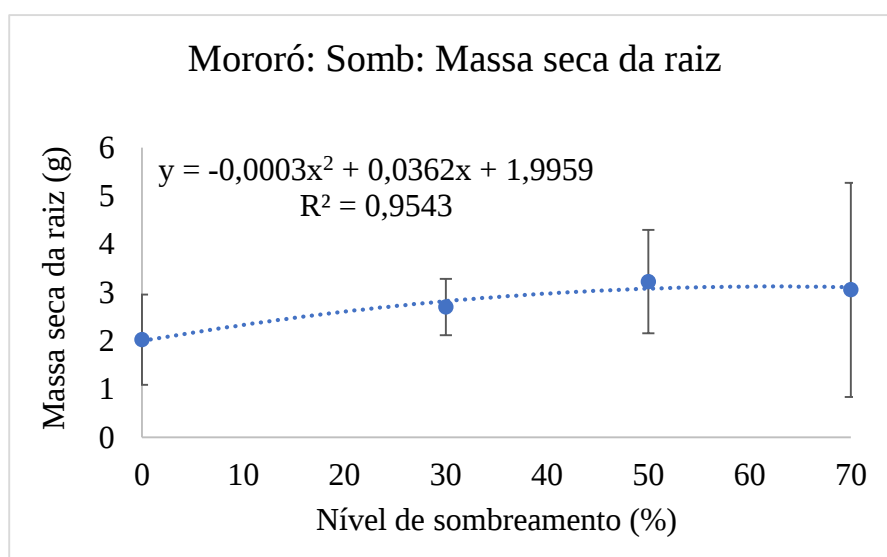
Figura 72. Massa seca da raiz de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.9 Mororó (*Bauhinia forficata*)

Após 92 DAR, a massa seca da raiz de plantas de Mororó apresentou comportamento linear quadrático em função dos níveis crescentes de sombra (Figura 73). Como observado no Mofumbo, não houve separação dos tratamentos em grupos. Houve tendência de maior investimento em raiz nas plantas mantidas em ambiente com 50% de sombra, obtendo média igual a 3,2 g. Os demais tratamentos proporcionaram os seguintes valores: 2,0 (0%); 2,7 (30%) e 3,0 (70%) g.

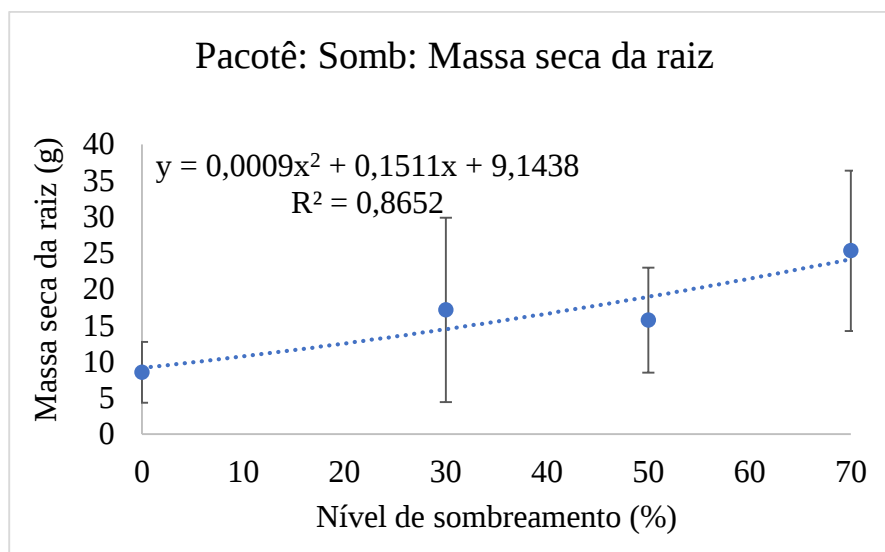
Figura 73. Massa seca da raiz de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.10 Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

Passados 84 DAR, as plantas de Pacotê apresentaram comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescente de sombra (**Figura 74**). Foi verificado tendência de agrupamento dos tratamentos em três classes de produção de biomassa: o primeiro composto pelo pleno sol (0%), com média de 8,5 g, o segundo com os tratamentos 30 e 50%, com produção média de 17,1 e 15,7 g, e o terceiro apresentado pelo sombreamento de 70%, obtendo 25,3 g.

Figura 74. Massa seca da raiz de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

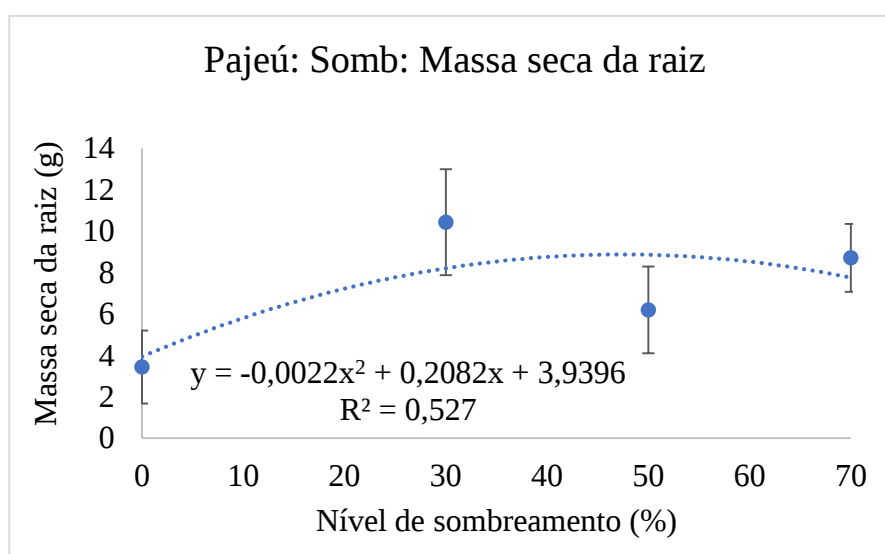


4.9.11 Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

Aos 84 DAR, as mudas de Pajeú apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento do sombreamento (

Figura 75). Como para o Pajeú também ocorre o padrão de dois grupos de acúmulo de fitomassa, 0%, com média de 3,4 g, e o segundo grupo com os outros tratamentos (30, 50 e 70%), com médias de 10,4; 6,2 e 8,7 g, nesta ordem.

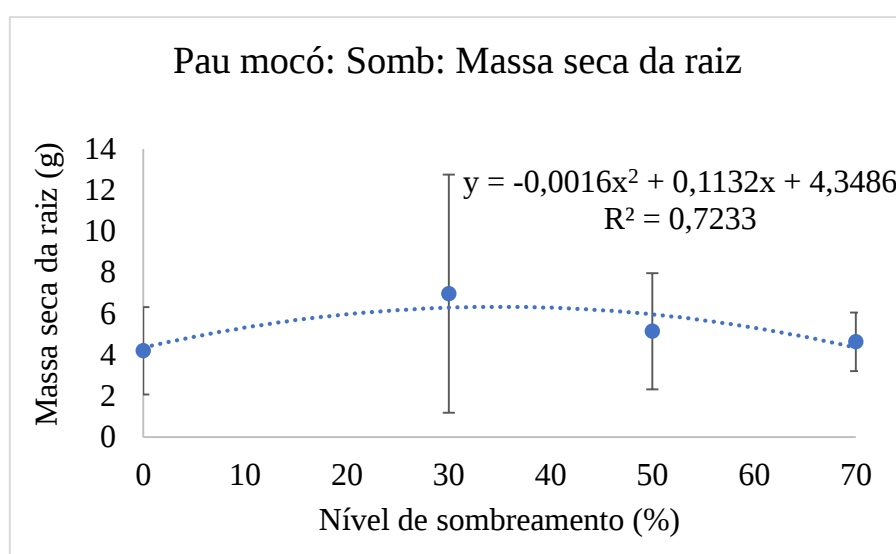
Figura 75. Massa seca da raiz de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.12 Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

Após 86 DAR, a massa seca da raiz de plantas de Pau-mocó apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (**Figura 76**). Nesta espécie não ocorreu separação expressiva dos tratamentos na produção de biomassa. No entanto, houve tendência de maior investimento em mudas produzidas em ambientes com 30% de sombra, com média igual a 7,0 g. Nos demais tratamentos (0, 50 e 70%) as médias obtidas foram: 4,2; 5,1 e 4,6 g.

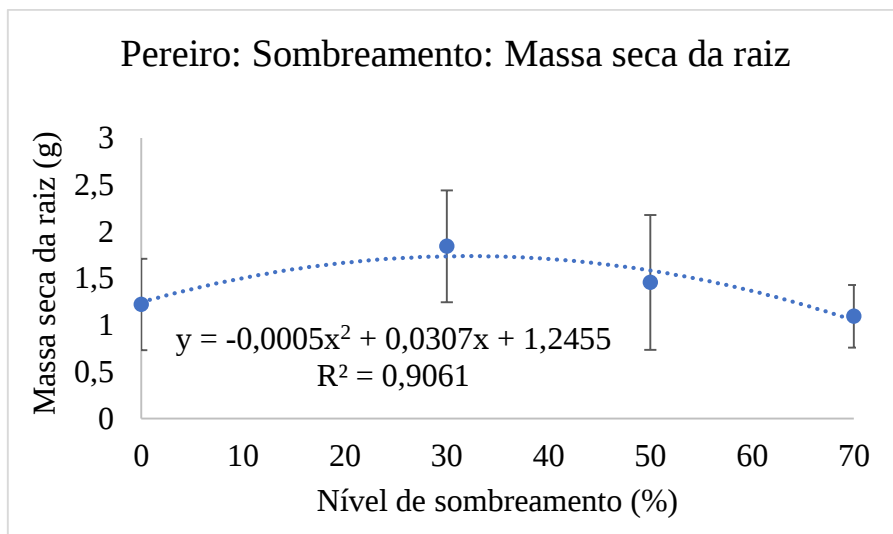
Figura 76. Massa seca da raiz de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.13 Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

Aos 86 DAR, as mudas de Pereiro apresentaram efeito linear quadrático para massa seca da raiz em função do aumento do nível de sombreamento (**Figura 77**). Assim como no Pau-mocó, nessa espécie não foi observado separação do padrão de produção de biomassa. Porém, as plantas do tratamento de 30% de sombra apresentaram maior formação de raízes, 1,8 g. Os outros tratamentos obtiveram 1,2 (0%); 1,4 (50%) e 1,1 (70%) g.

Figura 77. Massa seca da raiz de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.

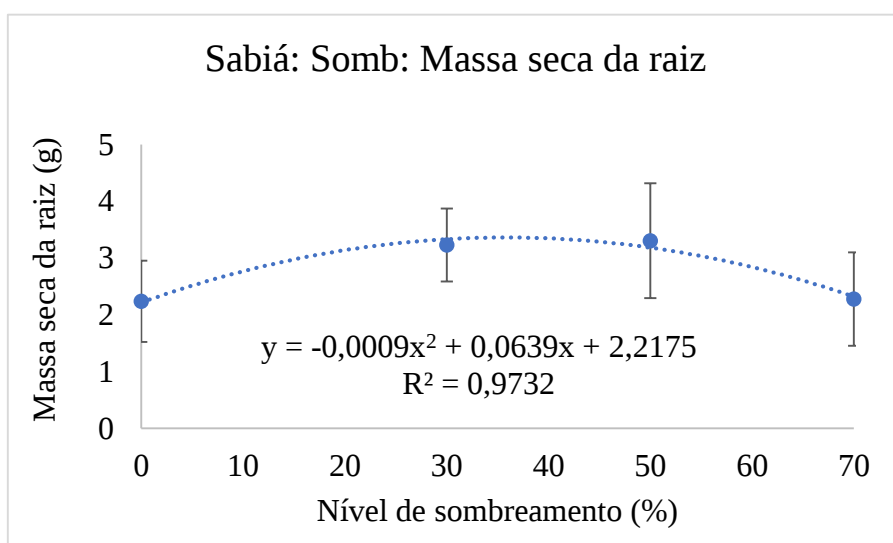


4.9.14 Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

Após 108 DAR, a massa seca da raiz de mudas de Sabiá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (

Figura 78). Novamente não foi verificada a separação dos tratamentos em padrões de produção de raízes. As maiores médias foram obtidas nos tratamentos de 30 e 50%, 3,2 e 3,3 g, respectivamente. Enquanto no pleno sol (0%) e em 70% de sombra, atingiram 2,2 g.

