



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**CULTIVO DO CUMARU (*Amburana cearensis*) EM DIVERSOS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO**

JOÃO VIANEY FERNANDES PIMENTEL

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

DEZEMBRO - 2011

JOÃO VIANEY FERNANDES PIMENTEL

-ENGENHEIRO AGRÔNOMO-

**CULTIVO DO CUMARU (*Amburana cearensis*) EM DIVERSOS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de *Doctor scientiae* em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA
Ph. D. - UFCG/ CTRN/ UAEA

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA
DEZEMBRO, 2011



P644n Pimentel, Joao Vianey Fernandes
Niveis de agua, materia organica e cobertura morta na
producao de mudas de cumaru (Amburana cearensis) / Joao
Vianey Fernandes Pimentel. - Campina Grande, 2008.
64 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola) -
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de
Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Irrigacao Agricola 2. Caatinga 3. Cumaru 4. Planta
Nativa 5. Esterco 6. Cobertura Morta 7. Dissertacao I.
Guerra, Hugo Orlando Carvalho, Dr. II. Universidade Federal
de Campina Grande - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 631.67(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E
DRENAGEM




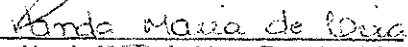
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE
DO DOUTORANDO
JOÃO VIANEY FERNANDES PIMENTEL

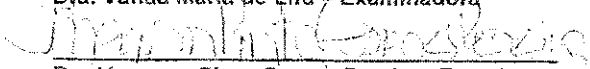
CULTIVO DO CUMARU (*Amburana cearensis*) EM DIVERSOS SISTEMAS DE
PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO

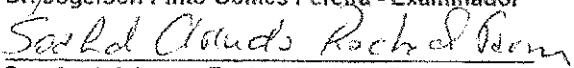
BANCA EXAMINADORA


Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra - Orientador


Dr. Francisco Jardel R. da Paixão - Orientador


Dra. Vanda Maria de Lira - Examinadora


Dr. Jógerson Pinto Gomes Pereira - Examinador


Dra. Soahd Arruda Rached Farias - Examinadora

PARECER

Aprovado

APROVADO

APROVADO

APROVADO

A PROVA

DEZEMBRO DE 2011

MINHA HOMENAGEM

DEDICO esta tese a todos os agricultores familiares que, com seu esforço, produzem grande parte do que é consumido por todos. OFEREÇO a nossa mãe Terra e a Deus, por nos ter concedido a oportunidade de sermos tripulantes desta imensa Gaia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar saúde, espírito de luta e autoconfiança.

A minha querida mulher, Maria do Socorro de Azevedo Pimentel, e a meus filhos, Clarissa de Azevedo Pimentel, Glória Maria de Azevedo Pimentel e Vinicius de Azevedo Pimentel, pelo imenso amor que me proporcionam e paciência em aceitarem minha ausência.

A meus queridos pais, José Ernesto Pimentel e Maria Violeta Fernandes Pimentel, sem o apoio dos quais não teria chegado aqui.

Aos parceiros do IBAMA, na pessoa do Douglas Dâmaso dos Santos e do MST, pela disponibilidade da infraestrutura e local para a realização da pesquisa.

Ao meu grande colaborador Valdeci, por me ter ajudado com disponibilidade, interesse e disposição, nas tarefas mais árduas de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela credibilidade, apoio e grande contribuição na minha formação.

À coordenação da pós-graduação, na pessoa do professor Dermeval Araújo Furtado e dos funcionários, pela cooperação e paciência.

A todos os professores que estiveram juntos nesta caminhada, meu respeito e admiração.

Aos inesquecíveis colegas de turma e demais contemporâneos, Aparecida Rodrigues, Cruz Ramon, Uilma Queiroz, Aline Ferreira, Leandro Andrade, Kaline Dantas, Marcos Eric, Evami Sousa, Iedo Teodoro, Ricardo, Evandro Mesquita, João Batista, Euler Franco, Magnólia, Nilton, Cícero Cordão e, em especial, ao amigo conterrâneo Francisco Jardel Rodrigues da Paixão, pela amizade, apoio e possibilidade de troca de conhecimentos, nesta fase da nossa vida.

E a todos que, direta ou indiretamente, participaram desta caminhada, minha gratidão.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE APÊNDICES.....	xviii
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xx
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – OBJETIVOS.....	3
1.1.1 - Objetivo geral.....	3
1.1.2 - Objetivos específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A Caatinga e os sistemas convencionais de produção.....	3
2.2. Sistemas agroflorestais.....	6
2.3. Matéria orgânica e cobertura morta no solo.....	7
2.4. O cumaru.....	9
2.4.1 Utilidades do cumaru.....	11
2.4.2 Ecofisiologia e fenologia do cumaru.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 - Localização e características da área.....	16
3.2. Experimento I (viveiro).....	17
3.2.1 - Solo utilizado.....	18
3.2.2 - Matéria orgânica.....	20
3.2.3 - Níveis de água de irrigação.....	20
3.2.4 - Cobertura morta.....	21
3.2.5 - Delineamento estatístico.....	21

3.2.6 - Tratos culturais.....	23
3.2.7 - Variáveis analisadas para o solo.....	23
- Condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável do solo.....	23
3.2.8 - Condutividade elétrica da água de drenagem.....	23
3.2.9 – Biometria da planta.....	23
3.2.9.1 - Comprimento da planta (CP).....	24
3.2.9.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	24
3.2.9.3 - Número de folhas (NF).....	24
3.2.9.4 - Peso fresco das mudas.....	24
3.2.9.5 - Comprimento e diâmetro de xilopódio ao transplante.....	24
3.2.10 - Evapotranspiração.....	25
3.3. Experimento II (sistema agroflorestal de sequeiro).....	25
3.3.1 – Implantação.....	25
3.3.2 - O solo.....	26
3.3.3 - Delineamento estatístico e tratamentos.....	27
3.3.4 - Biometria das plantas.....	27
3.3.4.1 - Altura de plantas (AP).....	27
3.3.4.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	27
3.3.4.3 - Número de folhas (NF).....	27
3.3.4.4 - Determinação da equação para cálculo da área foliar.....	28
3.3.4.5 - Área foliar (AF).....	28
3.3.4.6 - Índice de área foliar (IAF).....	28
3.3.4.7 - Sobrevivência das mudas no campo.....	29
3.3.5 – Dados pluviométricos.....	29
3.3.6 - Aspectos econômicos do sistema agroflorestal.....	29
3.4. Experimento III (canteiros irrigados em ambiente agroflorestal).....	30
3.4.1 – Biometria das plantas.....	31

3.4.1.1 – Comprimento do caule.....	31
3.4.1.2 – Diâmetro caulinar.....	31
3.4.1.3 – Número de Folhas.....	31
3.4.1.4 – Razão de área foliar e razão de peso de folha.....	32
3.4.3.5 - Diâmetro do xilopódio.....	32
3.4.1.6 – Comprimento do xilopódio.....	32
3.4.1.7 – Fitomassa fresca total, radicular e da parte aérea.....	32
3.4.1.8 – Fitomassa seca total, radicular e da parte aérea.....	32
3.4.2 - Delineamento estatístico.....	33
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1 Experimento I.....	34
4.1.1 - Variáveis analisadas para o solo.....	34
4.1.1.1 - Condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável do solo.....	35
4.1.2 - Condutividade elétrica da água de drenagem.....	37
4.1.3 - Biometria da planta.....	40
4.1.3.1 – Comprimento da planta (CP) e diâmetro caulinar (DC).....	40
4.1.3.2 – Número de folhas (NF).....	43
4.1.3.3 - Peso fresco das mudas.....	44
4.1.3.4 – Diâmetro e comprimento do xilopódio.....	45
4.1.4 – Evapotranspiração.....	50
4.2. Experimento II (sistema agroflorestal de sequeiro).....	55
4.2.1 – Biometria da planta.....	55
4.2.1.1 Altura da planta.....	55
4.2.1.2 - Diâmetro caulinar (DC).....	57
4.2.1.3 - Número de folhas (NF).....	59
4.2.1.4 - Área foliar (AF).....	60

4.2.1.5 - Índice de área foliar (IAF).....	64
4.2.1.6 – Sobrevivência das plantas no campo.....	66
4.2.2 - Aspectos econômicos do sistema agroflorestal.....	69
4.3 - Experimento III.....	71
4.3.1 – Biometria da Planta.....	72
4.3.1.1 – Comprimento de caule.....	72
4.3.1.2 - Diâmetro caulinar.....	73
4.3.1.3 – Número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF).....	74
4.3.1.4 - Razão de peso de folha (RPF).....	77
4.3.1.5 - Diâmetro do xilopódio (DX) e comprimento de xilopódio (CX).....	78
4.3.1.6 – Peso fresco e seco total da planta, da raiz (xilopódio) e da parte aérea..	80
5. CONCLUSÕES.....	86
5.1 - Experimento I.....	86
5.2 - Experimento II.....	86
5.3 - Experimento III.....	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) do solo Quixeramobim, CE, 2008..... 18
2	Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) das amostras da mistura solo mais esterco. Quixeramobim, CE, 2008..... 19
3	Características do esterco. Quixeramobim, CE, 2008..... 20
4	Características da água usada no experimento. Quixeramobim, CE, 2008..... 21
5	Características químicas (complexo sortivo) do solo. Quixeramobim, CE, 2009.. 26
6	Características físico-hídricas das amostras da mistura solo mais esterco após o cultivo do cumaru em vasos. Quixeramobim, CE, 2009..... 34
7	Características químicas (complexo sortivo) das amostras da mistura solo mais esterco após o cultivo do cumaru em vasos. Quixeramobim, CE, 2009..... 34
8	Análises de variância e médias para a diferença de condutividade elétrica do solo no início e ao final do experimento ($CE_i - CE_f$) e percentagem de sódio trocável no início e ao final ($PST_i - PST_f$), com relação à quantidade de esterco (N) aplicado ao solo, aos 300 dias após a semeadura (DAS). Quixeramobim, CE, 2009..... 35
9	Análises de variância e médias para a condutividade elétrica da água de drenagem, com relação à quantidade de água aplicada (L), esterco (N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 298 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 38
10	Médias da condutividade elétrica da água de drenagem (CE) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de água aplicada (tratamentos L) e cobertura morta(C) no solo, das mudas de cumaru aos 298 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2008..... 40
11	Análises de variância e médias para o comprimento de planta e diâmetro caulinar, com relação à quantidade de água aplicada (L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura - DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 41
12	Resultados das análises de variância e médias para o número de folhas com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 43

- 13 Análises de variância e médias para o peso fresco das mudas com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 45
- 14 Resultados das análises de variância e médias para o diâmetro de xilopódio, com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 46
- 15 Resultados das análises de variância e médias para o comprimento de xilopódio com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 49
- 16 Análises de variância e médias para a evapotranspiração (ET), com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, do cumaru dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 51
- 17 Médias de evapotranspiração resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de água aplicada (tratamentos L) e quantidade de esterco presente no solo dos vasos cultivados com cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 54
- 18 Médias da evapotranspiração (ET) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de água aplicada (tratamentos L) e cobertura morta (C) no solo, do cumaru em vasos, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 54
- 19 Médias da evapotranspiração (ET) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de esterco presente no solo (tratamentos N) e cobertura morta(C) no solo, do cumaru em vasos, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009..... 55
- 20 Análises de variância e médias para a altura de plantas com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante – DAT. Quixeramobim, CE, 2010..... 56
- 21 Análises de variância e médias para o diâmetro caulinar com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 58
- 22 Análises de variância e médias para o número de folhas com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas

- interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 59
- 23 Análises de variância e médias para a área foliar com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 63
- 24 Análises de variância e médias para o índice de área foliar, com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 65
- 25 Análises de variância e médias para a sobrevivência das plantas no campo, com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 67
- 26 Médias da sobrevivência de plantas jovens resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de esterco presente no solo (tratamentos N) e cobertura morta(C) no solo, do cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010..... 68
- 27 Custos e receitas para 0,5 ha do sistema agroflorestal no ano de 2009. Quixeramobim, CE..... 69
- 28 Custos e receitas para 0,5 ha de cumaru em sistema agroflorestal no ano de 2010. Quixeramobim, CE, 70
- 29 Análises de variância e médias para o comprimento de caule com relação à quantidade de água aplicada (L), espaçamento (E) e interação nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados, aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 72
- 30 Análises de variância e médias para diâmetro caulinar com relação à quantidade de água aplicada (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 74
- 31 Análises de variância e médias para número de folhas e razão de área foliar, com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 75
- 32 Resultados das análises de variância e médias para razão de peso de folha, com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (tratamentos L), espaçamento

- (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 78
- 33 Resultados das análises de variância e médias para diâmetro de xilopódio (DX) e comprimento de xilopódio (CX), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (tratamentos L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 79
- 34 Análises de variância e médias para peso fresco total (PFT), seco total (PST), radicular fresco e seco (PFR e PSR) e fresco e seco da parte aérea (PFPA e PSPA), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 81
- 35 Análises de variância e médias para peso fresco total (PFT m⁻²) e seco total (PST m⁻²), por metro quadrado de canteiro, com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010..... 83

- 10 Evapotranspiração (ETc) média diária das mudas de cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas. Quixeramobim, CE, 2009..... 52
- 11 Evapotranspiração (ET) média das mudas de cumaru dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009..... 52
- 12 Evapotranspiração (ET) média das mudas de cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função da presença (CC) ou ausência (SC) da cobertura morta no solo. Quixeramobim, CE, 2009..... 53
- 13 Altura de plantas de cumaru aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010..... 57
- 14 Diâmetro caulinar do cumaru aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010..... 58
- 15 Número de folhas do cumaru aos 365 dias após o transplante – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010..... 60
- 16 Relação entre a área foliar real e a largura da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009..... 61
- 17 Relação entre a área foliar real e o comprimento da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009..... 61
- 18 Relação entre a área foliar real e o comprimento x largura da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009..... 61
- 19 Área foliar do cumaru aos 365 dias após o transplante – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010.....63
- 20 Índice de área foliar do cumaru (IAF), aos 365 dias após o transplante – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010..... 66
- 21 Sobrevivência do cumaru (atribuindo-se o valor 1 para 100% das plantas presentes e 0 para 0% de presença), aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicado no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010..... 67
- 22 Número de folhas das plantas jovens de cumaru em canteiros (com dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$), aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função das quantidades de água aplicada no solo (L). Quixeramobim, CE, 2010..... 76
- 23 Razão de área foliar das plantas jovens de cumaru em canteiros (com dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$), aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função das quantidades de água aplicada no solo (L). Quixeramobim, CE, 2010..... 77

- 24 Peso fresco total das plantas jovens de cumaru em canteiros aos 210 dias após a
 semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E). Quixeramobim,
 CE, 2010..... 82
- 25 Peso fresco radicular (xilopódio) das plantas jovens de cumaru em canteiros aos
 210 dias após a semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E).
 Quixeramobim, CE, 2010..... 82
- 26 Peso fresco total das plantas jovens de cumaru em canteiros, aos 210 dias após a
 semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E). Quixeramobim,
 CE, 2010..... 84
- 27 Peso seco total das plantas jovens de cumaru em canteiros, aos 210 dias após a
 semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E). Quixeramobim,
 CE, 2010..... 84

LISTA DE APÊNDICES

Identificação	Página
A DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS (CUMARU) NO CAMPO (Experimento II: Sistema Agroflorestal).....	96
B PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA ÁREA DO SISTEMA AGROFLORESTAL COM CUMARU.....	97
C Distribuição das parcelas no Experimento III.....	98
D1 A . Vista geral do Experimento I aos 210 DAS (outubro 2008); B. Aos 240 DAS (novembro 2008), com leituras da CE na água de drenagem ;; C . Detalhe das mudas em início da recuperação das folhas, 270 DAS (dezembro 2008). Quixeramobim - CE, 2008.....	99
D2 A. Início do Experimento II com mudas preparadas para o transplântio (fevereiro 2009); B. Sistema agroflorestal implantado (cumaru, milho e feijão) aos 60 DAT (Abril 2009); C. Preparação das plantas de cumaru para fotos digitais, visando determinação de área sombreada para o cálculo do IAF, 120 DAT (junho 2009). Quixeramobim - CE, 2009.....	99
D3 Visão geral do Experimento III: A. canteiros em ambiente agroflorestal, preparados para plantio (Janerio 2010); B. Detalhe do sistema de drenagem dos canteiros aos 80 DAS (Abril 2010); C. colheita do cumaru cultivado em canteiros, 210 DAS (Agosto 2010). Quixeramobim - CE, 2010.....	100

RESUMO

O CULTIVO DO CUMARU (*Amburana cearensis*) EM DIVERSOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO SEMIÁRIDO

O cumaru, *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith, é uma espécie nativa do semiárido brasileiro, de múltiplas utilidades: apresenta madeira de boa qualidade e contém princípio ativo que pode ser utilizado nas indústrias alimentícias, de perfume e na produção de medicamentos. É, também, planta forrageira e melífera. Devido à sua importância, trabalhos de pesquisa necessitam ser conduzidos para avaliar sua participação em sistemas de produção agroflorestais no bioma Caatinga, uma potencial alternativa de sustentabilidade. É necessário conhecer a resposta da espécie em estudo, com relação à água, adubação orgânica e cobertura do solo, que são insumos produzidos e ciclados dentro do próprio agroecossistema; bem como seu desempenho em sistema agroflorestal e, ainda, a possibilidade do cultivo da planta em canteiros, para o que, três experimentos foram montados: o primeiro com mudas em viveiro, para estudar o efeito nessas da irrigação, matéria orgânica (esterco) e a presença da cobertura morta no solo; o segundo, para estudar o comportamento das mudas em um sistema agroflorestal, testando-se diferentes níveis de matéria orgânica no solo (esterco) e presença de cobertura morta no solo além de um terceiro experimento, testando-se o efeito da irrigação e do espaçamento entre plantas cultivadas em canteiros. No experimento I observou-se influência benéfica do esterco, ao longo do tempo, na qualidade do solo, e sobre a evapotranspiração; havendo influência negativa em relação ao número de folhas e ao diâmetro de xilopódio. A água influenciou de forma benéfica, diminuindo a Condutividade Elétrica da água de drenagem e aumentando o diâmetro do xilopódio, porém a evapotranspiração aumentou com as lâminas de irrigação. No experimento II o cumaru em sistema agroflorestal, mostrou-se economicamente viável, adaptado às condições de baixa matéria orgânica no solo, mas indiferente ao uso da cobertura morta. No experimento III a água influenciou apenas o número de folhas e a razão de área foliar; o espaçamento entre plantas afetou o peso fresco total e radicular, mas não o peso seco. Considerando a falta de uma metodologia para determinar a área foliar do cumaru, foi desenvolvido um modelo baseado no comprimento e na largura das folhas da planta.

Palavras-chave: agrofloresta, agroecologia, sustentabilidade, ecofisiologia.

ABSTRACT

CUMARU (*Amburana cearensis*) ON A VARIETY OF PRODUCTION SYSTEMS OF THE SEMIARID

The cumaru, is a native plant of the brazilian semiarid, with multiples uses: produces an excellent wood, has an active principle used on the food industries, perfumes and drugs and it is also forage and a melifera plant. Due to its importance. research is needed to evaluate its performance as an integrant of the agroforest systems on the ecological region Caatinga, a potential sustained system. It is necessary to know the response of the cumaru to water, fertilization and to the nature of soil surface, insumes originated and cycled on the proper agrosystem, its performance in the agroforest system and even the possibility of cultivation directly on seed beds. To accomplish this, three experiments were conducted. The first one with seedlings on a greenhouse as affected by the irrigation, organic fertilization (manure) and mulching. The second one to study the performance of cumaru seedlings on a agroforeet system, for different organic matter levels and mulching and the third one to study the effect of irrigation and plant spacement on plants cultivated on seed beds. On the first experiment it was observed a benefical effect of the manure application to the soil on soil quality, water consumption and evapotranspiration with a negative effect on the leave number and tubercular diameter. The increase of the irrigation water decreased the soil water Electrical Conductivity and increased the diameter of the tuberculo and the evapotranspiration. On the second experiment, the cumaru integrating an agroforest system showed to be economically viable, well adapted to low organic matter content of the soil and indifferent to the nature of soil surface (mulching). On the third it was observed that water influenced only the leaves number and the plant spacement only the total and root fresh phytomass. Considering the absence of a method to determine de foliar area of the *Amburana cearensis*, it was developed a model based on the length and wideness of the plant.

Key words: agroforest, agroecology, sustainability, ecophysiology.

1. INTRODUÇÃO:

O Semiárido Brasileiro é caracterizado pela má distribuição das chuvas, associadas a elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, solos rasos e, eventualmente, ventos fortes cujos efeitos sobre os ecossistemas são intensificados pelo manejo inadequado do solo e da água. Em geral, os sistemas de produção praticados na Região, quer pela agricultura tradicional ou pela moderna, não apresentam sustentabilidade (retorno às gerações atuais, sem o comprometimento das gerações futuras). São tecnologias adotadas, geralmente agressivas ao meio ambiente, resultando na redução drástica da biodiversidade, tanto nas áreas de cultivo como nas de pastagens, na exposição do solo à erosão, na sedimentação das fontes e mananciais, e no quase completo desaparecimento da fauna pela destruição de seus habitats.

Sistemas agrícolas tradicionais, predominantes em toda a Região, desmatamentos e queimadas repetidas ao longo de quase quatro séculos induziram a intensa degradação ambiental com os processos de desertificação patentes em extensas áreas dos sertões nordestinos. Os rendimentos da produção agrícola e pecuária alcançaram índices muito aquém dos necessários à geração de uma renda que garanta a qualidade de vida das populações sertanejas, intensificando o êxodo rural.