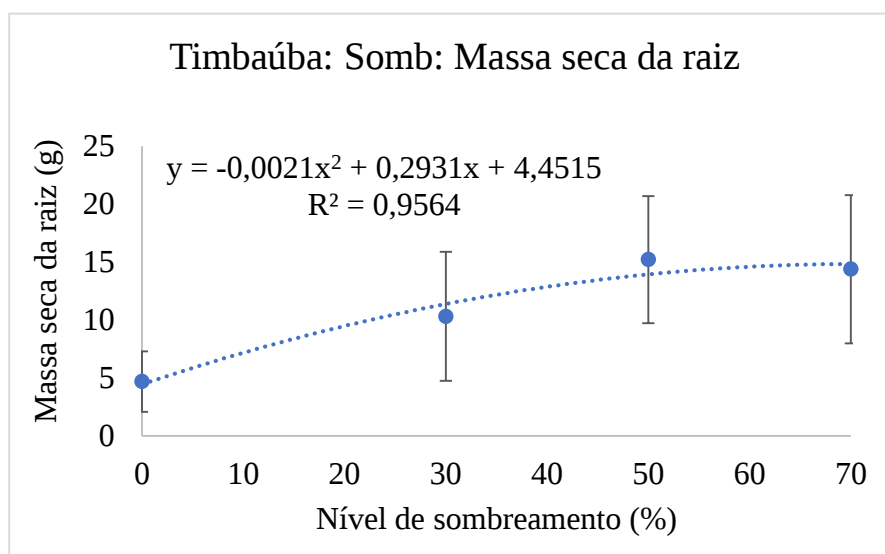
Figura 78. Massa seca da raiz de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.15 Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

Passados 90 DAR, as plantas de Timbaúba apresentaram comportamento linear quadrática em função de níveis crescentes de sombra (Figura 79). Para essa espécie se observam três padrões de produção de biomassa, 0%, com média de 4,7 g, 30%, com média de 10,3 g, e o terceiro grupo com os demais tratamentos (50 e 70%), com valores iguais a 15,2 e 14,4 g.

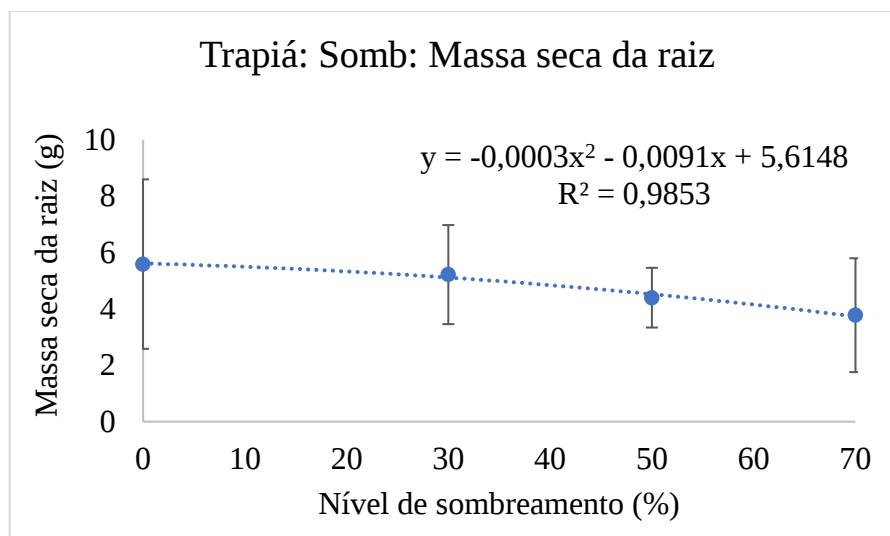
Figura 79. Massa seca da raiz de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.9.16 Trapiá (*Crataeva tapia*)

Aos 116 DAR, as mudas de Trapiá apresentaram comportamento linear quadrático para massa seca da raiz em resposta aos diferentes níveis de sombreamento (Figura 64). Houve tendência de redução na formação de raízes de acordo com o aumento da taxa de sombra. O tratamento de pleno sol (0%) proporcionou a maior média, 5,6 g, seguido dos demais tratamentos (30, 50 e 70%) com as seguintes médias: 5,2; 4,4 e 3,8 g. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que as plantas em ambientes sombreados direcionaram a produção de massa em maior quantidade para a parte aérea, diminuindo a produção de raízes.

Figura 80. Massa seca da raiz de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.10 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA RAIZ DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

Na Tabela 10 verifica-se o comportamento das espécies em relação a produção de massa seca da raiz. Todas as espécies, com exceção do Trapiá, apresentaram maior investimento em raízes nos ambientes sombreados e menor formação em pleno sol (0%), quando comparados ao sombreamento, que proporcionou a maior massa seca, com redução variando de 25%, para a Jurema-de-embira, até 74% para o Cumaru. Apenas o Trapiá obteve maior investimento em raiz no tratamento de 0% de sombra.

De maneira geral, espera-se que as plantas com maior quantidade proporcional de raízes sejam mais vigorosas e mais resistentes às condições pós plantio, principalmente quando são utilizadas para a recuperação de área degradadas, pois permitirão uma maior absorção de água e nutrientes, estratégia que garantiria à planta capacidade de suportar taxas mais elevadas de fotossíntese e transpiração em ambientes mais iluminados (SILVA et al. 2007), refletindo diretamente na taxa de sobrevivência em campo.

Tabela 10. Produção máxima estimada de biomassa seca de raízes e condições ideais de sombreamento para espécies arbóreas da Caatinga em experimento em viveiro.

	Valores estimados						
Espécie	Sombreamento p/ MSR máxima (%)	Máximo de MSR (g)	Perda de MSR com relação a MSR máxima (%)				Sombreamento com menor perda de MST (%)
			0%	30%	50%	70%	
Angico	41,4	9,9	45	3	2	21	30-50
Aroeira	33,0	4,2	36	0	9	45	30
Cumaru	56,3	9,0	74	16	1	4	50-70
Juazeiro	31,8	1,6	37	0	12	53	30
Jucá	42,0	7,4	36	3	1	16	30-50
Jurema-Branca	42,9	6,0	52	5	1	21	30-50
Jurema-de-Embira	30,3	2,2	25	0	11	44	30
Mofumbo	38,9	2,8	43	2	3	27	30-50
Mororó	60,3	3,1	35	9	1	1	50-70
Pacotê	70,0	24,1	62	40	21	0	70
Pajeú	47,3	8,9	56	7	0	13	30-50
Pau-Mocó	35,4	6,4	32	1	5	30	30-50
Pereiro	30,7	1,7	27	0	11	45	30
Sabiá	35,5	3,4	34	1	6	32	30-50
Timbaúba	70,0	14,7	70	23	6	0	50-70
Trapiá	0,0	5,6	0	10	21	38	0

A

Tabela 11 propõe uma classificação das espécies estudadas de acordo com os valores estimados do quociente entre a massa seca da parte aérea e da raiz (MSPA/MSR). Este índice é utilizado como indicador de qualidade de mudas por revelar se há um crescimento equilibrado entre as partes, já que a massa aérea das mudas não deve ser muito superior à massa seca de raízes, o que pode ocasionar possíveis problemas na sustentação das plantas e/ou na absorção de água pela raiz (CALDEIRA et al., 2013). Nesse sentido, a literatura sugere que a relação parte área e raiz nas mudas deve ser de 2:1 (CALDEIRA et al., 2008).

A partir dos resultados, propõe-se a classificação das espécies quanto à produção de massa seca de raízes máxima em função dos níveis de sombreamento (Tabela 12).

Tabela 11. Classificação das espécies quanto à relação estimada entre massa seca da parte aérea e da raiz (MSPA/MSR).

Proporção entre MSPA e MSR	Produção proporcional de raízes	Espécie	MSPA/MSR aos 90-120 dias
Muito Baixa	Muito Alta	Cumaru, Pacotê, Pau-Mocó, Timbaúba, Trapiá	<1,0
Baixa	Alta	Angico, Jurema-de-Embira,	1 a 2
Moderada	Moderada	Aroeira, Jucá, Jurema-Branca, Mofumbo, Pajeú,	2 a 3
Alta	Baixa	Juazeiro, Mororó, Pereiro, Sabiá,	>3

Tabela 12. Classificação das espécies quanto às condições de sombreamento adequadas para a produção máxima de massa seca da raiz (MSR).

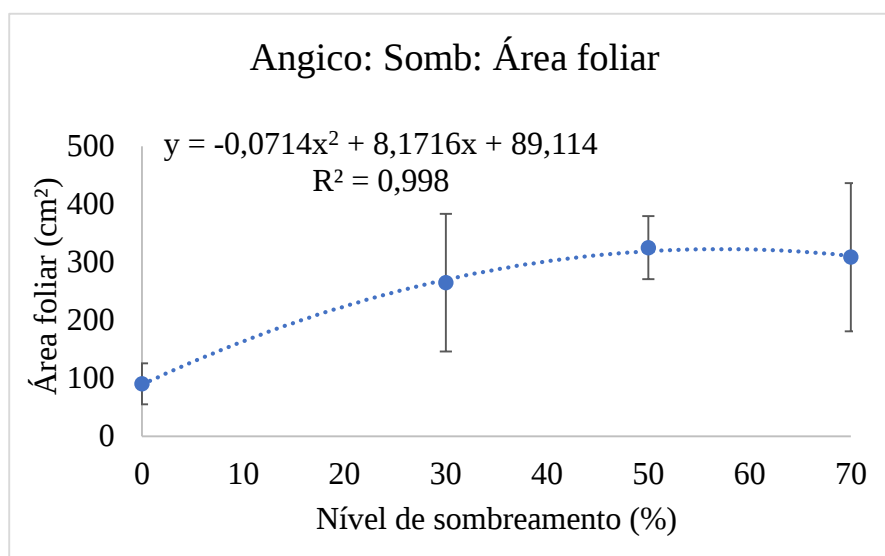
Classificação quanto à MSR	Espécie	Sombreamento para o máximo de MSR (%)
Muito Exigente em Luz	Trapiá	0
Exigente em luz	Aroeira, Juazeiro, Jurema-de-Embira, Pereiro	30
Exigente em luz, adaptável	Angico, Aroeira, Juazeiro, Jucá, Jurema-Branca, Mofumbo, Pajeú, Pau-Mocó, Sabiá	30-50
Meia sombra	Jurema-Branca, Mofumbo	50
Exigente em sombra, adaptável	Cumaru, Mororó, Timbaúba,	50-70
Exigente em sombra	Pacotê	70

4.11 ÁREA FOLIAR

4.11.1 Angico (*Anadenanthera colubrina*)

Aos 87 DAR, a área foliar de plantas de Angico apresentou comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 81). A espécie demonstrou separação dos tratamentos em dois grupos, com as plantas de pleno sol (0%) apresentando pequena área foliar, com 90,3 cm², e as mantidas nas taxas de sombra de 30, 50 e 70% com grande área foliar, atingindo 264,8; 325,3 e 308,8 cm², respectivamente.

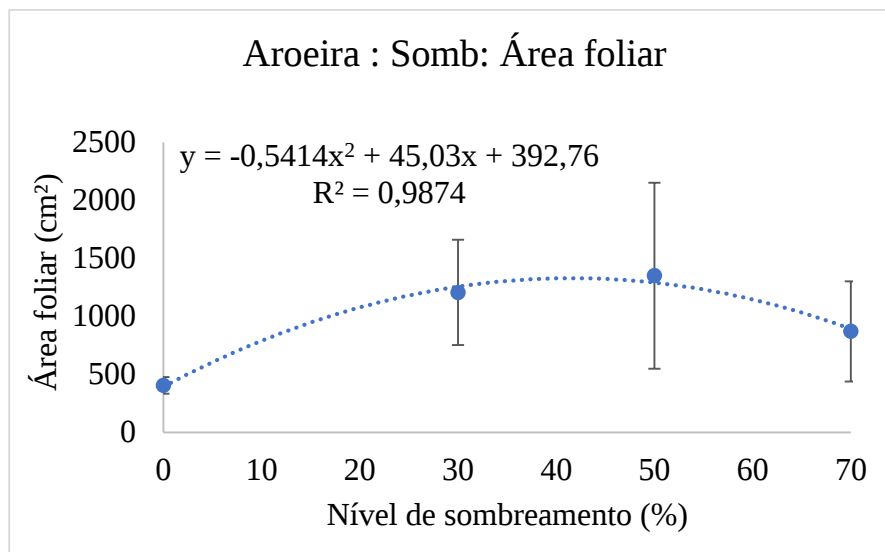
Figura 81. Área foliar de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.2 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

Passados 92 DAR, foi verificado efeito linear quadrático da área foliar de mudas de Aroeira em função do aumento da taxa de sombra (Figura 82). Verificou-se tendência de formação de três padrões de produção de biomassa, 0%, com 404,2 cm², 70%, com 870,6 cm² e os níveis de sombra de 30 e 50%, com 1206,4 e 1350,8 cm², nesta ordem.