Os sistemas de produção agroflorestais (SAFs) foram desenvolvidos em resposta às pressões por produção de alimentos para a população humana. Integram a exploração de lenhosas perenes nativas com pastos ou outras espécies de valor econômico, a fim de garantir a estabilidade e elevar a produtividade da terra, diversificar a produção, melhorar a fertilidade do solo e aumentar a oferta de produtos de boa qualidade. A maior vantagem dos sistemas agroflorestais é precisamente sua capacidade de manter bons níveis de produção em longo prazo e melhorar a produtividade, de forma sustentável. Esta vantagem se deve, principalmente ao fato de que muitas árvores e arbustos utilizados nos SAFs têm, entre outras funções, a de adubar, proteger e conservar o solo. São quase sempre manejados sem aplicação de defensivos agrícolas químicos ou requerem quantidades mínimas dessas substâncias. Os efeitos negativos sobre o meio ambiente são, portanto, mínimos. Outro aspecto importante é que a associação entre árvores e arbustos nas culturas agrícolas e nas pastagens, contribui para a conservação dos rios e cursos de água.

O cumaru é uma espécie nativa de múltiplas utilidades; sua madeira de boa qualidade, fácil de trabalhar e com aroma agradável, é vendida no comércio com o nome de cerejeira. Suas raízes, entrecasca e sementes, produzem a cumarina, princípio ativo que,

além de ser utilizado nas indústrias alimentícias (doces e biscoitos), de cigarros e tabaco, indústrias de perfume como fixador, é utilizado na produção de medicamentos como o xarope de cumaru ou lambedores caseiros, de largo uso popular e de eficácia comprovada cientificamente como anti-inflamatório e broncodilatador (CANUTO, 2008). Pela sua beleza, a árvore pode ser usada como ornamental em projetos paisagísticos. Para a recuperação de solos e restauração florestal de áreas degradadas ela é utilizada tanto na fase inicial como nas fases posteriores do reflorestamento, inclusive como mata ciliar, em locais com inundações periódicas de curta duração (MAIA, 2004). Em sistemas agroflorestais pode ser usada como quebra-ventos e faixas arbóreas entre plantações. Como forrageira, suas folhas e vagens são consumidas pelos caprinos, tanto verdes como secas e pelos bovinos, depois de secas. É também de grande importância para a apicultura e meliponicultura, pelo fato de fornecer néctar na estação seca do ano, figurando entre as 18 espécies mais utilizadas pelas abelhas nativas para coleta de pólen e/ou néctar e como local de nidificação, além da utilização da sua madeira na construção de colmeias (MARINHO, et al., 2002).

Considerando que não existem trabalhos com respeito à resposta do cumaru ao manejo agroflorestal no bioma Caatinga, trabalhos de pesquisa necessitam ser realizados para validação dos sistemas de produção agroflorestais, constituindo-se em possíveis opções ecológicas, econômica e socialmente viáveis para as condições edafo-climáticas do Trópico Semiárido do Nordeste Brasileiro. Há que se conhecer a resposta da espécie em estudo desde a produção de mudas, com relação à água, adubação orgânica e cobertura do solo, que são insumos produzidos e ciclados dentro do próprio agroecossistema; bem como sua sobrevivência em condições de sistema agroflorestal, com culturas de subsistência e, ainda, a possibilidade do cultivo da planta em canteiros, para a produção de fitoterápicos de largo uso popular; pois conforme CANUTO (2008), as plantas jovens, podem, a partir de 7 meses de idade, substituir as cascas de plantas adultas, o que reduz o risco de extinção da espécie pelo extrativismo vegetal predatório.

1.1 - OBJETIVOS:

1.1.1. Objetivo geral:

Estudar a viabilidade técnica de um sistema agroflorestal (silvi-agrícola), com cumaru, no município de Quixeramobim, CE, como opção de desenvolvimento agrícola sustentável para a região e em geral para o semiárido nordestino.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Determinação da sensibilidade das mudas de cumaru, na presença da cobertura morta no solo.
- Determinação da sensibilidade das mudas de cumaru, com relação a diferentes quantidades de esterco no solo.
- Determinação da influência dos tratamentos sobre a salinidade do solo cultivado com mudas de cumaru.
- Determinação da evapotranspiração e do consumo de água das mudas de cumaru.
- Definição da lâmina de irrigação mais adequada para a produção de mudas de cumaru, quantidade de esterco e uso ou não de cobertura morta.
- Estimativa da sobrevivência do cumaru no campo, em função dos tratamentos.
- Determinação da rentabilidade do sistema agroflorestal proposto para agricultores familiares.
- Determinação de espaçamento e quantidade adequada de água para a produção de cumaru em canteiros, conduzidos em ambiente agroflorestal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A Caatinga e os sistemas convencionais de produção

A agricultura indígena não afetou os solos nem a vegetação da caatinga, em virtude de sua pouca intensidade de uso e do caráter itinerante. Foi somente após o avanço da pecuária nos sertões nordestinos que as atividades de uso agrícola se intensificaram e afetaram negativamente a caatinga (ARAÚJO FILHO, 2002).

Em geral, os solos da caatinga são pouco profundos, de baixa permeabilidade, baixo teor de matéria orgânica mas relativamente ricos em bases trocáveis. Recebem anualmente excesso de calor e luz, o que resulta em uma rápida mineralização da matéria orgânica. A fertilidade se baseia na sua alcalinidade e riqueza em bases. Portanto, os métodos empíricos de exploração desses solos deveriam estar fundamentados no menor distúrbio possível do meio biológico, reforçando-se o aporte de matéria orgânica pela manutenção de uma cobertura viva, formada por plantas fixadoras de nitrogênio e uma cobertura morta oriunda de restolhos culturais, esterco e fontes diversas de adubação verde (DUQUE, 2004 a e b). Entretanto, foram utilizados na caatinga métodos e práticas agrícolas próprias para solos de clima temperado. As matas foram derrubadas e se iniciaram lavouras nômades, utilizando-se o humo, queimando a vegetação em larga escala, expondo-se os solos à erosão sendo saqueados, assim, os recursos naturais renováveis. Estabeleceu-se, nos sertões nordestinos, a agricultura itinerante dos desmatamentos e das queimadas. Era o início da erosão dos solos, acelerada pela declividade do terreno. À medida em que a população humana crescia e sua demanda por alimentos aumentava, se desenvolviam, a passos compridos, os processos da destruição da vegetação primária e sua substituição por mata secundária ou pioneira. Nos sistemas agrícolas tradicionais, predominantes em toda a região, desmatamentos e queimadas repetidos ao longo de quase quatro séculos induziram a intensa degradação ambiental com os processos de desertificação patentes em extensas áreas dos sertões nordestinos. Os rendimentos da produção agropecuária alcançaram índices muito aquém dos necessários à geração de uma renda que garanta a qualidade de vida das populações sertanejas forçando, em consequência, a intensificação do êxodo rural (PIMENTEL, 2004).

Outra atividade historicamente ligada à caatinga é a da pecuária, passando pela alimentação dos animais que faziam o transporte de mercadorias e a própria Civilização do Couro, com o tradicional abate de bovinos criados em regime extensivo, cujos cuidados com os animais e com as pastagens eram os mínimos possíveis. Mesmo sem cercas para delimitar as propriedades ainda havia sobrepastoreio, considerando-se o hábito gregário de pastoreio e a seletividade dos bovinos. Além disto, as secas periódicas causavam grandes mortalidades nos rebanhos em função do elevado número de animais e da drástica redução da disponibilidade de forragem. E, desde o início do século XX, o cercamento das pastagens tem contribuído muito para o aumento excessivo do uso das pastagens, agravando as consequências para a vegetação e para o solo. Atualmente, a degradação das pastagens nativas se encontra em praticamente toda a região sertaneja, seja pela

dominância de espécies botânicas de baixo ou nenhum valor forrageiro, seja por áreas nas quais os solos já estão sendo atingidos pela erosão laminar (caracterizada pelo crescente aparecimento de seixos rolados) seja pela compactação do solo ou pela exposição do horizonte B.

Assim, o processo de desertificação avança pelo semiárido nordestino, como consequência das práticas agrícolas e pastoris, realizadas ao longo dos séculos. Esta situação se agrava pela crescente redução da biodiversidade e da cobertura do solo, causadas pelo desmatamento e queimadas, além do fato de os criadores estarem optando pela criação de ovinos e caprinos que, se conduzidas nas mesmas bases históricas da de bovinos, certamente aumentarão os riscos de erosão do solo pela elevada capacidade seletiva e hábito de pastejo desses pequenos ruminantes, tornando os efeitos do superpastoreio bem piores que os de bovinos (ARAÚJO FILHO, 2002).

Nos sertões nordestinos predominam, atualmente, sistemas de produção mistos, com lavouras de policultura, pecuária e extração de madeira. As práticas da agricultura tradicional incluem o desmatamento total, a queimada da madeira, cultivo de até dois anos e pousio (ausência de cultivo ou outro uso da terra) para recomposição da vegetação nativa e da fertilidade do solo. As áreas em processo de degradação já somam mais de 20 milhões de hectares, correspondendo a cerca de 22% da região semiárida. As causas deste processo se ligam ao fato de que quase todas são de origem antrópica e estão associadas principalmente às práticas inadequadas de exploração de seus recursos físicos e biológicos destacando-se, entre elas, os sistemas de cultivo espoliativos, o superpastejo da caatinga e o extrativismo predatório. A degradação dos recursos hídricos locais também tem ocorrido pela destruição da cobertura florestal, em razão de desmatamentos e queimadas, inclusive de matas ciliares (SILVA & GUIMARÃES FILHO, 2006).

Com base na sucessão secundária (associação de espécies que surgem após um desmatamento) da vegetação da caatinga, o pousio deveria ser de pelo menos 40 anos (ARAÚJO FILHO, 2006). Entretanto e devido à pressão demográfica, em extensas áreas do Nordeste o pousio foi reduzido para menos de dez anos. Como resultado, a Caatinga é, hoje, um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades antrópicas. As alterações são resultado de usos irracionais, indo desde a exploração de madeira para combustível até a substituição da vegetação nativa por práticas agrícolas inapropriadas. Toda essa devastação, aliada ao clima, fez a Caatinga apresentar, hoje, as maiores áreas dentro do território nacional, que passam por processo de desertificação (MMA/SBF, 2002).

2.2. Sistemas agroflorestais

Se bem manejados, os sistemas agroflorestais poderão ser uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas e para a reposição florestal das áreas já abertas. Podem, ainda, possibilitar a agricultura permanente permitindo a produção de várias culturas numa mesma área, por muitos anos, com retorno a curto, médio e longo prazos (PENEIREIRO et al., 2008).

DUBOIS (1996) apresenta uma classificação simplificada dos sistemas agroflorestais:

- *Sistemas silvi-agrícolas*, caracterizados pela combinação de árvores ou arbustos com espécies agrícolas. Exemplos: consórcios agroflorestais simples do tipo café-freijó ou, mais complexas, como pupunha/ cupuaçu/ castanheira-do-brasil/ mogno.
- *Sistemas silvipastoris*, caracterizados pela combinação de árvores ou arbustos com plantas forrageiras herbáceas e animais. Exemplo: a combinação de pasto com castanheira do Brasil.
- *Sistemas agrossilvipastoris*, caracterizados pela criação ou manejo de animais em consórcios silvi-agrícolas. Exemplos: agrofloresta para criação de porcos; um quintal com fruteiras, hortaliças e galinhas.

Vale lembrar que a pesquisa agroecológica se preocupa não com a maximização da produção de uma atividade em particular mas, sim, com a otimização do agroecossistema, como um todo, o que implica em maior ênfase no conhecimento, na análise e na interpretação das complexas interações existentes entre as pessoas, os cultivos, os solos e os animais (ALTIERI, 1989, 1995).

Segundo FEIDEN, 2005, a implantação de um novo sistema de produção deve basear-se no princípio geral de que: quanto mais um agroecossistema se parecer com o ecossistema da região biogeográfica em que se encontra em relação à sua estrutura e função, maior será também a probabilidade deste agroecossistema ser sustentável. Por isto, deve-se estabelecer sistemas de produção que se aproximem o máximo dos ecossistemas naturais, o que não é fácil e exige um alto grau de conhecimento ecológico, agrônomo e socioeconômico. Como ciência em construção a agroecologia visa atender a essas demandas de conhecimento. Ao incorporar as questões sociais e respeitar a cultura e o conhecimento local, busca preservar a identidade, os costumes e as tradições de cada povo, propiciando a conquista de direitos sociais e a melhoria da qualidade de vida dessas populações, ao invés de focar apenas a produção pela produção, esquecendo as

aspirações dos homens por ela responsáveis. Não há receitas prontas nem é possível desenvolver pacotes tecnológicos agroecológicos, para desenvolver o sistema. Com base no princípio de imitar o ecossistema original, deve-se procurar uma agricultura movida basicamente pelo sol, que passe a ser a principal fonte de energia. Também se deve trabalhar pelo fechamento dos ciclos de nutrientes e pela reativação dos mecanismos de autocontrole das populações. Dentro desses princípios e segundo o autor, os passos possíveis e não exclusivos para a construção do novo sistema de produção agroecológico poderiam ser: reduzir a dependência de insumos comerciais, utilizar recursos renováveis e disponíveis no local; enfatizar a reciclagem de nutrientes; introduzir espécies que criem diversidade funcional no sistema; desenhar sistemas que sejam adaptados às condições locais e aproveitem, ao máximo, os microambientes; manter a diversidade, a continuidade espacial e temporal da produção; otimizar e elevar os rendimentos sem ultrapassar a capacidade produtiva do ecossistema original; resgatar e conservar a diversidade genética local, os conhecimentos e cultura locais.

Em levantamento de literatura sobre os SAFs, apresentado por YARED (2007), não consta qualquer Estado no Brasil onde se localize o bioma caatinga, como local de sistemas agroflorestais implantados, podendo ou não esses Estados serem incluídos nos 5% de trabalhos cujo local não foi citado. Sabe-se que há iniciativas isoladas, como as de instituições de pesquisa a exemplo da EMBRAPA – Caprinos (CNPQ), Universidades e algumas Organizações Não Governamentais, em vários Estados do Nordeste brasileiro, como a experiência citada por OLIVEIRA & ARAÚJO (2008).

2.3. Matéria orgânica e cobertura morta no solo

O uso de quantidades adequadas de matéria orgânica e cobertura morta no solo para a produção de mudas, deve ser considerado uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, como a água. A matéria orgânica, procedente de animais como esterco bovino, ovinos, aves e outros de origem vegetal obtidos de restos de culturas e posteriormente decompostos pelo processo da atividade microbiana, é um rico componente capaz de aumentar a capacidade de armazenamento de água dos solos e aumentar a produtividade agrícola das culturas. Sua composição é muito variada mas, em geral, é boa fornecedora de fósforo, potássio, nitrogênio e outros nutrientes. Tem efeito direto sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo considerada peça fundamental para a manutenção da capacidade produtiva dos solos em qualquer ecossistema terrestre.

Do ponto de vista físico melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes. Por constituir a principal fonte de macro e micronutrientes essenciais às plantas, a matéria orgânica atua diretamente sobre a fertilidade do solo e, indiretamente, através da disponibilidade dos nutrientes devido à modificação do pH. Biologicamente, a matéria orgânica aumenta a atividade de organismos presentes, sendo fonte de energia e de nutrientes para as plantas (RICCI, 2006).

A exposição do solo descoberto, arado e gradeado intensivamente e exposto ao impacto direto das gotas de chuva, provoca o fracionamento dos agregados, formando crostas superficiais, e é responsável por uma acentuada degradação resultante da erosão hídrica que, em algumas regiões, se constitui em um dos maiores problemas da agricultura. O uso dos restos de culturas como cobertura vegetal morta por ser simples e eficaz, torna-se uma maneira das mais econômicas para reduzir os danos causados pela ação erosiva das gotas de chuva (BERTONI et al., 1986). Esta eficácia se deve à proteção que restos de culturas oferecem contra o impacto direto das gotas de chuva na superfície do solo, reduzindo a velocidade de escoamento superficial, por aumento da rugosidade e o favorecimento do processo de infiltração da água no perfil. Além disto, a cobertura morta também diminui o consumo de água, pela diminuição na evapotranspiração.

As coberturas protetoras também desempenham importante função no controle das variações da temperatura no interior do solo, particularmente próximo da superfície, podendo alterar consideravelmente o ambiente para o desenvolvimento da flora e da fauna do solo. Portanto, é fácil admitir-se ser possível produzir mais e com melhor qualidade, se houver atenção com a qualidade física dos solos, promovendo-se condições para uma temperatura adequada do ambiente radicular das plantas, já que a temperatura do solo é um dos cinco fatores essenciais à produção de qualquer espécie vegetal (AMMA, 1982).

PIMENTEL (2008), concluiu que o consumo de água de irrigação e a evapotranspiração do cumaru diminuíram com o aumento nas doses de esterco no solo e com a presença de cobertura morta.

2.4. O cumaru

O cumaru (*Amburana cearensis*) pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae*. É uma árvore de copa achatada e curta na caatinga; já nas florestas úmidas é alta, larga e umbeliforme. Caule ereto, com casca lisa, de cor variável, amarelo-avermelhado e vermelho pardacento, soltando lâminas finas irregulares e transparentes. Casca interna, amarelada, fibrosa, exala forte odor característico de cumarina; apresenta-se gordurosa e o sabor é amargo. Folhas compostas, alternas, imparipenadas, com 7 a 11 folíolos pequenos (2,5-5 x 1-2,5 cm), ovados de ápice não agudo. A brotação nova tem um verde-claro brilhante. As flores são branco-amareladas, miúdas e muito aromáticas; formam racimos com muitas flores, axilares ou nas pontas dos ramos, cobrindo inteiramente os galhos despidos de folhas por ocasião da floração. O fruto é uma vagem de 7-9 cm de comprimento, em forma de bilro de fazer renda, achatada, quase preta por fora, amarela e lisa por dentro, com apenas uma semente. Na deiscência as duas valvas se separam, inicialmente pela extremidade onde está a semente à qual permanece por algum tempo, pendente entre as duas valvas. A semente de 1 a 2 cm, é achatada, rugosa, preta, rica em cumarina, de cheiro ativo e agradável de baunilha, que se conserva mesmo depois de longo armazenamento, e de sabor amargo e picante. Ela é provida de uma asa de 5 cm de comprimento e de cor amarelo-pálido e não são atacadas por insetos. A madeira é de cor bege a castanho, com estrias mais claras, moderadamente dura e pesada (densidade de 0,60 g cm⁻³), macia, porosa, elástica, superfície irregularmente lustrosa e medianamente lisa ao tato. É madeira fácil de ser trabalhada e valiosa, com bom preço nos mercados nacional e internacional (MAIA, 2004).

O cumaru ocorre espontaneamente nas regiões secas do Brasil, em especial na caatinga do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, mas também se encontra desde Minas Gerais até a Argentina (norte), Paraguai (nordeste), Bolívia (sul) e Peru (nordeste). A amplitude ecológica desta espécie no Brasil vai da caatinga à floresta pluvial do Vale do Rio Doce, nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais, e abrange os afloramentos calcários e matas decíduas do Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (LORENZI, 1992). Por ser uma árvore de múltiplos usos, adaptada às condições especiais do semiárido e considerada em perigo de extinção, deve ser plantada em reflorestamentos, sistemas agroflorestais ou para enriquecer a vegetação degradada existente (MAIA, 2004).

As plântulas de *Amburana cearensis* desenvolvem uma hipertrofia subterrânea, denominada xilopódio, que serve para armazenar água e nutrientes necessários para o desenvolvimento da espécie, nos primeiros anos de vida (LIMA, 1989). CUNHA & FERREIRA (2003) confirmam que a tuberosidade da raiz se constitui em uma estratégia adaptativa, a qual dota a planta de alto poder de rebrotamento, em caso de dano à parte aérea. O xilopódio apresenta-se carnoso, napiforme e de coloração vermelha. Aos 9 meses o tubérculo atinge 3 cm de diâmetro e emite numerosas raízes fibrosas, longas e finas (CARVALHO, 1994).

A. cearensis é frequentemente confundida com a espécie *Dipteryx odorata* devido à denominação popular comum cumaru, além de ser equivocadamente classificada como pertencente aos gêneros *Pterodon* ou *Stryphnodendron* (CORRÊA, 1984). Já o termo imburana costuma provocar iguais equívocos na identificação, por se referir também à *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae), comumente conhecida como imburana-de-espinho. Entretanto, a planta (*Amburana cearensis*) é reconhecida pela casca característica, sem espinhos e com forte cheiro de cumarina e pelo fruto característico (MAIA, 2004).

O gênero *Amburana* é formado apenas de duas espécies, *A. acreana* Ducke e *A. cearensis* A.C. Smith, as quais possuem grande importância econômica e medicinal. Enquanto a primeira espécie se apresenta na forma arborescente de alto fuste, ocorrendo em matas altas e fechadas, *A. cearensis* assume a forma arbustiva de fuste curto, predominando em formações vegetais tropicais a subtropicais secas (CARVALHO, 1994).

Pelo modo como é explorada, extrativismo vegetal, com a prática do “anelamento” da casca, compromete-se a sobrevivência da espécie no bioma Caatinga, ficando a mesma em risco de extinção. Daí, a necessidade de maiores estudos sobre a produção de mudas do cumaru levando-se em consideração a realidade local, de vez que os estudos e literatura especializada pouco levam em consideração as condições do semiárido.

TROVÃO et al. (2007) concluíram, estudando algumas espécies da caatinga, entre elas o cumaru, que as espécies avaliadas têm suas características próprias de adaptação porém se utilizam de artifícios para manter o estoque de água no interior da planta durante o período de deficiência hídrica que quase sempre é longo visto que, mesmo em condições de estresse, o potencial hídrico é muito alto (pouco negativo) quando comparado com o potencial hídrico de outras espécies cultivadas em condições semelhantes. Muitas medidas funcionais são desencadeadas pelas plantas para sobreviverem em condições de estresse

hídrico ocasionado pela seca, entre as quais modificações anatomomorfológicas, em que se incluem aprofundamento do sistema radicular, diminuição no tamanho da folha, expansão caulinar e perda de folhas, dentre outras. Os referidos autores observaram ainda que, conforme a análise estatística das medições dos potenciais hídricos nos dois períodos (estiagem e chuvoso), as espécies *A. cearensis* e *C. leptophoeos*, mesmo com quedas tão altas, não apresentaram diferenças estatísticas entre os dois períodos tratando-se, portanto, de espécies pouco sensíveis à variação no conteúdo de água no solo.