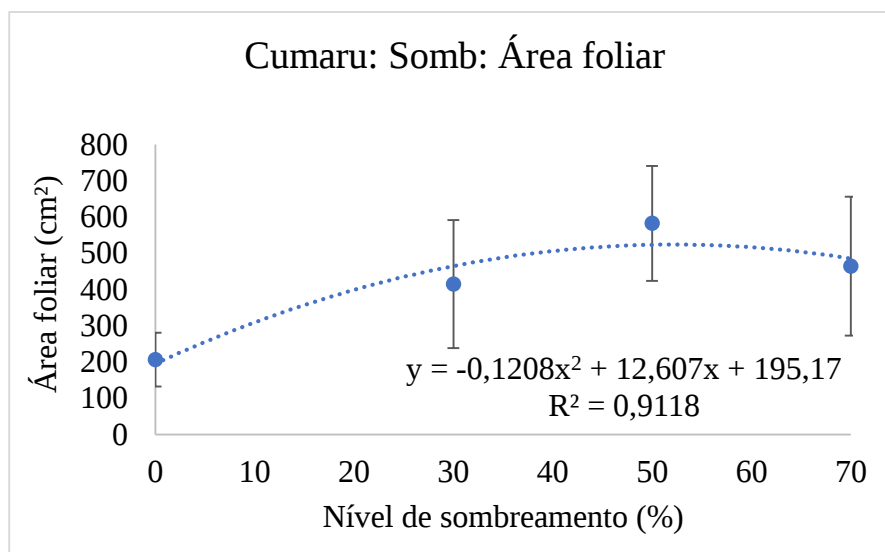
Figura 82. Área foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.3 Cumaru (*Amburana cearensis*)

Aos 116 DAR, foi constatado comportamento linear quadrático da área foliar de mudas de Cumaru em resposta ao aumento da taxa de sombra (**Figura 83**). Houve separação dos tratamentos em dois grupos, pleno sol (0%), com 206,5 cm², e as taxas de sombra de 30, 50 e 70% atingindo 415,2; 582,7 e 464,4 cm², respectivamente.

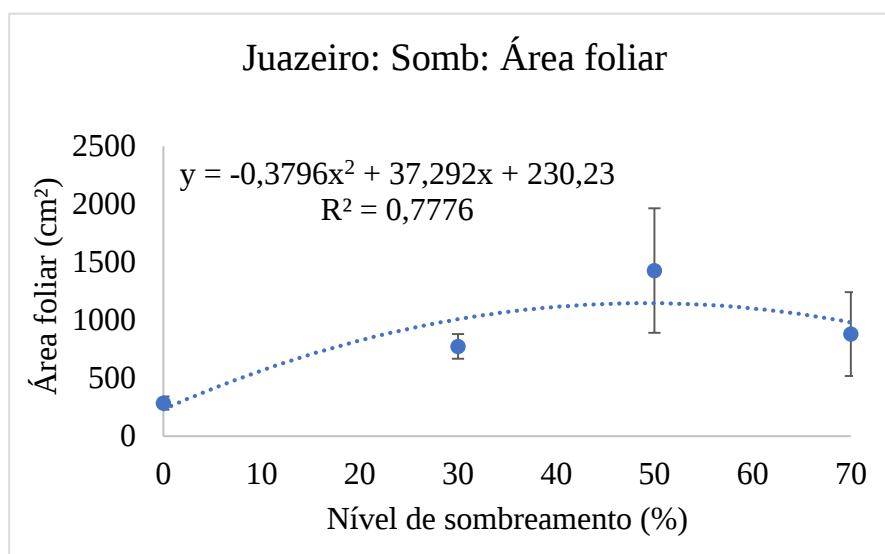
Figura 83. Área foliar de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.4 Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

Passados 84 DAR, as mudas de Juazeiro apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (**Figura 84**). Novamente foi observado separação dos tratamentos em três padrões de área foliar, 0%, com média de 283,7 cm², 30 e 70%, com 773,1 e 880,2 cm², e 50% com a maior média, 1426,8 cm².

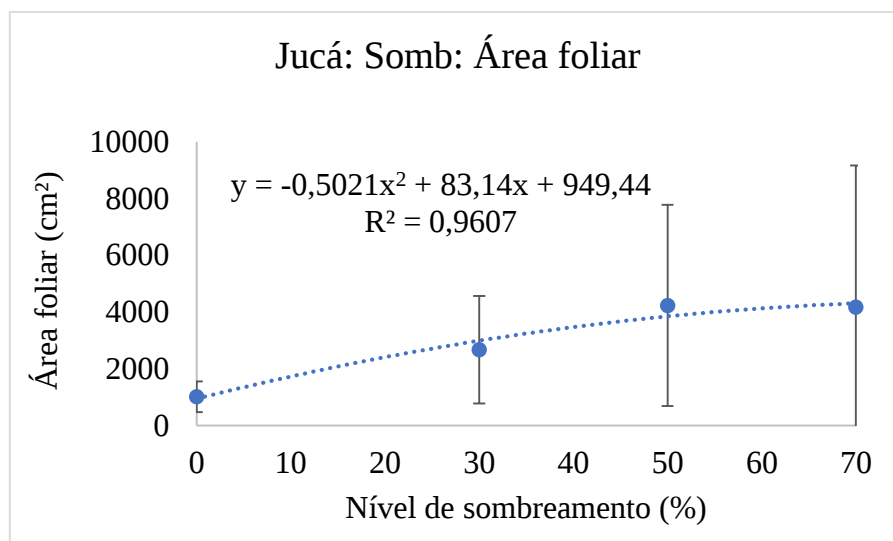
Figura 84. Área foliar de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.5 Jucá (*Libidibia ferrea*)

Após 88 DAR, a área foliar de plantas de Jucá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos crescentes níveis de sombreamento (Figura 85). O padrão de agrupamento da área foliar em três classes é novamente observado, 0%, com 1022,3 cm², 30%, com 2673,0 cm², e 50 e 70%, com médias iguais a 4233,7 e 4172,3 cm².

Figura 85. Área foliar de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



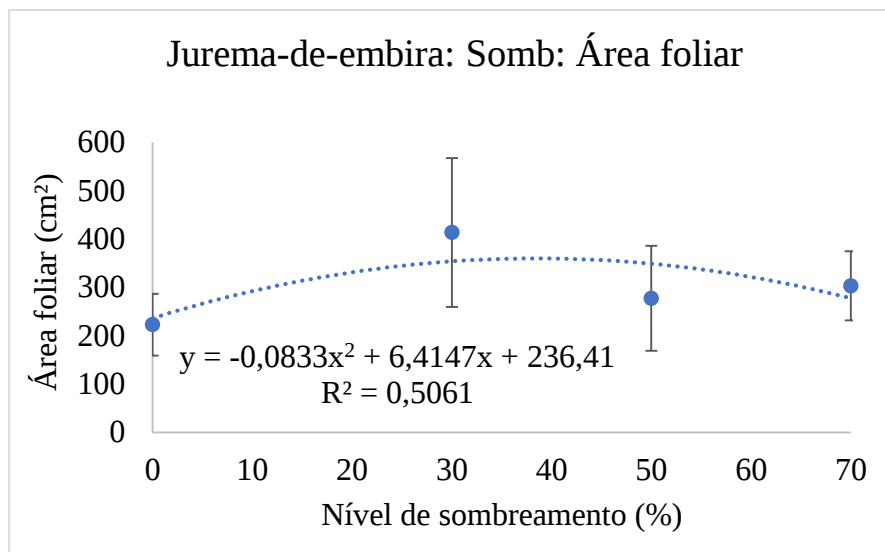
4.11.6 Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

Os dados da área foliar da Jurema-branca foram perdidos, portanto, não foi possível obter os resultados.

4.11.7 Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

Após 73 DAR, a área foliar de plantas de Jurema-de-embira apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis de sombreamento (Figura 86). Foi observado separação dos tratamentos em dois grupos de área foliar, como ocorreu em outras espécies. Houve tendência de maior produção em plantas produzidas em ambiente com taxa de 30% de sombra: 413,7 cm². Nos demais tratamentos (0, 50 e 70%), foram obtidas as seguintes médias: 222,7; 277,3 e 303,0 cm².

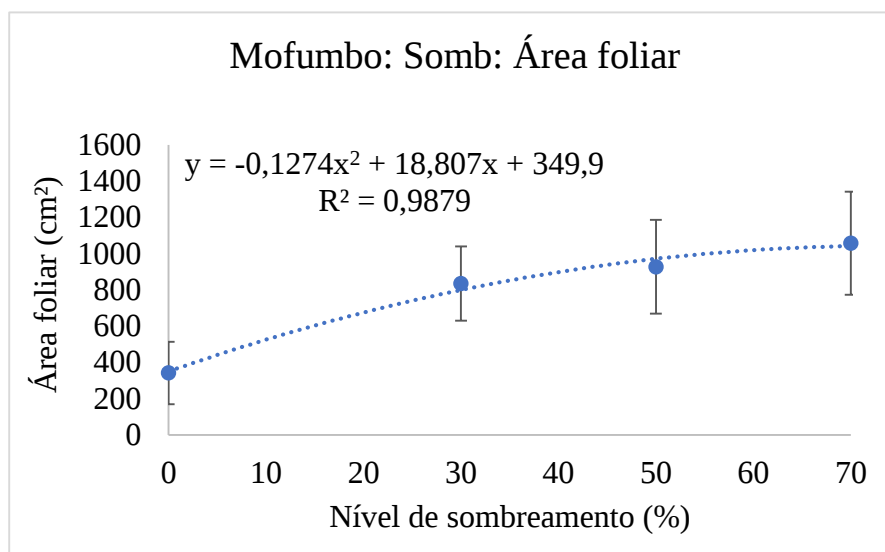
Figura 86. Área foliar de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.8 Mofumbo (*Combretum leprosum*)

Passados 92 DAR, as mudas de Mofumbo produzidas em diferentes níveis de sombreamento demonstraram comportamento linear quadrático (Figura 87). Nessa espécie também é verificada tendência de separação dos tratamentos em padrões de área foliar, com o aumento dos valores nas maiores taxas de sombra. As plantas produzidas em pleno sol (0%) obtiveram a menor média, 341,5 cm², e os demais tratamentos (30, 50 e 70%) alcançaram 836,0; 928,0 e 1057,9 cm².

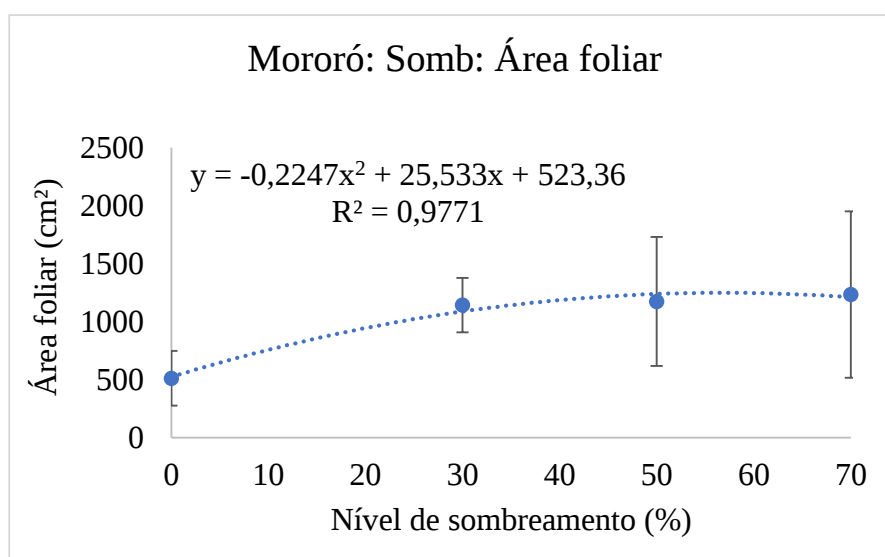
Figura 87. Área foliar de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.9 Mororó (*Bauhinia forficata*)

Após 92 DAR, a área foliar de plantas de Mororó apresentou comportamento linear quadrático em função dos níveis crescentes de sombra (Figura 88). Como observado no Mofumbo, houve separação dos tratamentos em dois grupos. Houve tendência de maior investimento em área foliar nas plantas mantidas em ambiente com 30, 50 e 70% de sombra, obtendo médias iguais a 1141,3; 1173,2 e 1232,9 cm². O tratamento pleno sol obteve 511,0 cm².

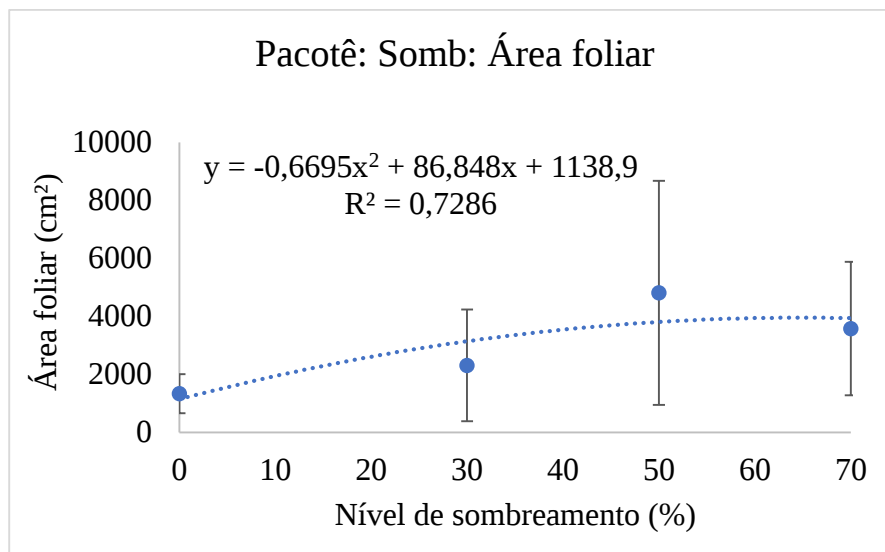
Figura 88. Área foliar de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.10 Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

Passados 84 DAR, as plantas de Pacotê apresentaram comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescente de sombra (Figura 89). Foi verificado tendência de agrupamento dos tratamentos em duas classes de área foliar: o primeiro composto pelo pleno sol (0%) e o sombreamento de 30%, com médias iguais a 1329,8 e 2306,3 cm², e o segundo com os tratamentos 50 e 70%, com produção média de 4810,1 e 3579,6 cm².

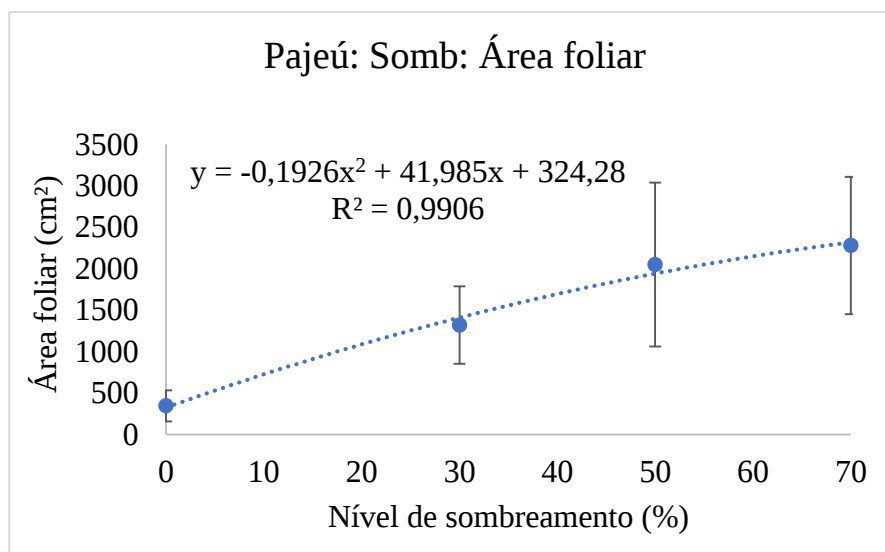
Figura 89. Área foliar de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.11 Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

Aos 84 DAR, as mudas de Pajeú apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento do sombreamento (Figura 90). Com o Pajeú também ocorre o padrão de três grupos de área foliar, 0%, com média de 344,7 cm², 30%, com 1320,9 cm² e 50 e 70% com 2049,6 e 2281,3 cm², respectivamente.

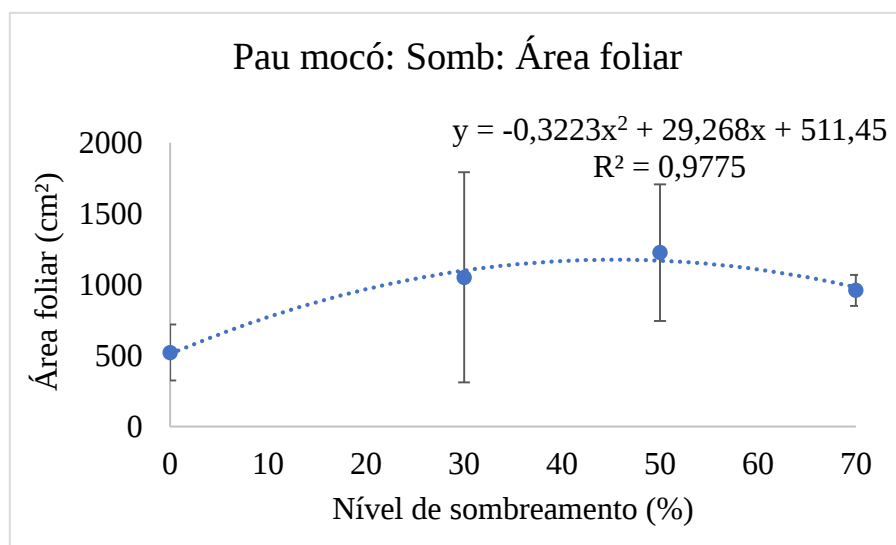
Figura 90. Área foliar de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.12 Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

Após 86 DAR, a área foliar de plantas de Pau-mocó apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 91). Novamente se verificou separação dos tratamentos em dois grupos de produção de área foliar. As taxas de sombra de 30, 50 e 70% obtiveram comportamento semelhante, com médias iguais a 1051,8; 1226,2 e 960,5 cm². As plantas mantidas em pleno alcançaram média de 522,3 cm².

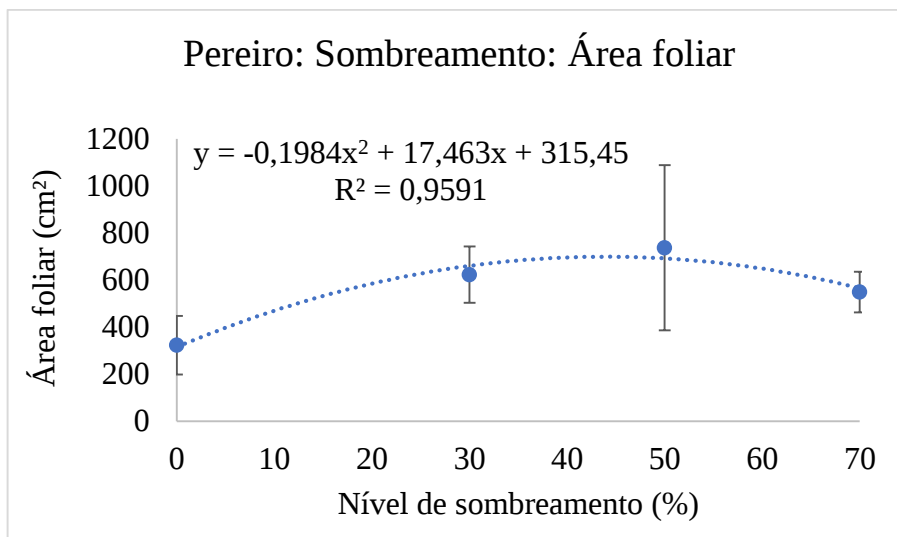
Figura 91. Área foliar de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.13 Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

Aos 86 DAR, as mudas de Pereiro apresentaram efeito linear quadrático para área foliar em função do aumento do nível de sombreamento (Figura 92). Foi observado separação do padrão de área foliar em dois grupos, 0%, com média de 324,0 cm², e os outros tratamentos (30, 50 e 70%) com médias iguais a 623,4; 737,4 e 549,7 cm².

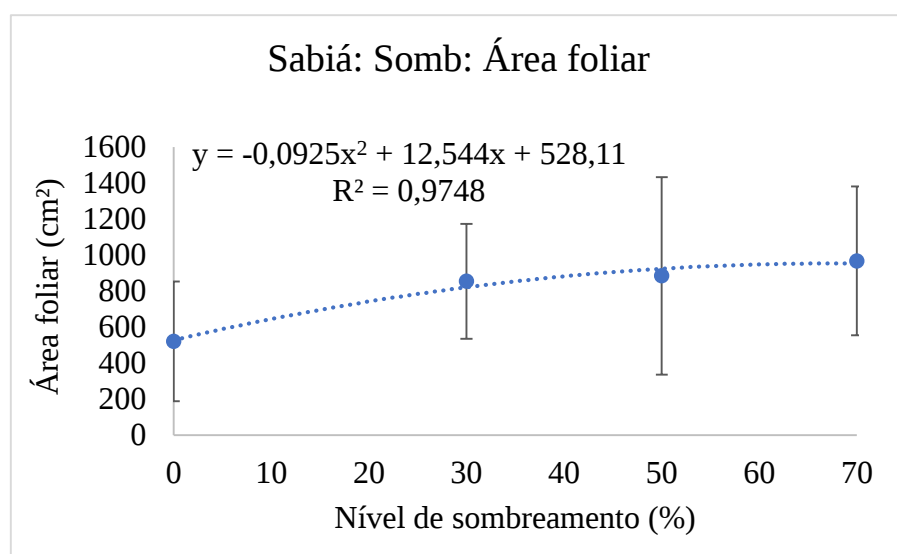
Figura 92. Área foliar de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.14 Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

Após 108 DAR, a área foliar de mudas de Sabiá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 93). Também foi verificada a separação dos tratamentos em dois padrões de área foliar. As maiores médias foram obtidas nos tratamentos de 30, 50 e 70%: 854,3; 884,5 e 967,3 cm², respectivamente. Enquanto a pleno sol (0%) obteve média igual a 520,5 cm².

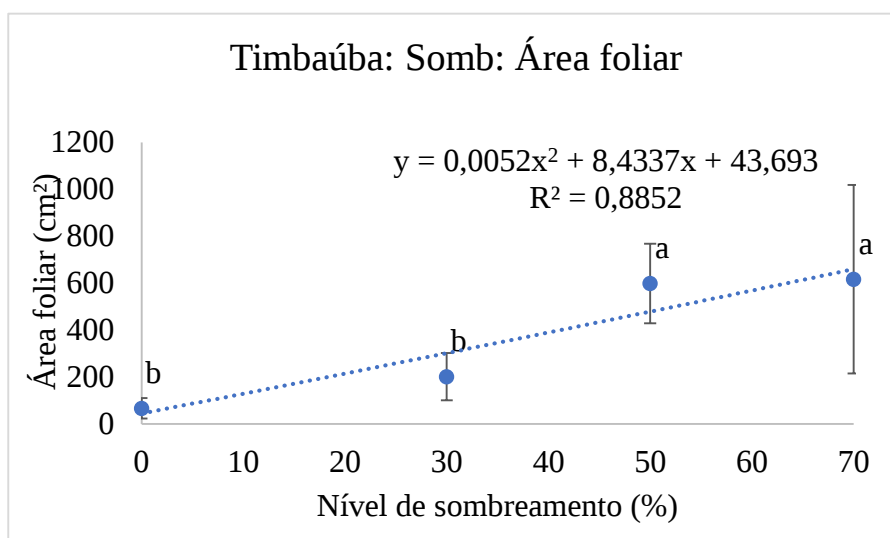
Figura 93. Área foliar de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.15 Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

Passados 90 DAR, as plantas de Timbaúba apresentaram comportamento linear quadrática em função de níveis crescentes de sombra (Figura 94). Para essa espécie se observam três padrões de área foliar, 0%, com média de 66,6 cm², 30%, com média de 201,3 cm², e o terceiro grupo com os demais tratamentos (50 e 70%), com valores iguais a 598,5 e 616,7 cm².

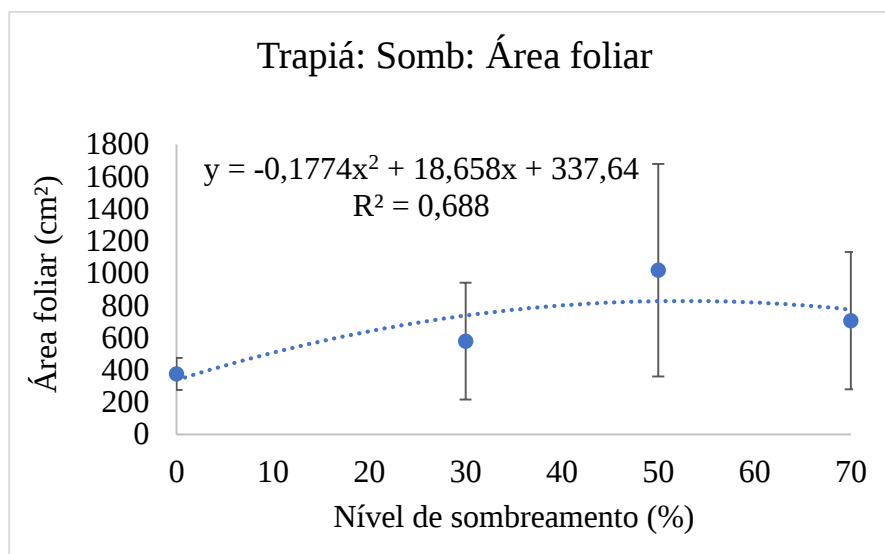
Figura 94. Área foliar de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.11.16 Trapiá (*Crataeva tapia*)

Aos 116 DAR, as mudas de Trapiá apresentaram comportamento linear quadrático para área foliar em resposta aos diferentes níveis de sombreamento (Figura 95). Houve tendência de formação de três padrões de área foliar. O tratamento de pleno sol (0%) proporcionou a menor média, 374,1 cm², seguido das taxas de sombra de 30 e 70% com médias iguais a 578,0 e 705,9 cm² e o tratamento de 50% com a maior média, 1018,7 cm².

Figura 95. Área foliar de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.12 ÁREA FOLIAR DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

A folha é o órgão da planta responsável pela fotossíntese, e a fotossíntese é responsável pela produção de matéria orgânica (ou massa seca). Então, em uma planta equilibrada, o aumento da produção de matéria seca deve estar diretamente relacionado com o aumento da área foliar.