Essas informações confirmam os resultados de RAMOS et al. (2004) em que, apesar da irrigação em viveiro, as plantas de *Amburana cearensis* mantiveram seu padrão de deciduidade, indicando que esta é uma característica intrínseca.

2.4.1 Utilidades do cumaru

O cumaru *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith é uma planta de múltiplas utilidades pois sua madeira, de excelente qualidade, fácil de trabalhar e com aroma agradável, é vendida no comércio com o nome de cerejeira. Utiliza-se a madeira em virtude de apresentar baixa retratibilidade e resistência mecânica entre baixa e média, na confecção de móveis de luxo, folhas faqueadas decorativas, escultura, tanoaria, acabamento interno, lambris, balcões, tonéis etc. A madeira possui durabilidade baixa em condições favoráveis ao apodrecimento e no ataque de cupins subterrâneos. A secagem deve ser cuidadosa pois tende a empená-la (ROSSI, 2008).

Suas raízes, entrecasca e sementes, produzem a cumarina, princípio ativo que, além de ser utilizado nas indústrias alimentícias (doces e biscoitos), de cigarros e tabacos, indústrias de perfume como fixador; é utilizado na produção de medicamentos, como o xarope de cumaru ou lambedores caseiros, de largo uso popular e de eficácia comprovada cientificamente como anti-inflamatório e broncodilatador (MATOS, 2002). É uma árvore que, pela beleza, pode ser usada ornamentalmente em projetos paisagísticos. Para recuperação de solos e restauração florestal de áreas degradadas é utilizada tanto na fase inicial como nas fases posteriores do reflorestamento, inclusive como mata ciliar, em locais com inundações periódicas de curta duração (MAIA, 2004). Em sistemas agroflorestais pode ser usada como quebra-ventos e faixas arbóreas entre plantações. Como forrageira suas folhas e vagens são consumidas pelos caprinos, tanto verdes como secas e pelos bovinos, depois de secas. É também de grande importância para a apicultura e meliponicultura pelo fato de fornecer néctar na estação seca do ano, figurando entre as 18

espécies mais utilizadas pelas abelhas nativas para coleta de pólen e/ou néctar e como local de nidificação, além da utilização da sua madeira na construção de colmeias (MARINHO, et al., 2002).

CANUTO (2008) isolou e identificou, analisando extratos etanólicos da casca do caule e das sementes de *Amburana cearensis* silvestres, duas cumarinas, dois ácidos fenólicos, quatro flavonóides e sete amburosídeos e comparou alguns compostos etanólicos da casca do caule da planta silvestre com plantas cultivadas (parte aérea e xilopódio), obtendo o amburosídeo A, como constituinte majoritário das plantas silvestres e, das jovens, ácido vanílico e cumarina, revezando-se como principais componentes, dependendo da parte e da idade da planta estudada. O autor defende, ainda, a substituição da utilização de plantas adultas por plantas jovens, como alternativa para evitar sua extinção, considerando que a partir de 7 meses de cultivo plantas jovens já exibem atividade anti-inflamatória e analgésica, similares às da planta adulta silvestre.

Estudando a influência do tratamento térmico na composição química da madeira de umburana (cumaru), bálsamo e carvalho, LEÃO (2006) cita que a escolha das três espécies se baseia no fato de a pesquisa, junto a produtores de cachaça e fabricantes de tonéis, ter indicado serem as madeiras mais utilizadas para o envelhecimento de cachaças.

Em estudos relativos a produtos naturais para o combate ao mal de Alzheimer, feitos por VIEGAS JÚNIOR et al. (2004) o cumaru (*Amburana cearensis*) ficou entre as três espécies vegetais que demonstraram os melhores resultados, inibindo de 65-100% a atividade enzimática da acetilcolinesterase. LIMA et al.(1997) fizeram a avaliação das propriedades antifúngicas do extrato de algumas plantas usadas na medicina popular, entre elas o extrato de *Amburana cearensis*, contra *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *M. canis* e *E. floccosum*, isolados de pacientes portadores de dermatofitoses. Os extratos estudados mostraram efeitos antifúngicos “in vitro”, até a concentração de 1.250 mg/ml.

Segundo ALMEIDA et al. (2006), a *Amburana cearensis* figura entre as plantas utilizadas na fitoterapia veterinária, no tratamento de anorexia, diarreia e endoparasitos, preparada por maceração.

FELIX et al. (2007) constataram alterações na germinação e principalmente no desenvolvimento de plântulas de alface e de rabanete, ocasionadas pelo potencial alelopático de *Amburana cearensis*.

Segundo SANTOS et al. (2006) a *Amburana cearensis* é uma das espécies que se destacam por sua floração durante o período seco, indicando a importância como fonte de alimento também para a criação de *Apis mellifera* e no período em que a caatinga

apresenta pouca oferta de recurso; entretanto, FREITAS & PEREIRA (2004) citam a *Amburana cearensis* como fonte de pólen, com florescimento no período chuvoso. Esses últimos dados são confirmados por SENA & GARIGLIO (2008) ao apresentarem tabela contendo informações sobre as espécies utilizadas para diferentes finalidades na Região Nordeste, na qual a época de floração do cumaru é descrita para os meses de abril a junho e de colheita entre junho e setembro.

O cumaru é uma árvore que pode ser usada como componente em reflorestamentos mistos, comerciais e/ou ambientais, em enriquecimento de capoeiras e caatinga degradada, para recuperação de solos e restauração florestal de áreas degradadas, tanto na primeira como nas fases posteriores, podendo ser empregada na reposição de mata ciliar, em locais com inundações periódicas de curta duração e, ainda, na composição de quebra-ventos e faixas arbóreas entre plantações fornecendo, ao mesmo tempo, alimento para as abelhas na estação seca e produzindo madeira nobre. É uma árvore ornamental, principalmente pelos ramos e troncos que são lisos, de cor vinho ou marrom-avermelhado, passível de ser empregada com sucesso no paisagismo em geral (MAIA, 2004).

PEREIRA et al. (2001) citam a *Amburana cearensis* como uma das espécies indicadoras da intensidade de perturbação antrópica em ecossistemas de caatinga uma vez que as alterações da vegetação foram diretamente proporcionais ao nível de perturbação a que os ambientes haviam sido submetidos.

O uso do cumaru já está enraizado em nossa cultura desde a civilização indígena pois, conforme MORAIS, et al. (2005), os índios Tapebas, do Ceará o utilizam como planta medicinal.

2.4.2 Ecofisiologia e fenologia do cumaru

A literatura disponível sobre o cumaru ainda é bastante escassa, por se tratar de uma espécie nativa que, normalmente, não é cultivada, mesmo diante de tantos alertas e recomendações para que sejam adotadas medidas mitigadoras com relação à proteção do meio ambiente e figurar entre as espécies que correm risco de extinção, caso não sejam realizadas ações preventivas. Pouco se conhece sobre a fenologia e fisiologia desta planta, carecendo de estudos agronômicos, até mesmo nas fases iniciais da produção de mudas, embora tenha, como já apresentado, grande potencial como árvore de usos múltiplos.

O cumaru é uma espécie heliófila medianamente tolerante a baixas temperaturas; segundo ENGEL & POGGIANI (1990), em condições naturais ele apresenta melhores

chances de regeneração sob a cobertura da mata tolerando, inclusive, intensidades luminosas bastante reduzidas, em decorrência de um dossel fechado. O cumaru demonstrou tratar-se de uma espécie tolerante à sombra, pelo menos durante sua fase inicial de crescimento. É uma espécie que apresenta bom potencial para plantio de enriquecimento em matas, já que responde favoravelmente ao sombreamento. Segundo ROSSI (2008) ele não brota depois de cortado e é sensível à salinidade dos solos; desenvolve-se bem em plantios puros a pleno sol e em solos de boa fertilidade, mas apresenta ramificação pesada, sem dominância apical. Os autores sugerem, ainda, que a espécie é favorecida por níveis de sombra acima de 56%, pelo menos durante a fase inicial de crescimento, inclusive não sendo capaz de se adaptar às condições de plena luz de maneira satisfatória, pelas altas taxas de mortalidade demonstradas. Supõe-se que, em condições naturais, ela apresentaria melhores chances de regeneração sob a cobertura da mata tolerando, inclusive intensidades luminosas bastante reduzidas, em decorrência de um dossel fechado. Resultados benéficos do sombreamento das mudas de cumaru também foram obtidos por DRUMOND & LIMA (1993), estudando quatro níveis de sombreamento: 25, 50 e 70% por meio de telas poliolefinas e 0% a testemunha (semeadura a céu aberto). A área foliar e a altura das plantas tenderam a aumentar com o aumento do nível de sombreamento ressaltando-se, porém, que a altura máxima foi obtida com 50% de sombreamento. No entanto, alguns autores, como BARBOSA (1983) e LUZ (1985) apud ENGEL & POGGIANI (1990), consideram o cumaru uma espécie adaptada a condições de pleno sol. A maioria das variáveis, como a relação raiz/parte aérea com base na matéria seca e o peso seco total, indicou decréscimo com o aumento do sombreamento, salvo a porcentagem de germinação e a sobrevivência, que foram maiores com 25% de sombreamento. Em RAMOS et al. (2004) se acham resultados que ajudam a esclarecer a resposta do cumaru ao sombreamento tendo em vista que esses autores trabalharam com biomassa total, incluindo o peso das raízes e encontraram cerca de 80% da biomassa total no sistema radicular. Assim, a biomassa foi maior a 0% de sombreamento, seguindo de 50 e 70% de sombreamento enquanto a menor média foi de 90% de sombreamento. O desenvolvimento da espécie foi melhor a pleno sol até 50% de sombreamento (estatisticamente diferente dos demais tratamentos: 70 e 90%). Devido a sua tolerância ao sol pleno, os autores sugeriram a introdução desta espécie em estádios iniciais de recuperação de florestas estacionais degradadas e testá-la para reflorestamento. Salienta-se que na pesquisa supracitada as mudas foram submetidas aos tratamentos dos quatro meses de idade, até os 19 meses de idade.

O desenvolvimento das plantas no campo é lento, não ultrapassando 1,5 m nos 2 primeiros anos. O incremento médio máximo registrado é de $2,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aos nove anos de idade, em Santa Helena, PR, de acordo com CARVALHO (1994).