Porém, quando a intensidade de radiação não é suficiente para sustentar o crescimento em massa seca (sombra excessiva), muitas espécies de plantas mudam o padrão de crescimento, mudando a alocação de biomassa, e destinando maior percentagem dos seus recursos para o aumento da área foliar, na tentativa de aumentar a captação de luz, havendo um “ajustamento morfológico”, fenômeno conhecido como “estiolamento” ou “fuga da sombra”.

Às vezes esse ajuste é suficiente para manter a produção de matéria seca, mas mesmo mantendo a MST, costuma ocorrer detrimento do crescimento de raízes e mudança do padrão de crescimento do caule, que fica mais alongado (maior H) e mais fino (menor DC). As folhas estioladas são maiores, mais finas, mais verdes, porém têm menor densidade estomática, cutícula mais fina, menor tolerância a estresses oxidativos, e são menos produtivas e menos tolerantes a ambientes com muita luminosidade, altas temperaturas e baixa umidade (condições ambientais características da Caatinga, principalmente da Caatinga degradada).

Por causa disso, o produtor de mudas para recuperação da Caatinga deve evitar condições de luminosidade que provoquem o estiolamento, mesmo que a produção de MST seja alta, pois as mudas produzidas, apesar de serem mais altas, com bastante enfolhamento e mais verdes,

são menos robustas, e têm menos chances de sobreviver quando transplantadas para a o seu local definitivo.

O estiolamento deve ser evitado, mas não é tão facilmente identificado, e as condições ambientais que induzem o estiolamento variam de espécie para espécie. Uma forma de identificar o estiolamento é comparar os valores de área foliar com os valores de MST produzidos sob condições diferentes de sombreamento. Se a MST aumenta, espera-se que a AF aumente também, proporcionalmente, e isso é o crescimento produtivo. No entanto, se a AF aumenta, mas a MST se mantém, isso indica que está ocorrendo estiolamento, e que esse estiolamento está conseguindo compensar a menor luminosidade. Se a AF aumenta, mas a MST diminui, isso indica que está ocorrendo estiolamento, mas esse estiolamento não está sendo suficiente para compensar a menor irradiância, ou seja, essa luminosidade não é capaz de sustentar a produção máxima de MST.

Essa análise da relação da AF com a MST foi feita para todas as espécies e os níveis de sombreamento, e está apresentada na

Tabela 13. Assim, ao comparar as condições de sombreamento que produzem os maiores valores de MST, e analisar a AF nessas condições ideais, pode-se observar que, quando as condições para a produção máxima de AF são mais sombreadas do que as condições para a produção máxima de MST, isso indica que ocorre adaptação morfológica (estiolamento). Essa adaptação pode ocorrer de duas formas, por exemplo, em Angico (

Tabela 13), observa-se que as condições de sombreamento para a produção máxima de MST são 30-50%, e os valores máximos de AF são observados em 50-70%. Esses resultados indicam que, de 30 para 50% houve aumento da AF (sem aumento da MST), o que indica adaptação morfológica. Como sob o sombreamento de 50% o Angico consegue manter a MST máxima, podemos dizer que, sob 50% de sombra, a adaptação morfológica “compensou” a falta de luz. Porém, sob sombreamento de 70%, a produção de MST do Angico caiu. Nessas condições, a adaptação morfológica não foi suficiente para manter a produtividade de MST.

Tabela 13. Área foliar máxima estimada e capacidade de ajuste morfológico das espécies a condições restritivas de luminosidade.

	Valores estimados						Sombr. para MST	Sombr. para AF	Ajuste morfológico	Estiolamento
Espécie	Sombr. p/ AF máxima (%)	AF (cm²)	Perda de AF com relação AF máxima				máxima	máxima	(estiolamento)	compensa (%)
			0%	30%	50%	70%				
Angico	57,2	322,9	72	16	1	4	30-50	50-70	50-70	50
Aroeira	41,6	1329,1	70	5	3	33	30-50	30-50	não	-
Cumaru	52,2	524,1	63	11	0	7	50-70	50-70	não	-
Juazeiro	49,1	1146,1	80	12	0	14	30-50	50	50	50
Jucá	70,0	4309,0	78	31	11	0	50-70	70	70	70
Jurema-Branca	-	-	-	-	-	-	50	-		-
Jurema-de-Embira	38,5	359,9	34	2	3	23	30	30-50	50	não
Mofumbo	70,0	1042,1	66	23	7	0	50	50-70	70	Não
Mororó	56,8	1248,7	58	13	1	3	50-70	50-70	não	-
Pacotê	64,9	3955,4	71	21	4	0	70	50-70	não	-
Pajeú	70,0	2319,5	86	39	16	0	50-70	70	70	70
Pau-Mocó	45,4	1175,9	57	7	1	17	30-50	30-50	não	-
Pereiro	44,0	699,7	55	6	1	19	30-50	30-50	não	-
Sabiá	67,8	953,4	45	14	3	0	30-50	50-70	70	Não
Timbaúba	70,0	659,5	93	54	27	0	70	70	não	-
Trapiá	52,6	828,2	59	11	0	6	30-50	50-70	50-70	50

A partir dessas informações, as espécies foram classificadas quanto a sua adaptação morfológica a luz e capacidade de produção de área foliar (Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 14. Classificação das espécies quanto à exigência em luz e a capacidade de adaptação morfológica ao sombreamento excessivo.

Classificação quanto à adaptabilidade morfológica	Espécie	Sombreamento indicado (%)
Não faz ajuste; adaptada a baixo/médio sombreamento (30-50%)	Aroeira, Pau-Mocó, Pereiro	30-50
Não faz ajuste; adaptada a médio/alto sombreamento (50-70%)	Cumaru, Mororó, Pacotê	50-70
Não faz ajuste; adaptada a alto sombreamento (70%)	Timbaúba	70

Faz ajuste em médio sombreamento (50%); não compensa.	Jurema-de-Embira	30-50
Faz ajuste em alto sombreamento (70%), não compensa	Mofumbo, Sabiá	50
Faz ajuste em médio/alto sombreamento (50-70%); compensa em médio sombreamento (50%).	Angico, Juazeiro, Trapiá	50
Faz ajuste em alto sombreamento; compensa em alto sombreamento.	Jucá, Pajeú	70

Tabela 15. Classificação de espécies florestais da Caatinga quanto à produção de área foliar (AF).

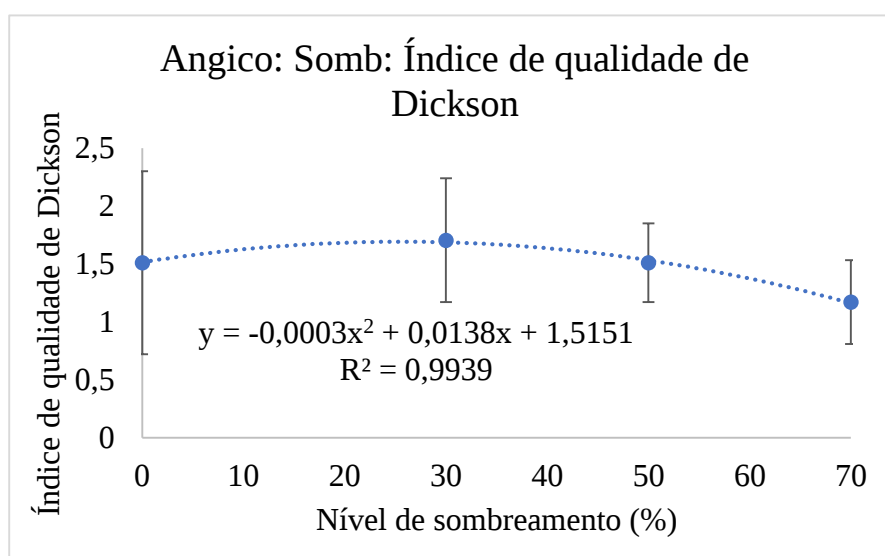
Área Foliar	Espécie	AF (cm ²) aos 90-120 dias
Muito Baixa	Angico, Cumaru, Jurema-de-Embira	<600
Baixa	Juazeiro, Mofumbo, Pau-Mocó, Pereiro, Sabiá, Timbaúba, Trapiá	600 a 1200
Moderada	Aroeira, Mororó,	1200 a 1800
Alta	Jucá, Pacotê, Pajeú	>1800

4.13 ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON

4.13.1 Angico (*Anadenanthera colubrina*)

Aos 87 DAR, o índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas de Angico apresentou comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 96). A espécie demonstrou maior média do IQD no tratamento de 30%, 1,7, seguido pelo pleno sol (0%) e os outros níveis de sombra (50 e 70%), com médias iguais a 1,5; 1,5 e 1,2, respectivamente.

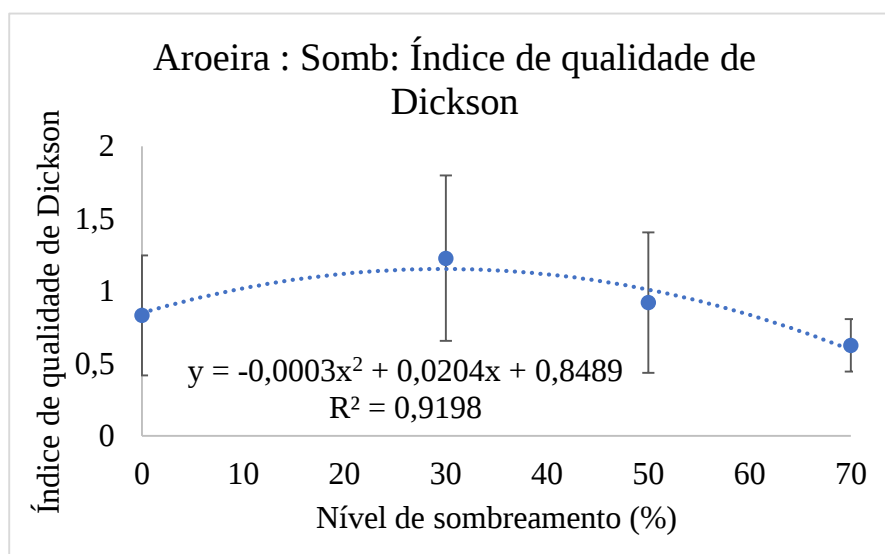
Figura 96. Índice de qualidade de Dickson de mudas de angico (*Anadenanthera colubrina*) produzidas durante 87 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.2 Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)

Passados 92 DAR, foi verificado efeito linear quadrático do IQD de mudas de Aroeira em função do aumento da taxa de sombra (Figura 97). Verificou-se a maior média no sombreamento de 30% (1,2), seguido pelo tratamento de 50 (0,9); 0 (0,8) e 70% (0,6).

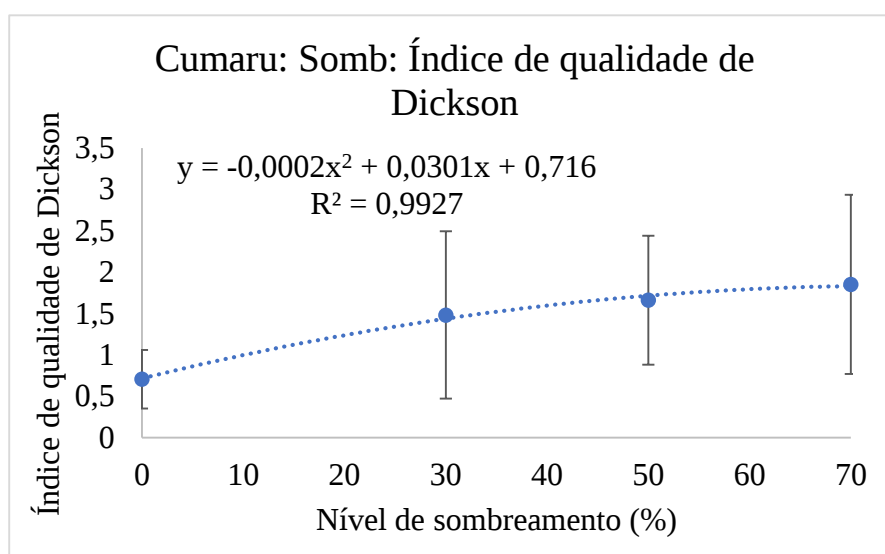
Figura 97. Índice de qualidade de Dickson de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.3 Cumarú (*Amburana cearensis*)

Aos 116 DAR, foi constatado comportamento linear quadrático do IQD de mudas de Cumarú em resposta ao aumento da taxa de sombra (Figura 98). Houve tendência de maior da qualidade das mudas de acordo com o aumento dos níveis de sombra, com médias iguais a: 0,7 (0%); 1,5 (30%); 1,7 (50%) e 1,8 (70%).

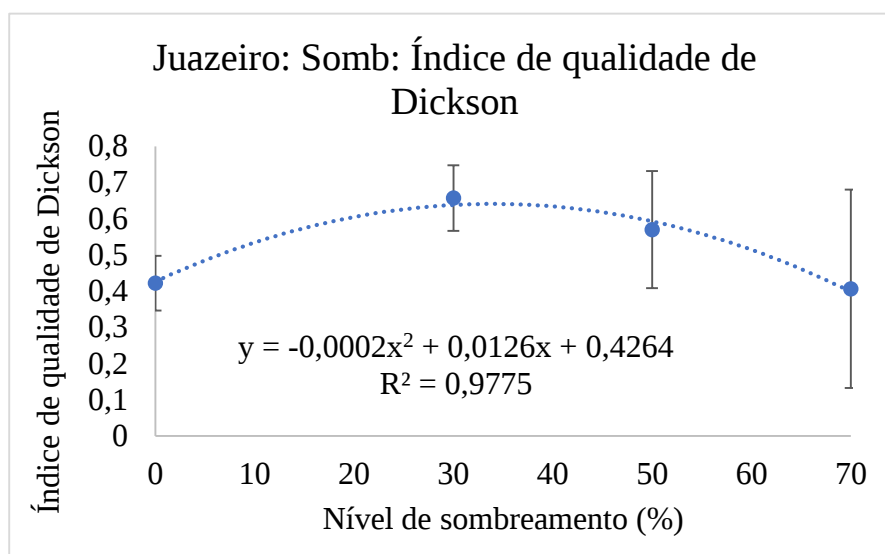
Figura 98. Índice de qualidade de Dickson de mudas de cumarú (*Amburana cearensis*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.4 Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*)

Passados 84 DAR, as mudas de Juazeiro apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento dos níveis de sombra (Figura 99). Novamente foi observado tendência de mudas de maior qualidade no sombreamento de 30% (0,6) seguido pelos demais tratamentos (0; 50 e 70%): 0; 0,5 e 0,4.

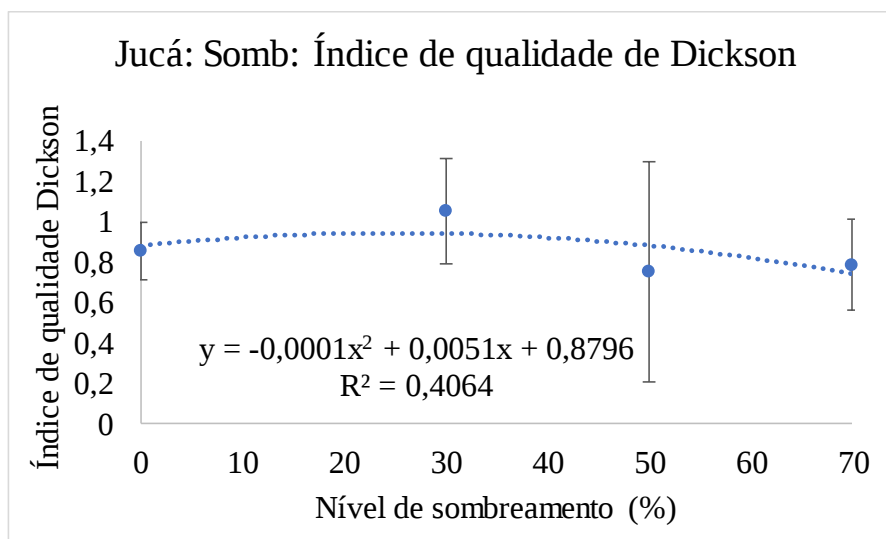
Figura 99. Índice de qualidade de Dickson de mudas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.5 Jucá (*Libidibia ferrea*)

Após 88 DAR, o IQD de plantas de Jucá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos crescentes níveis de sombreamento (Figura 100). Também foi verificada maior média no sombreamento de 30%, igual a 1,0. Os outros tratamentos (0; 50 e 70%) alcançaram valores iguais a: 0,8; 0,7 e 0,8, nesta ordem.

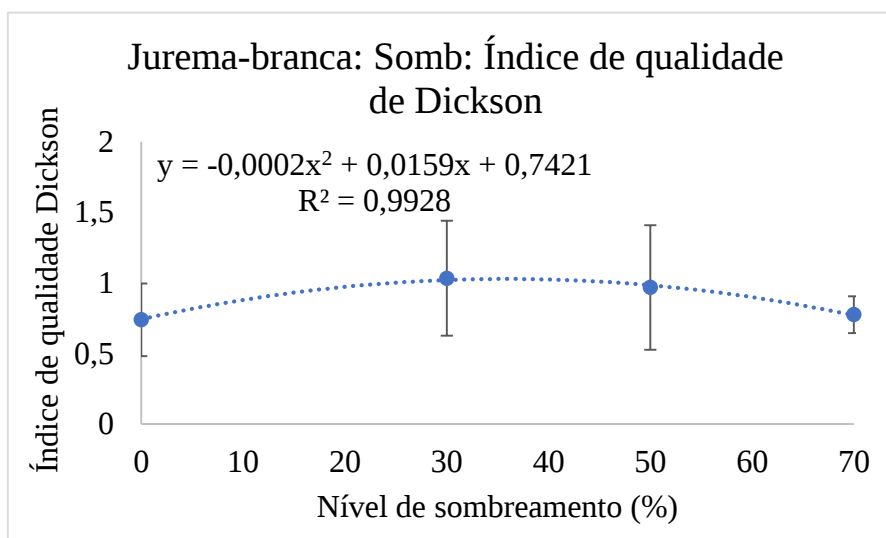
Figura 100. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jucá (*Libidibia ferrea*) produzidas durante 88 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.6 Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*)

Após 92 DAR, as plantas jovens de jurema-branca apresentaram comportamento linear quadrático em função aos níveis crescente de sombra (Figura 101). Assim como em outras espécies, houve tendência das mudas de maior qualidade serem obtidas em sombra de 30%. Os tratamentos (0; 30; 50 e 70%) alcançaram os seguintes valores: 0,7; 1,0; 0,9 e 0,8.

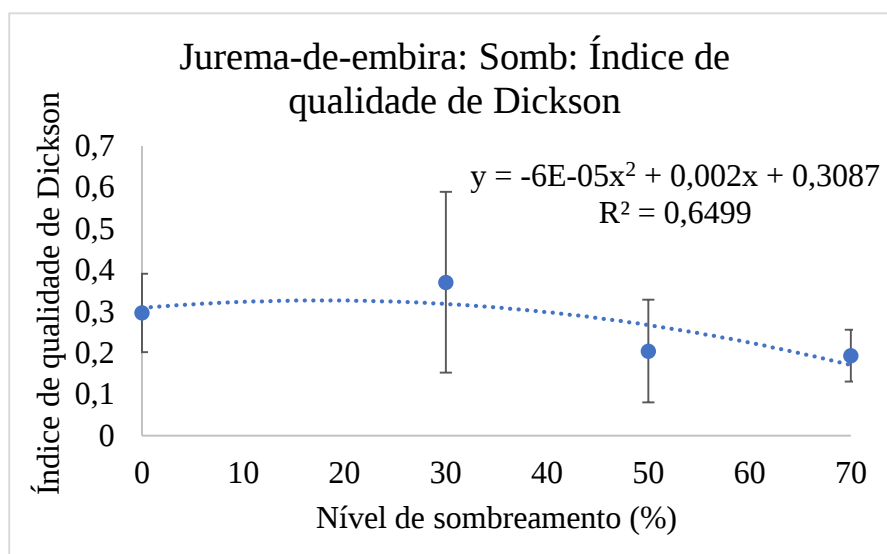
Figura 101. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.7 Jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*)

Após 73 DAR, o IQD de plantas de Jurema-de-embira apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis de sombreamento (Figura 102). As mudas produzidas em ambiente com 30% apresentaram tendência de maior média, 0,4. Os demais tratamentos (0; 50 e 70%) obtiveram valores iguais a: 0,3; 0,2 e 0,2, respectivamente.

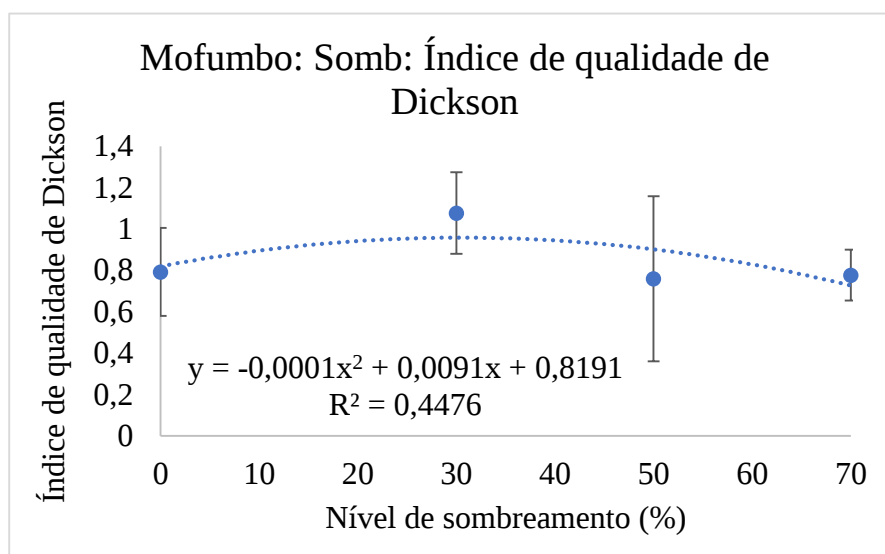
Figura 102. Índice de qualidade de Dickson de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra*) produzidas durante 73 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.8 Mofumbo (*Combretum leprosum*)

Passados 92 DAR, as mudas de Mofumbo produzidas em diferentes níveis de sombreamento demonstraram comportamento linear quadrático (Figura 103). Nessa espécie também é verificada tendência de maior qualidade de mudas mantidas em ambientes com 30% de sombra, com média igual a 1,1. Os outros tratamentos (0; 50 e 70%) obtiveram média igual a 0,8.

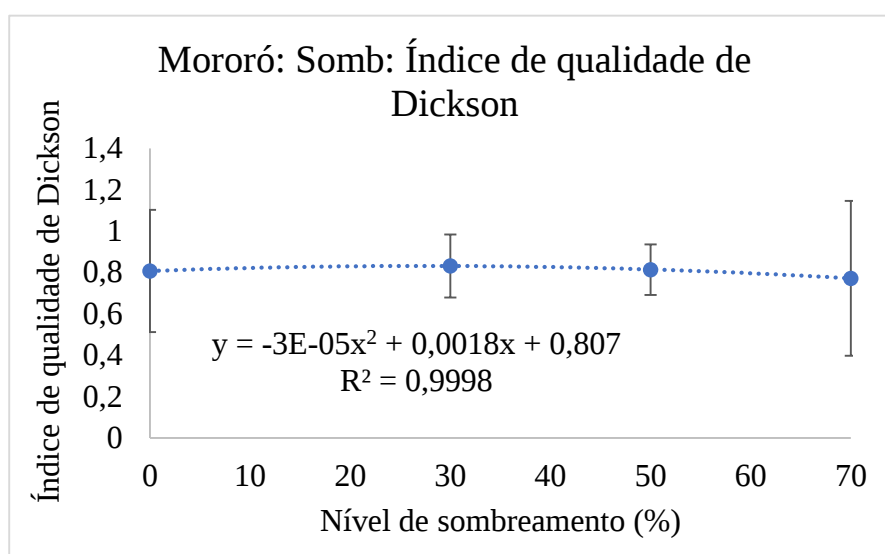
Figura 103. Índice de qualidade de Dickson de mudas de mofumbo (*Combretum leprosum*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.9 Mororó (*Bauhinia forficata*)

Após 92 DAR, o IQD de plantas de Mororó apresentou comportamento linear quadrático em função dos níveis crescentes de sombra (Figura 104). Houve tendência da qualidade das mudas se manter semelhante em todos os níveis de sombra (30; 50 e 70%) e o pleno sol (0%), com médias iguais a: 0,8.

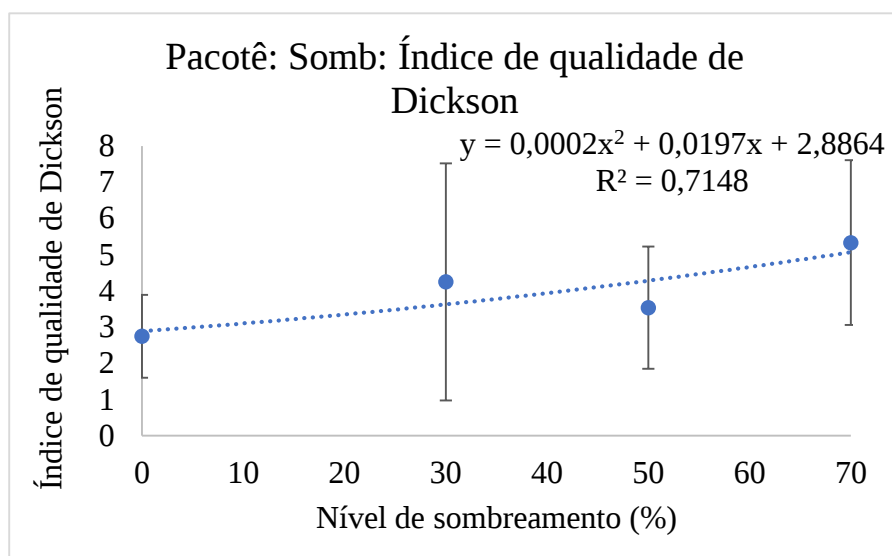
Figura 104. Índice de qualidade de Dickson de mudas de mororó (*Bauhinia forficata*) produzidas durante 92 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.10 Pacotê (*Cochlospermum vitifolium*)

Passados 84 DAR, as plantas de Pacotê apresentaram comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescente de sombra (Figura 105). Foi verificado tendência de maior qualidade de mudas de acordo com o aumento dos níveis de sombra. No entanto, as médias obtidas foram: 2,7; 4,2; 3,5 e 5,3 para os tratamentos de 0; 30; 50 e 70%, respectivamente.