LIMA (2007), estudando padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas no semiárido brasileiro, cita a *Amburana cearensis* como uma das seis espécies que iniciam o brotamento, floração e/ou frutificação na estação seca, apresentando baixa densidade de madeira e armazenando grandes quantidades de água no caule, com queda de folhas antes das demais espécies, na transição do período chuvoso ao seco. O brotamento foi positivamente correlacionado com o fotoperíodo, ao contrário das espécies com alta densidade de madeira, que se mostraram fortemente dependentes da precipitação, no que se refere ao brotamento, floração e frutificação, com queda foliar variando ao longo da estação seca. Embora seja uma espécie que sobrevive em condições de seca, adaptada à semiaridez, exigente em calor e luminosidade, para que haja sucesso no pegamento das mudas durante a estação chuvosa elas têm que ser produzidas no período seco do ano, sob irrigação, tolerando também, nesta fase, certo grau de sombreamento. E, mesmo diante desta constatação, são raros os trabalhos, como o de PIMENTEL (2008), com indicação da exigência hídrica das plantas e do efeito da cobertura morta do solo, concluindo não haver influência da água nas taxas de crescimento do cumaru (absoluto e relativo) da altura e diâmetro caulinar mas somente influência da interação água, esterco e cobertura morta na taxa de crescimento absoluto de altura de plantas. Observou-se, ainda, uma grande economia no consumo de água com o uso da cobertura morta. Já com relação à matéria orgânica, ANGELIM et al. (2007) obtiveram, trabalhando com quatro tratamentos de matéria orgânica no solo: T1 = solo puro (100%), T2 = 75% solo + 25 % esterco umificado, T3 = 50% solo + 50% esterco umificado e T4 = 25% solo + 75% esterco umificado, até a medição realizada aos 90 dias, que todos os tratamentos apresentavam os mesmos resultados referentes ao aumento do diâmetro do caule e altura. Entretanto se verificou, a partir da medição correspondente aos 120 dias que, em geral, o substrato de crescimento das plantas que apresentou melhor resultado foi aquele no qual não se aplicou adubo orgânico. Constatou-se, com relação ao número de folhas, que os tratamentos começaram a se diferenciar quanto à formação das folhas a partir da terceira medição, ou seja, aos 90 dias de implantação do experimento. A aplicação de matéria orgânica exerceu pouca influência no crescimento e no desenvolvimento das folhas, haja vista que se verificaram os melhores resultados nos tratamentos correspondentes a 0% de matéria orgânica. Os resultados obtidos nelas variáveis: peso seco da parte aérea, peso fresco da

parte aérea, peso fresco do sistema radicular e peso seco do sistema radicular, não apresentaram diferença significativa nos diferentes tratamentos testados. Os referidos autores supuseram que a espécie *A. cearensis* parece estar bem adaptada às condições adversas, como falta de água e também à reduzida concentração de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes no solo. Esta adaptação deve, provavelmente, ter contribuído para que as plantas apresentassem o melhor crescimento e desenvolvimento morfológico em solo sem aplicação de matéria orgânica (ANGELIM et al., 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Localização e características da área

O experimento foi conduzido no Núcleo de Educação Ambiental (NEA), vinculado ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), em parceria com o Movimento dos Sem Terra (MST), no Município de Quixeramobim, localizado na área do Sertão Central do Estado do Ceará, com área de 3.275 km², uma das maiores extensões municipais, correspondendo a 2,44% do território cearense. Está encravado na região semiárida, apresentando coordenadas geográficas com 5° 12'08" de latitude sul, 39° 17'11" de longitude oeste e altitude de 196 m acima do nível do mar. A distância da sede do município a Fortaleza, capital do Estado do Ceará, é de 204 km, pela rodovia CE 060. Segundo o IBGE (2010), em 2010 a população total era de 71.887 habitantes, incluindo zona rural e urbana. O território do município de Quixeramobim apresenta prevalência de solos com declividade de 0-5% e classes distribuídas em: Bruno Não Cálculo (37,4%), Planossolo Solódico (34,7%), Litólico (9,6%), Brunizem Avermelhado (8,8%), Podzólico Vermelho-Amarelo (6,6%), Vertissolo (2,4%) e Regossolo (0,5%).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo *BShw'* – semiárido com curta estação chuvosa no verão-outono, com concentração das chuvas nos meses de março e abril (Anexo). A pluviosidade média normal do município é de 708,5 mm (FUNCEME, 1988). A temperatura média varia entre 22,8 ° C e 32,5 ° C. Os recursos hídricos são formados pelos açudes Fogareiro (Bacia do Rio Banabuiú), com capacidade para 118.820.000 m³, perenizando o rio e o açude Quixeramobim (também na bacia do Rio Banabuiú) com capacidade para 54.000.000 m³ desaguando no próprio Rio Banabuiú, perenizado pelo açude Patu (localizado em Senador Pompeu, CE); além de vários açudes

públicos e privados de médio e pequeno porte, sem contar com as lagoas e reservas subterrâneas de aquífero cristalino.

De acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2007), em 2006 o município produziu 101 t de madeira na forma de carvão vegetal, no valor de R\$30.000,00; na forma de lenha foram 13.730 m³ no valor de R\$55.000,00 e 440 m³ na forma de madeira, no valor de R\$8.000,00. As principais culturas agrícolas são: milho, com 8.980 ha e produtividade média de 317 kg ha⁻¹, feijão em 6.570 ha (313 kg ha⁻¹), e algodão herbáceo ocupando 352 ha (664 kg ha⁻¹), além do sorgo e da mamona, conforme o Censo Agropecuário, 2007.

O rebanho bovino era, em 2006, de 81.800 cabeças, os ovinos de 45.300 cabeças, caprinos com 9.100 cabeças, 7.650 suínos e a produção leiteira anual era de 15.696.000 de litros.

O experimento foi conduzido em três etapas, a primeira em condições de ambiente protegido, em viveiro de mudas (Experimento I), a segunda no campo, em um sistema agroflorestal de sequeiro (experimento II), e a terceira em canteiros irrigados em ambiente agroflorestal (Experimento III).

3.2 Experimento I (viveiro)

O experimento foi desenvolvido no período de Agosto de 2008 a Janeiro de 2009, em condições de ambiente protegido, em um viveiro de mudas, utilizando-se 120 vasos, funcionando como lisímetros de drenagem, com capacidade de 5,95 litros (diâmetro máximo de 21 cm e altura de 23 cm) e um sistema de drenagem composto de 0,3 litro de brita, 0,3 litro de areia e um recipiente plástico para coleta da água.

Cada vaso recebeu o mesmo volume de solo devidamente destorroado e misturado com o esterco bovino curtido, conforme os tratamentos N1, N2 e N3, na proporção de 25, 50 e 75% em volume, respectivamente. Além dos três níveis de esterco foram testadas: cinco lâminas de irrigação: L₁, L₂, L₃, L₄ e L₅ correspondentes a 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração, respectivamente, e presença e ausência de cobertura morta (CC e SC, respectivamente).

As avaliações consideradas foram obtidas a partir dos 177 dias após a semeadura (DAS), tendo em vista que até os 147 DAS os mesmos tratamentos produziram os resultados já apresentados em dissertação de mestrado (PIMENTEL, 2008) e artigo de revista (PIMENTEL & GUERRA, 2011).

3.2.1 - Solo utilizado

O solo utilizado proveio de um aluvião coberto por vegetação remanescente do antigo Horto Florestal, atual Núcleo de Educação Ambiental do IBAMA, no município de Quixeramobim, CE, coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A). É classificado como pertencente à ordem dos Planossolos. O solo foi homogeneizado com as devidas proporções de esterco bovino curtido, que constituíram os tratamentos N1, N2 e N3, tendo a amostra N1: 25%, a amostra N2: 50% e a amostra N3: 75% de esterco no solo. Analisaram-se, também, amostras constituídas de solo puro. As análises físico-hídricas e químicas do solo e misturas de solo mais esterco, foram realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, cujos resultados estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) do solo Quixeramobim, CE, 2008

Atributos	Unidade	Valor
Físico-Hídricos		
Areia	g kg ⁻¹	780
Silte	g kg ⁻¹	180
Argila	g kg ⁻¹	40
Classificação textural	Areia Franca	
Densidade		1,35
Grau de flocculação	g 100g ⁻¹	50,0
Umidade a 0,033 MPa	g 100g ⁻¹	9,79
Umidade a 1,5 MPa	g 100g ⁻¹	5,13
Água disponível	g 100g ⁻¹	4,66
Químicos (complexos sortivo)		
Cálcio (Ca ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	6,00
Magnésio (Mg ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	1,50
Sódio (Na ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,10
Potássio (K ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,79
H ⁺ + Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	2,47
Soma das bases (S)	cmol _c kg ⁻¹	8,40
T	cmol _c kg ⁻¹	10,9
Saturação de bases (V)	%	77,0
PST	%	1,00
Carbono (C)	g kg ⁻¹	10,14
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	1,04
C/N	-	10,0
Matéria orgânica	g kg ⁻¹	17,48
P Assimilável	mg kg ⁻¹	85,0
pH em água	-	7,50
CE	dS m ⁻¹	0,64

Análises realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da UFC

Tabela 2 - Características físico-hídricas e químicas (complexo sortivo) das amostras da mistura solo mais esterco. Quixeramobim, CE, 2008

Atributos	Unidade	Amostras		
		Am. N1	Am. N2	Am. N3
Físico-hídricos				
Areia	g kg ⁻¹	760	740	790
Silte	g kg ⁻¹	170	170	160
Argila	g kg ⁻¹	70	90	50
Densidade		1,27	1,21	1,02
Grau de floculação	g 100g ⁻¹	40,00	70,00	70,00
Umidade a 0,033 MPa	g 100g ⁻¹	13,13	19,34	35,18
Umidade a 1,5 MPa	g 100g ⁻¹	9,04	16,58	31,15
Água disponível	g 100g ⁻¹	4,09	2,76	4,03
Químicos (complexo sortivo)				
Cálcio (Ca ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	9,40	11,60	16,00
Magnésio (Mg ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	2,60	6,00	10,80
Sódio (Na ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	1,01	2,72	5,30
Potássio (K ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	2,52	3,39	9,53
H ⁺ + Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,33	0,16	0,16
Soma das bases (S)	cmol _c kg ⁻¹	15,5	23,7	41,6
T	cmol _c kg ⁻¹	15,9	23,9	41,6
Saturação de bases (V)	%	98,0	99	100
PST	%	6,0	11	13
Carbono (C)	g kg ⁻¹	21,00	37,20	64,08
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	2,16	3,83	6,60
C/N	-	10	10	10
Matéria orgânica	g kg ⁻¹	36,20	64,13	110,47
P Assimilável	mg kg ⁻¹	290	607	1348
pH em água	-	7,9	7,9	7,8
CE	dS m ⁻¹	2,56	6,98	10,93

Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da UFC. Amostra N1: mistura de solo mais 25% de esterco; amostra N2: mistura de solo mais 50% de esterco e amostra N3: mistura de solo mais 75% de esterco

3.2.2 - Matéria orgânica

Os resultados da análise química da amostra do esterco se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 - Características do esterco. Quixeramobim, CE, 2008

Atributos químicos (complexo sortivo)	Unidade	Valor
Cálcio (Ca ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	25,00
Magnésio (Mg ⁺⁺)	cmol _c kg ⁻¹	13,50
Potássio (K ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	17,98
H ⁺ + Al ³⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,16
Saturação de bases (V)	%	100
PST	%	60
Carbono (C)	g kg ⁻¹	90,00
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	9,27
C/N	-	10
Matéria orgânica	g kg ⁻¹	155,16
P Assimilável	mg kg ⁻¹	2354
pH em água	-	7,8
CE	dS m ⁻¹	10,69

Análises realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da UFC

3.2.3 - Níveis de água de irrigação

Inicialmente, as plantas foram irrigadas até o solo atingir a capacidade de campo e pesadas junto com o vaso e solo. O início da aplicação dos tratamentos diferenciados com relação à quantidade de água ocorreu aos 86 DAS (30 dias após o transplante), com turno de rega de dois dias. Transcorrido o turno de rega as plantas foram novamente pesadas e implantados os tratamentos de irrigação. A água utilizada durante o experimento foi proveniente do abastecimento da cidade, fornecida pelo SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Quixeramobim, CE, tratada para consumo humano, com cloro e flúor. Foram colhidas amostras da água após armazenamento em tanques a céu aberto, tendo sido encaminhadas para análises, no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Características da água usada no experimento. Quixeramobim, CE, 2008

Atributo	Unidade	Valor
pH	-	7,02
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	0,49
Cálcio	meq L ⁻¹	0,85
Magnésio	meq L ⁻¹	1,48
Sódio	meq L ⁻¹	2,10
Potássio	meq L ⁻¹	0,16
Carbonato	meq L ⁻¹	0,00
Bicarbonatos	meq L ⁻¹	1,39
Cloretos	meq L ⁻¹	2,72
Sulfatos	Meq L ⁻¹	Ausência
Relação de adsorção de sódio (RAS)	-	1,94
Classe de água	-	C ₂

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG), Campina Grande, PB

3.2.4 - Cobertura morta

Metade dos vasos (60) recebeu o tratamento de cobertura morta, logo no dia seguinte ao transplante das mudas, quando as mudas se encontravam com 57 dias. A cobertura morta foi oriunda da coleta de folhas e ramos finos já em processo de decomposição sobre o solo, em uma área de caatinga com predominância de jurema preta (*Mimosa sp.*) e marmeleiro (*Croton sp.*).

Foi aplicada uma camada de aproximadamente 2 cm sobre o solo dos vasos que receberam a denominação CC (com cobertura morta no solo).

3.2.5 - Delineamento estatístico

O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições, perfazendo o total de 120 vasos (3 níveis de matéria orgânica x 5 lâminas de irrigação x 2 coberturas de solo x 4 repetições). As parcelas experimentais se mantiveram espaçadas em 0,30 x 0,30 m dentro do bloco e 0,60 m entre blocos, conforme Figura 1.

Apenas para as variáveis: condutividade elétrica, percentagem de sódio trocável do solo e para condutividade elétrica da água de drenagem é que não foram considerados todos os tratamentos. Em virtude da limitação de recursos financeiros foram realizadas amostras compostas da mistura solo + esterco, no início e ao final do experimento, para avaliar apenas a influência do esterco (3 níveis de matéria orgânica x 4 blocos); a condutividade elétrica da água de drenagem somente pôde ser avaliada nos vasos em que houve drenagem, correspondentes às lâminas L4 e L5 (3 níveis de matéria orgânica x 2 lâminas de irrigação x 2 coberturas de solo x 4 blocos).

Utilizou-se o software ASSISTAT Versão 7.5 beta (2008) - Homepage <http://www.assistat.com>, de Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG – Atualização de 07/03/2010, em conformidade com SILVA & AZEVEDO (2006, 2009). Os dados foram submetidos à análise de variância a nível de 5 e 1% ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) de probabilidade, pelo teste F, conforme FERREIRA (2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Tuckey.

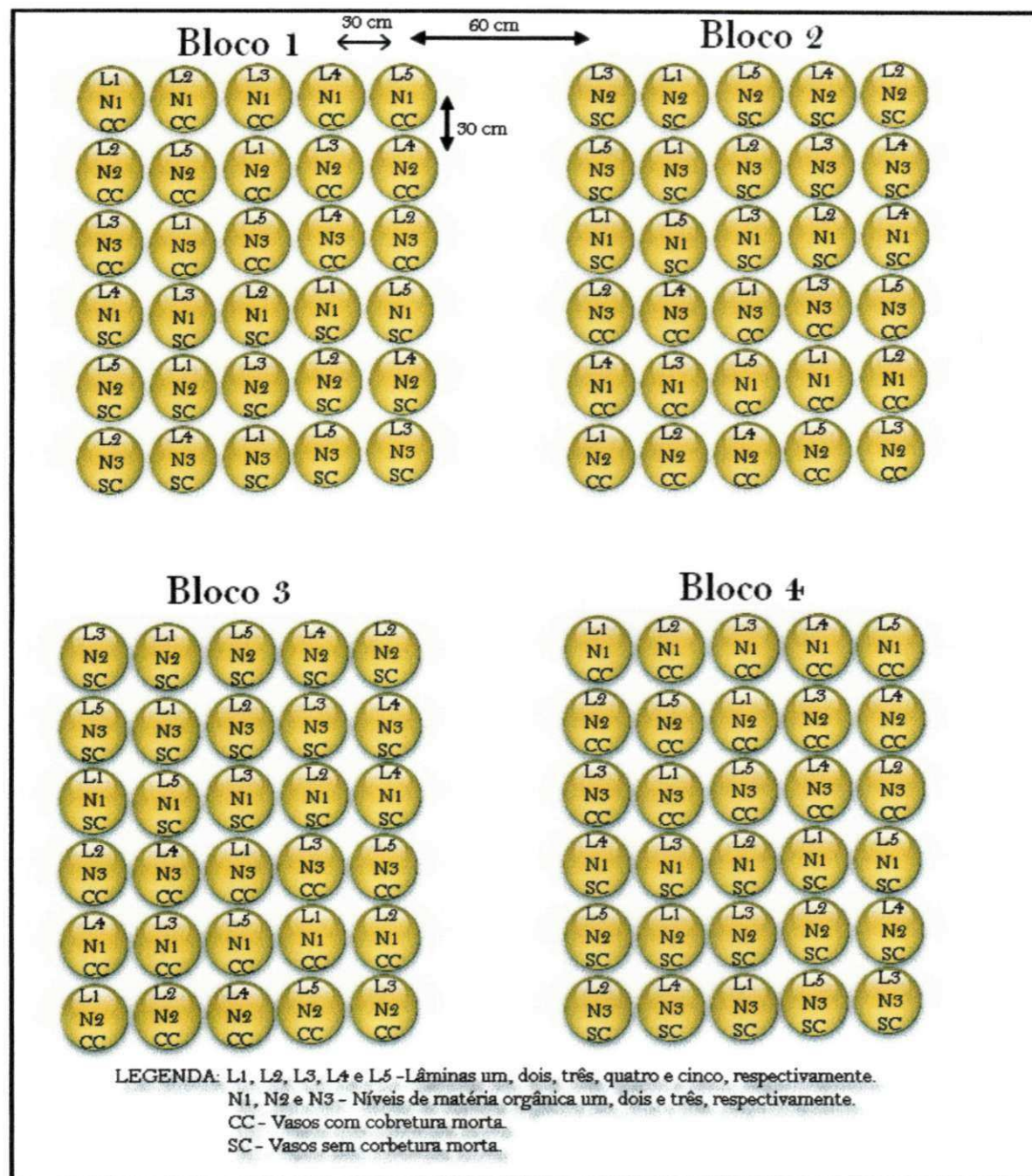


Figura 1 – Distribuição das unidades experimentais no experimento I, Quixeramobim, CE, 2008

3.2.6 - Tratos culturais

Como o cumaru é uma espécie nativa, não havendo nenhuma recomendação técnica com relação aos tratos culturais, realizaram-se apenas aquelas tarefas consideradas indispensáveis no processo de produção de mudas, como a eliminação de alguma erva daninha nascida nos vasos e em volta da área. Não houve ocorrência de pragas ou doenças capazes de comprometer o desenvolvimento das mudas, com exceção do fungo *Cercospora sp.*, causador da mancha de cercóspera, cujo controle foi efetuado satisfatoriamente, via calda bordaleza.

3.2.7 - Variáveis analisadas para o solo

Condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável do solo

Após a produção das mudas de cumaru foram obtidas amostragens de solos nos vasos para análises das suas características físicas e químicas e comparação com os dados obtidos das amostras dos substratos utilizados no início do experimento, no momento do enchimento dos vasos. Pelo fato de se saber que o cumaru é uma planta sensível à salinidade (HOLANDA, et al., 2007), e pela falta de outras referências, optou-se pelo estudo comparativo apenas das variáveis do solo diretamente relacionadas com a salinidade, focando-se na condutividade elétrica (CE) e percentagem de sódio trocável (PST). Foram analisados apenas os solos com diferentes tratamentos de esterco. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, CE.

3.2.8 - Condutividade elétrica da água de drenagem

A condutividade elétrica na água de drenagem só foi aferida para os tratamentos com maiores lâminas de água (L4 e L5), visto que somente nesses tratamentos foi observada drenagem. Esta condutividade foi determinada utilizando-se um condutivímetro portátil, tipo caneta, modelo CD 880, da INSTRUTEMP imergindo na água de drenagem colhida durante a avaliação do consumo de água dos vasos com as mudas.

3.2.9 – Biometria da planta

Ao final do experimento, 300 dias após a semeadura (DAS), foram realizadas medições nas plantas dos 120 vasos.

3.2.9.1 - Comprimento da planta (CP)

Ao final desta fase do experimento, e por ocasião do transplante para o campo (300 DAS), foi possível determinar o comprimento de plantas, em centímetros, medindo-se com uma régua milimetrada a altura total, da extremidade da raiz até o ponto de inserção da última folha do caule.

3.2.9.2 - Diâmetro Caulinar (DC)

O diâmetro foi avaliado com paquímetro digital cujas leituras, em milímetros, foram realizadas na região do colo da planta.

3.2.9.3 - Número de Folhas (NF)

Na determinação do número de folhas por planta consideraram-se apenas as folhas completamente abertas, com pelo menos 3cm de comprimento (nervura principal), considerando-se que somente acima dessas medidas elas são fotossinteticamente ativas.

3.2.9.4 - Peso fresco das mudas

Neste experimento considerou-se apenas o peso fresco das mudas, haja vista as mesmas serem utilizadas para o transplante e condução do Experimento II, não sendo possível a obtenção de amostras destrutivas.

Por ocasião do transplante foi possível realizar a pesagem das mudas retiradas dos vasos. Procedeu-se ao destorroamento do solo em cada vaso, procurando-se manter intacto o sistema radicular de cada muda que se constitui de uma raiz principal (xilopódio) e de raríssimas raízes adventícias. Imediatamente após a limpeza das raízes as mesmas foram submergidas em vasilha com água de abastecimento, expostas ao ar para uma rápida secagem e pesagem em balança digital, com capacidade para 10 kg e precisão de 0,002kg.

3.2.9.5 - Comprimento e diâmetro de xilopódio ao transplante

Após a pesagem das mudas procedeu-se à realização das demais medidas ao transplante. O diâmetro do xilopódio foi medido com paquímetro na parte mais volumosa de cada xilopódio, sendo seu valor expresso em milímetros. O comprimento do xilopódio foi medido partindo-se da região do colo das mudas até a extremidade inferior do xilopódio, em centímetros.