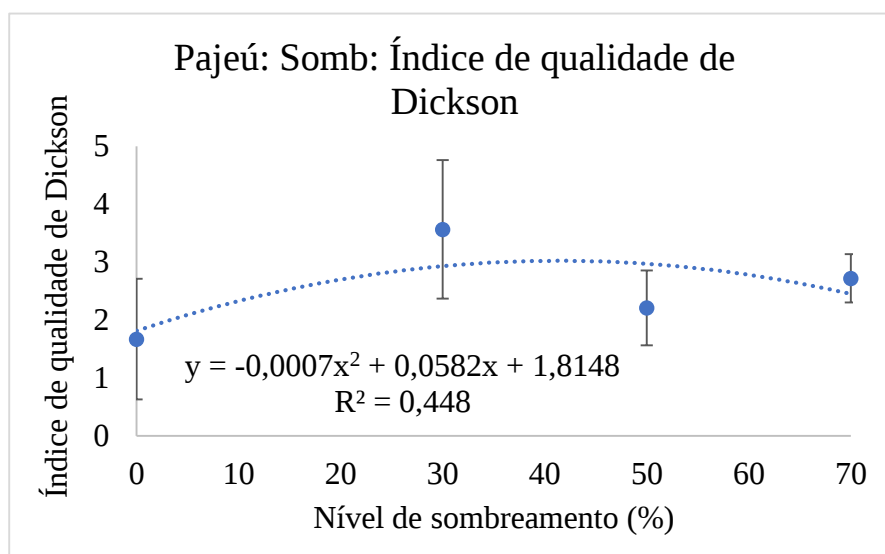
Figura 105. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pacotê (*Cochlospermum vitifolium*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.11 Pajeú (*Triplaris gardneriana*)

Aos 84 DAR, as mudas de Pajeú apresentaram comportamento linear quadrático em função do aumento do sombreamento (Figura 106). Com o Pajeú também houve tendência de obtenção de mudas de maior qualidade em ambiente com 30% (3,6). Os demais tratamentos alcançaram valores iguais a: 1,7 (0%); 2,2 (50%) e 2,7 (70%).

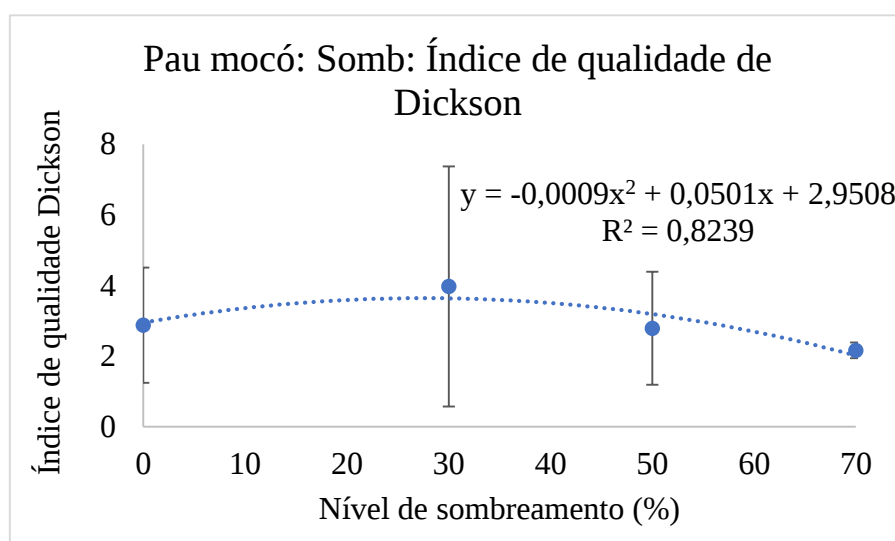
Figura 106. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pajeú (*Triplaris gardneriana*) produzidas durante 84 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.12 Pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*)

Após 86 DAR, o IQD de plantas de Pau-mocó apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 107). Novamente se verificou mudas de maior qualidade no tratamento de 30%, com média igual a 4,0. Os outros tratamentos (0; 50 e 70%) obtiveram valores iguais a 2,9; 2,8 e 2,2.

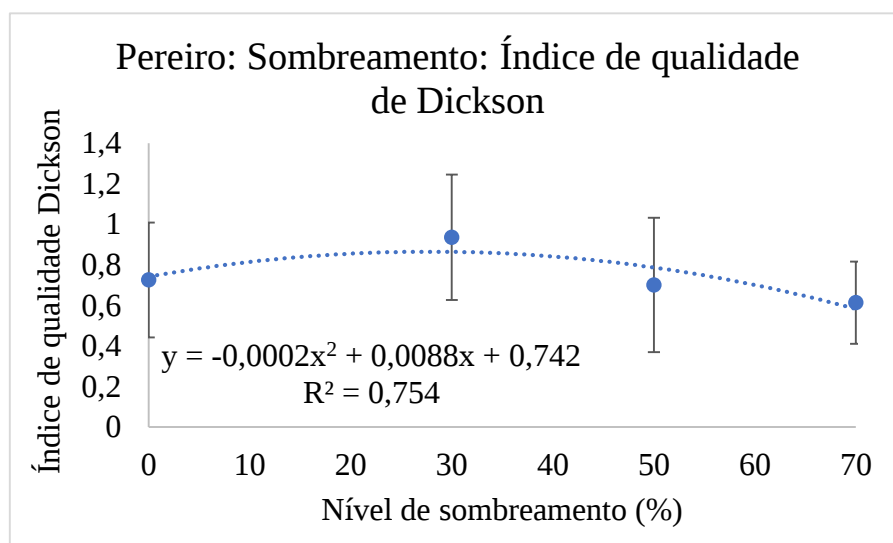
Figura 107. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pau-mocó (*Luetzelburgia auriculata*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.13 Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*)

Aos 86 DAR, as mudas de Pereiro apresentaram efeito linear quadrático para IQD em função do aumento do nível de sombreamento (Figura 108). Foi observada a maior média em ambiente com 30% de sombra (0,9), seguida pelos outros tratamentos: 0,7 (0%); 0,7 (50%) e 0,6 (70%).

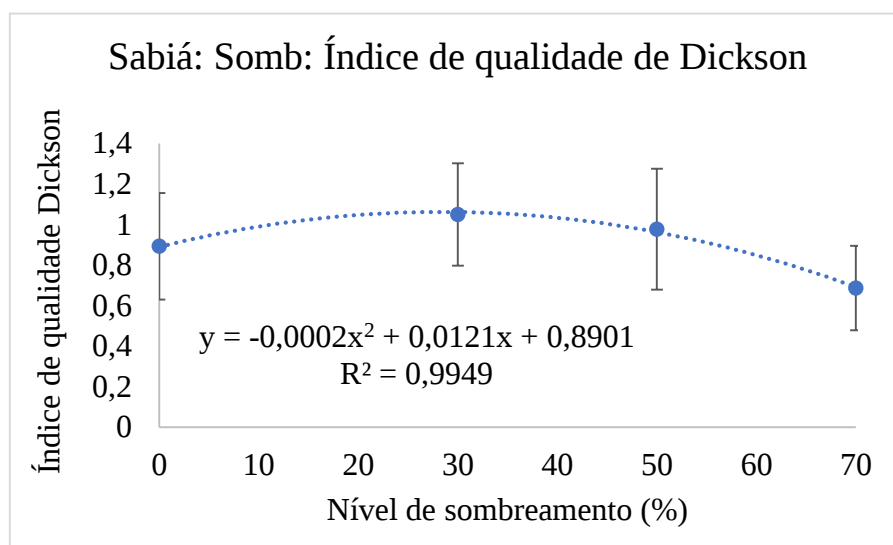
Figura 108. Índice de qualidade de Dickson de mudas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) produzidas durante 86 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.14 Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)

Após 108 DAR, o IQD de mudas de Sabiá apresentou comportamento linear quadrático em resposta aos níveis crescentes de sombra (Figura 109). Também foi verificada tendência de maior média no sombreamento de 30%, igual a 1,0, os demais tratamentos (0; 50 e 70%) obtiveram médias iguais a 0,9; 1,0 e 0,7.

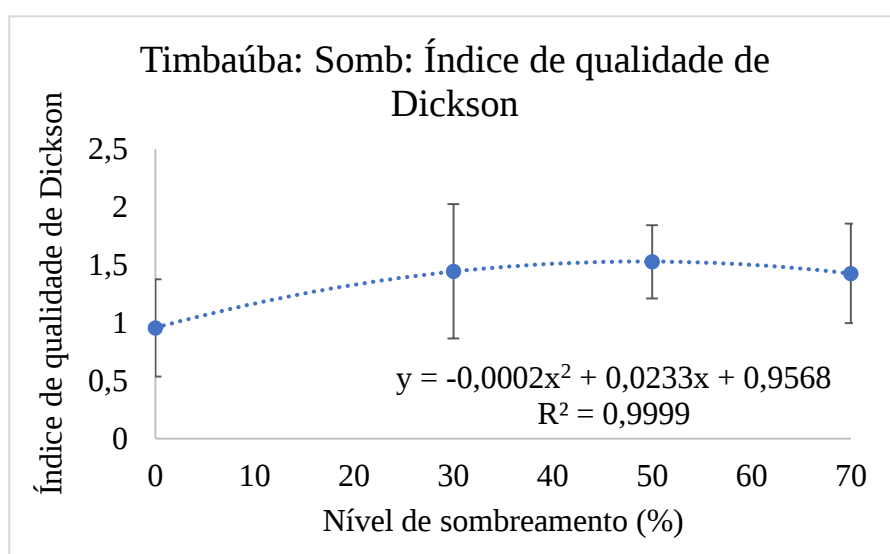
Figura 109. Índice de qualidade de Dickson de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) produzidas durante 108 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.15 Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*)

Passados 90 DAR, as plantas de Timbaúba apresentaram comportamento linear quadrática em função de níveis crescentes de sombra (Figura 110). Para essa espécie se observou mudas de maior qualidade nos níveis de sombreamento de 30; 50 e 70%, com médias iguais a 1,4; 1,5 e 1,4, respectivamente. O pleno sol (0%) obteve valor igual a 0,9.

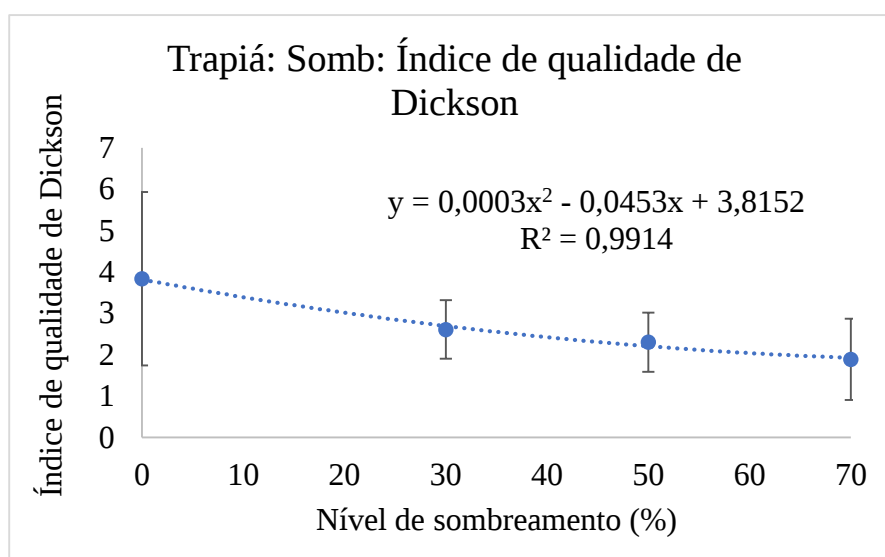
Figura 110. Índice de qualidade de Dickson de mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) produzidas durante 90 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.13.16 Trapiá (*Crataeva tapia*)

Aos 116 DAR, as mudas de Trapiá apresentaram comportamento linear quadrático para IQD em resposta aos diferentes níveis de sombreamento (Figura 111). Houve tendência de redução da qualidade das mudas de acordo com o aumento dos níveis de sombra, com o tratamento de pleno sol (0%) proporcionando as mudas de maior qualidade, com média igual a 4,0. Os demais tratamentos (30; 50 e 70%) alcançaram valores iguais a: 2,6; 2,3 e 1,9, nesta ordem.

Figura 111. Índice de qualidade de Dickson de mudas de trapiá (*Crataeva tapia*) produzidas durante 116 DAR sob diferentes níveis de sombreamento. Intervalo de confiança à 5% de probabilidade. Mossoró-RN. 2018-2019.



4.14 ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM FUNÇÃO DO SOMBREAMENTO

Gomes (2002) afirma que o IQD é um bom critério de avaliação de qualidade de mudas, pois é uma relação entre massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, e quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da muda.

A Tabela 16 apresenta os valores estimados máximos do IQD correlacionados com os níveis de sombreamento que proporcionaram a maior produção de MST. Verifica-se que em grande parte das espécies as taxas de sombra com MST máxima estão dentro da faixa dos maiores valores do IQD, com exceção do Trapiá, que obteve maior MST em 30 e 50% e IQD máximo em condições de pleno sol (0%).

Esses resultados evidenciam a importância do IQD, visto que, frequentemente, as mudas com maior acúmulo de biomassa são tidas como de qualidade superior. No entanto, em espécies como o Trapiá, o aumento da produção de fitomassa não se mostrou qualitativamente favorável, já que o IQD revelou maior equilíbrio na partição em plantas com menor MST. Com isto, as espécies foram classificadas quanto a sua qualidade, determinada pelo IQD (Tabela 17).

Tabela 16. Faixa do índice de qualidade de Dickson (IQD) e máxima estimada de espécies florestais da Caatinga.

	Valores estimados						Sombr.	Sombr. p/
Espécie	Sombreamento p/ IQD máximo (%)	IQD máximo	Faixa de IQD				MST	IQD
			0%	30%	50%	70%	máxima	máximo
Angico	23,0	1,7	1,5	1,7	1,5	1	30-50	30
Aroeira	34,0	1,2	0,8	1,2	1,1	0,8	30-50	30-50
Cumaru	70,0	1,8	0,7	1,4	1,7	1,8	50-70	50-70
Juazeiro	31,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,3	30-50	30
Jucá	25,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	50-70	30-50
Jurema-Branca	39,8	1,1	0,7	1	1	0,9	50	30-50
Jurema-de-Embira	16,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	30	0-30
Mofumbo	45,5	1	0,8	1	1	1	50	30-70
Mororó	30,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	50-70	0-70
Pacotê	70,0	5,2	2,9	3,7	4,4	5,2	70	70
Pajeú	41,6	3	1,8	2,9	3	2,5	50-70	30-50
Pau-Mocó	27,8	3,6	3	3,6	3,2	2	30-50	30
Pereiro	22,0	0,8	0,7	0,8	0,7	0,4	30-50	30
Sabiá	30,3	1,1	0,9	1,1	1	0,8	30-50	30-50
Timbaúba	58,3	1,6	1	1,5	1,6	1,6	70	50-70
Trapiá	0,0	3,8	3,8	2,7	2,3	2,1	30-50	0

Tabela 17. Classificação sugerida das espécies quanto às condições de sombreamento adequadas para máximo do índice de qualidade de Dickson (IQD).

Classificação quanto ao IQD	Espécie	Faixa de IQD característica
Muito Baixo	Juazeiro, Jurema-de-Embira, Pereiro	<0,8
Baixo	Angico, Aroeira, Jucá, Jurema-Branca, Mofumbo, Mororó, Sabiá, Timbaúba,	0,8 a 1,5
Médio	Cumaru	1,5 a 2,3
Alto	Pajeú, Trapiá	2,3 a 3,0

Muito Alto	Pacotê, Pau-Mocó	>3,0
------------	------------------	------

5. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

Todas as variáveis analisadas no presente estudo estão reunidas na Tabela 18, onde são apresentados os níveis de sombreamento com os melhores valores para os parâmetros morfológicos e índices de qualidade avaliados e, por fim, é feita uma sugestão dos níveis recomendados de sombreamento para a produção de mudas de cada espécie. A informação do sombreamento adequado para produção de mudas irá auxiliar aos viveiristas a prever o ambiente em que serão obtidas as mudas de melhor qualidade, o que refletirá diretamente no sucesso pós plantio definitivo.

O ambiente de pleno sol (0%) se mostrou menos favorável ao desenvolvimento inicial e à qualidade de mudas das espécies do que o ambiente protegido. As condições de cultivo com maiores taxas de radiação, elevadas temperaturas, menor umidade e consequentemente, maior taxa de respiração e fotorrespiração, limitam o crescimento das plantas e as tornam mais susceptíveis às condições adversas do meio em que serão expostas.

A maioria das espécies apresentou sombreamento recomendado entre 30 e 50%. Nesses ambientes a radiação solar foi reduzida, no entanto, o microclima criado no interior das casas de sombra possibilitou às plantas ajustes morfológicos que possibilitaram o maior desenvolvimento e qualidade superior, quando comparadas as plantas de pleno sol.

Por fim, ainda foram verificadas espécies com maior exigência em sombra, apresentando o máximo de crescimento morfológico e qualitativo nas casas de sombra com 70%. A maior exigência em sombra não é um indicador direto que essas espécies não são adequadas para uma instalação inicial de recuperação de áreas degradadas na Caatinga, mas apenas que a produção das mudas é melhor feita sob condições sombreadas. Espera-se, no entanto, que para as mudas produzidas sob alto sombreamento seja necessário um período de rustificação maior antes do transplantio. É também possível que essas espécies não consigam se adaptar ao cultivo sob pleno sol, definindo a partir do transplantio para o local definitivo. Essa informação, porém, depende da execução de experimentos posteriores em que as mudas produzidas sob condições diversas de sombreamento sejam levadas ao campo e acompanhadas para verificar a sua taxa de sobrevivência e a capacidade de crescimento.

Tabela 18. Caracterização das mudas das espécies estudadas quanto ao sombreamento recomendado.

Espécie	Estimado aos 90 DAR			Estimado aos 80-120 DAR**					Estiolamento	Estiolamento compensa	IQD	Sombreamento recomendado (%)
	Altura	Diâmetro Basal	Índice de Robustez	DAR	MST	MSR	MSPA/MSR	AF				
Angico	30-70	30-70*	0	87	30-50	30-50	0-70	50-70	50-70	50	30	30
Aroeira	30-70	30-70*	0	82	30-50	30	0-30	30-50	não	-	30-50	30
Cumaru	30-70	30-70*	0-70	116	50-70	50-70	0-70	50-70	não	-	50-70	50-70
Juazeiro	30-70	30-70*	0	84	30-50	30	0	50	50	50	30	30
Jucá	0-70	30-70*	0*	88	50-70	30-50	0-50	70	70	70	30-50	50
Jurema branca	0-70	30-70	0*	92	50	30-50	0-30	-	-	-	30-50	50
Jurema-de-embira	0-70	30-50	0*	73	30	30	0-70	30-50	50	não	0-30	30
Mofumbo	30-70	30-70*	0-50	92	50	30-50	0-50	50-70	70	não	30-70	30-50
Mororó	30-70	30-70*	0	92	50-70	50-70	0-70	50-70	não	-	0-70	50-70
Pacotê	30-70	30-70	0-70	84	70	70	0-70	50-70	não	-	70	70
Pajeú	30-70	30-70	0-70	84	50-70	30-50	0-70	70	70	70	30-50	50
Pau Mocó	30-70*	30-70	0-70	86	30-50	30-50	0-70	30-50	não	-	30	30-50
Pereiro	30-70	0-70	0-70	86	30-50	30	0	30-50	não	-	30	30
Sabiá	0-70	0-70	0-30	108	30-50	30-50	0-30	50-70	70	não	30-50	30-50
Timbauba	0-70	0-70	0	90	70	50-70	0-70	70	não	-	50-70	50-70
Trapiá	30-70*	0-70	0-70	116	30-50	0	0-70	50-70	50-70	50	0	30

*Não atinge o mínimo de 20 cm de altura, 5,0 mm de DC ou 8,0 de IR. **DAR variável entre as espécies.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies arbóreas da Caatinga apresentaram diferentes padrões de crescimento sob influência dos níveis crescentes de sombra, sendo que todas cresceram melhor sob sombreamento.

Para a produção de mudas de Angico, Aroeira, Juazeiro, Jurema-de-embira, Pereiro e Trapiá é recomendada taxa de sombra de 30%.

Mudas de Mofumbo, Pau-mocó e Sabiá podem ser produzidas em ambientes com taxa de sombra entre 30 e 50%.

A produção de mudas de Jucá, Jurema-branca e Pajeú pode ser realizada à taxa de 50% de sombra.

Para a produção de mudas de Cumaru, Mororó e Timbaúba é recomendada taxa de sombra entre 50 e 70%.

Mudas de Pacotê podem ser produzidas em ambiente com 70% de sombra.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F.F.A. et al. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 729 - 735, 2011.
- ALMEIDA, S.M.Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.62-68, jan-fev, 2005.
- ANDRADE, L.A. et al. Análise de cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Revista Cerne**, Lavras (MG) v. 11, n. 3, p.253- 262, 2005.
- ARAÚJO, D.D. Crescimento de mudas de Jatoba (*Hymenaea courbaril*) sob quatro níveis de sombreamento. 65 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 2009.
- ARAUJO, E.C. et al. Qualidade de mudas de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 11, n. 2. 2014.
- AZEVEDO, S.M.A. et al. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir.) em solos de áreas degradadas da Caatinga. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 3, p. 150-160, jul/set. 2012.
- BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BEZERRA, J. M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18 (1), 73–84, 2014. Doi: 10.1590/S1415-43662014000100010.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 5º Relatório Nacional de Convenção sobre Diversidade Biológica. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. 2015.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 1, p. 77 - 84, jan./mar. 2012.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 27-33, 2008.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná / FUPEF; Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1995.

CÉSAR, F.R.C.F. et al. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 357-366, abr.-jun., 2014.

COSTA, E. C. et al. **Entomologia florestal**. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 240 p. 2008.

DANTAS, B.F. et al. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.413-423, 2009.

DANTAS, J. G. et al. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 134 -142, 2010.

DELARMELINA, W.M. et al. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, 21(2):224-233, abr./jun., 2014.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.

ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, jul. / set. 2013.

FARIA, R.A.P.G. et al. Tamanho da semente e sombreamento no desenvolvimento inicial de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 09-15, jan.-mar., 2013.

FERNANDES, M.F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L.P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, v. 174, 2020.

FONSECA, E.P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515 - 523, 2002.

FONSECA, M.G. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis; M.P.Lima (Leguminosae) em diferentes ambientes de luz. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 885-891, 2006.

GOMES, J.M; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais**. Viçosa: Editora UFV, 116p. (Série Didática). 2011.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: ESALQ/USP; 2000. p. 309-350.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: **IBGE**. Acessível em www.ibge.gov.br.

LENHARD, N.R. et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2013.

LIMA, J.D. et al. Efeito da luz no crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 10, n. 8, p. 1 - 10, 2006.

LIMA, M.A.O. et al. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis**, 38:527-534. 2010.

LOIOLA, M.I.B.; ROQUE, A.A.; OLIVEIRA, A.C.P. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia**, n. 4, 2012.

MELO, R.R.; CUNHA, M.C.L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, V. 4 N. 1 Jan./Abr. 2008.

MORAES-NETO, S. P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.

NICOLETTI, M.F. et al. Modelagem de variáveis morfológicas em mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 4, p. 809-818, out. / dez. 2015.

OLIVEIRA, M.C. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. 2. Ed. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124p.

PAIVA, L.C. et al. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, 27:134-140. 2003.

PINTO, J.R.S et al. Growth of *Mimosa caesalpinifolia* benth., under shade in the Northeast Semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, Mossoró, Apr./June, 2016a.

PINTO, J.R.S. et al. Crescimento e índices fisiológicos de *Tabebuia aurea*, sob sombreamento no semiárido. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 465-472, out. / dez. 2016b.

RAMALHO, C.I. et al. Flora arbóreo-arbustiva em áreas de Caatinga no semiárido baiano, Brasil. **Revista Caatinga**, v.22, n3, p182- 190, Mossoró, julho/setembro, 2009.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.

RUBERTI, I. et al. Plant adaptation to dynamically changing environment: The shade avoidance response. **Biotechnology Advances**, 30, 1047–1058. 2012.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

ROSA, L. S. et al. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 87-98, 2009.

SANTOS, L.W. et al. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 151-158, abr./jun. 2013.

SANTOS, W.S. et al. Análise florística-fitossociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v.13, n.3, p.203-211, Julho-Setembro, 2017.

SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 06, p. 753-758, 2003.

SILVA, B.M.S. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, 31(6): 1019-1026. 2007.

SOUZA, C.A.M. et al. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v.16, p.243-249, 2006.

SOUZA, M.S. et al. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 241-245, abr./jun. 2012.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

VELLOSO, A.L. et al. Ecorregiões: propostas para o Bioma Caatinga. Recife, PE: **Associação de Plantas do Nordeste**; Instituto de Conservação Ambiental, 2002.

ZEIST, A.R. et al. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 20, ns. 1/2, p. 33-41, 2014.