3.2.10 - Evapotranspiração

A evapotranspiração da cultura foi obtida por diferença de peso (massa) entre o vaso irrigado e o peso (massa) antes da aplicação da irrigação. Esta evapotranspiração, dada em litros de água, foi convertida em milímetros divididos pela área (m²) de exposição do lisímetro, empregando-se a Equação 1, adaptada de RODRIGUES (2008):

$$ETc = \frac{PVI - PVA}{S} * \frac{1}{TR} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

PVI = Peso do vaso depois de irrigado (kg);

PVA = Peso do vaso antes da irrigação (kg);

S = Área de exposição do vaso, diâmetro de 0,21m (0,035 m²);

TR = Turno de rega (2 dias).

3.3. Experimento II (sistema agroflorestal de sequeiro)

3.3.1 - Implantação

Preparou-se a área utilizando-se a mecanização no preparo da área, através de um gradeamento, e os demais tratamentos culturais através de mão de obra humana. Realizou-se a abertura de covas para o plantio das mudas e confecção de microbacias para contenção da água das chuvas (captação “in situ”), dado que este experimento não recebeu irrigação senão que unicamente precipitação. A área foi dividida em quatro blocos, nos quais foram implantados os tratamentos de matéria orgânica no solo e presença e ausência de cobertura morta. As mudas de cumaru foram plantadas em linhas com espaçamento entre plantas de

4 e 10 metros entre linhas, sendo as mudas distribuídas no campo, como apresentado no Apêndice A. Nas bordaduras acrescentou-se mais uma linha de cumaru e, além das espécies nativas e exóticas existentes no entorno, foram plantadas outras, a exemplo de jucá (*Caesalpinia ferrea*), gliricídea (*Gliricidea sepium*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

O experimento foi conduzido desde Fevereiro de 2009 a Maio de 2010, incluindo o consórcio de duas safras de milho e feijão. As mudas foram provenientes do experimento I, tendo suas raízes cuidadosamente destorroadas e lavadas antes do transplante para o campo e distribuídas nas respectivas covas, conforme a mesma relação proporcional de esterco recebido nos vasos: N1, N2 e N3.

3.3.2 - O solo

Dois amostragens do solo foram realizadas no campo, antes da aplicação de esterco e do plantio do cumaru em consórcio no sistema agroflorestal. Os resultados da análise química são apresentados na Tabela 5, ressaltando-se que as amostras 1 e 2 foram colhidas na mesma data em dois locais diferentes do mesmo terreno (duas manchas de solo).

Tabela 5 - Características químicas (complexo sortivo) do solo. Quixeramobim, CE, 2009

Atributos químicos (complexos sortivos)	Unidade	Resultados	
		Amostra 1	Amostra 2
Cálcio (Ca^{++})	meq 100g^{-1}	5,02	11,62
Magnésio (Mg^{++})	meq 100g^{-1}	4,60	8,38
Sódio (Na^+)	meq 100g^{-1}	0,15	0,17
Potássio (K^+)	meq 100g^{-1}	0,41	0,88
$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	meq 100g^{-1}	2,03	0,00
Soma das bases (S)	meq 100g^{-1}	10,18	21,05
T	meq 100g^{-1}	12,21	21,05
Carbonato de cálcio qualitativo	-	Ausência	Presença
Matéria orgânica	%	1,31	2,84
Carbono orgânico (C)	%	0,76	1,65
Nitrogênio (N)	g kg^{-1}	0,07	0,16
Fósforo Assimilável	$\text{mg } 100\text{g}^{-1}$	1,92	5,44
pH em água (1:2,5)	-	5,90	7,61
Condutividade Elétrica (suspensão solo-água)	dS m^{-1}	0,10	0,39

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG

3.3.3 - Delineamento estatístico e tratamentos

Os tratamentos de matéria orgânica foram N1, N2 e N3, na proporção de 0, 15 e 30 litros de esterco de boi, aplicados na cova, respectivamente, e presença e ausência de cobertura morta (CC e SC, respectivamente), em 4 blocos. Delineamento em blocos casualizados (3 níveis de esterco x 2 coberturas de solo x 4 repetições). Utilizou-se o software ASSISTAT. Os dados foram submetidos à análise de variância, a nível de 5 e 1% ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) de probabilidade, pelo teste F, conforme FERREIRA (2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Quando os tratamentos foram quantitativos e significativos, utilizou-se a regressão.

3.3.4 - Biometria das plantas

Após a estabilização do estande, com replantio das mudas na área e a implantação dos tratamentos, foram realizadas, quadrimestralmente, as biometrias das plantas, incluindo as medidas de altura de planta, diâmetro caulinar, número de folhas, área foliar e sobrevivência das mudas no campo.

3.3.4.1 - Altura de plantas (AP)

A altura da planta (AP) foi medida em centímetros, entre a superfície do solo sem cobertura e a parte mais alta da planta.

3.3.4.2 - Diâmetro caulinar (DC)

O diâmetro foi registrado em mm utilizando-se de paquímetro com as leituras realizadas a uma altura de 5 cm em relação ao nível do solo.

3.3.4.3 - Número de folhas (NF)

Na determinação do número de folhas por planta foram consideradas apenas as folhas completamente abertas com pelo menos 3 cm de comprimento (nervura principal).

3.3.4.4 - Determinação da equação para cálculo da área foliar

Recorreu-se a metodologia recomendada por DINIZ (1996), que utiliza o produto do comprimento (C) pela largura (L) da folha, ajustados por um fator de correção. Esse fator, segundo o referido autor, é determinado pela relação $f = Afe/Afr$, onde Afe representa a área foliar estimada pelo produto do C x L e a Afr representa a área foliar real.

As aferições foram realizadas em todas as folhas fotossinteticamente ativas de 12 mudas de cumaru, tomando-se outras plantas cultivadas em sacos plásticos, de idade igual às do experimento, das quais foram extraídas as folhas para realização das medidas.

Para todas as folhas foram geradas imagens digitais com fundo azul e analisadas no programa APS ASSESS, devidamente calibrado, comparando-se a área com um cm² medido em régua.

Em todas as imagens foram medidos o maior comprimento e a maior largura de todas as folhas, incluindo todos os folíolos. Foram feitas correlações entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura da folha e se obteve a equação de regressão linear passando pela origem, ou seja, $y=bx$; o valor de “b” obtido corresponde ao coeficiente de correção do modelo. Para a determinação do fator de correção foram utilizadas todas as informações de comprimento e largura de todas as folhas das mudas de cumaru, sendo avaliadas folhas de vários tamanhos e posições nas plantas (base, meio e ápice). Os resultados foram submetidos à análise de regressão e as equações obtidas pelo software Excel versão 2007.

3.3.4.5 - Área foliar (AF)

A área foliar do cumaru foi determinada utilizando a relação entre o comprimento da folha e a largura, medidos em centímetros.

3.3.4.6 - Índice de área foliar (IAF)

Foi determinado com o auxílio de câmara digital, procedendo-se à obtenção de imagens das plantas no campo, a mesma altura e o mesmo ângulo de inclinação, para o cálculo da área sombreada, com a colocação de um pano de fundo azul, visando obter-se o contraste com o verde das plantas. Assim, obteve-se o quociente entre a área foliar total e a área de solo sombreada pelas folhas (BENINCASA, 2003).

3.3.4.7 - Sobrevivência das mudas no campo

Além dos fatores atribuídos ao cultivo mínimo do solo, o déficit hídrico, o estresse provocado pelo calor e o choque térmico, o resfriamento e o congelamento, o vento, a salinidade e a deficiência de oxigênio (TAIZ & ZEIGER, 2004) podem restringir a implantação de espécies florestais. Da mesma forma, a desnutrição, a competição por ervas espontâneas, as pragas e as doenças e os danos mecânicos ou por animais, também podem estressar as mudas, causando sérios prejuízos na implantação da cultura.

Como a aclimação das mudas de espécies nativas é um dos atributos de qualidade que contribui para a diminuição dos replantios, possibilitando a formação de florestas mais homogêneas (LOPES, 2004; TATAGIBA et al., 2007), tornam-se interessantes os estudos da influência do esterco e da cobertura morta, passíveis de propiciar tolerância aos fatores que causam prejuízos econômicos. Desta forma, os danos causados por fatores bióticos e abióticos podem ser minimizados ou mesmo evitados por meio de técnicas de manejo, principalmente formando mudas com alto padrão de qualidade (LOPES et al., 2009).

Assim, um ano após o transplante das mudas no campo foi avaliada a mortalidade de mudas, estudando-se a influência dos tratamentos: níveis de esterco na cova e cobertura morta no solo na implantação de espécies florestais.

3.3.5 – Dados pluviométricos

As precipitações pluviométricas que ocorreram na área durante a realização do experimento, foram aferidas com o uso de um pluviômetro com escala milimétrica de 2 mm de precisão, até 180 mm.

Os resultados mensais, parciais da safra agrícola (janeiro a agosto) e anuais, são apresentados no Apêndice B.

3.3.6 - Aspectos econômicos do sistema agroflorestal

Realizou-se a avaliação dos custos de investimento e custeio agrícola, além do levantamento das receitas, para um pequeno produtor ou agricultor familiar implantar e manter 0,5 ha do banco de sementes de cumaru em sistema agroflorestal com milho e feijão, nos dois primeiros anos de cultivo. O controle das despesas e receitas foi realizado

mediante anotações de campo e, com auxílio de planilhas do programa Microsoft Office Excel 2007, foram executados os cálculos.

Em 2009 o plantio das mudas de cumaru ocorreu em 05 de fevereiro e o milho e o feijão foram plantados no final da primeira quinzena do mesmo mês. Em 2010 o milho e o feijão foram plantados nos dias 03 e 04 de abril e em meados do mesmo mês ocorreu o replantio das mudas de cumaru.

No primeiro ano (estação chuvosa de 2009), foram avaliados os seguintes custos de investimento: abertura de covas, adubação orgânica, enchimento das covas, confecção de bacias em volta das covas e aplicação de cobertura morta em metade das mudas. No custeio agrícola para a produção do milho e feijão foram considerados: gradagem de solo, aquisição de sementes, plantio, mão de obra para duas capinas e para a colheita do milho e do feijão. As receitas apuradas em 2009 foram provenientes da venda do feijão verde (grãos maduros), feijão seco (grãos), milho (grãos secos) e restolhos de culturas vendidos como alimento volumoso (forragem) para bovinos.

No segundo ano (estação chuvosa de 2010), foram avaliados, como investimento, apenas a aplicação da cobertura morta nas mudas e o replantio das mudas que não resistiram ao período seco do ano anterior e, como custeio agrícola: gradagem do solo, aquisição de sementes de milho e de feijão, mão de obra para plantio, capinas e colheita de feijão e de milho. As receitas aferidas foram: feijão verde (grãos maduros), milho (grãos secos) e restolhos de culturas como forragem.

3.4. Experimento III (canteiros irrigados em ambiente agroflorestal)

Foram escavados 05 canteiros no solo, com 1 m de largura, 15 m de comprimento, altura média de 40 cm, e revestidos internamente com lona plástica, até a profundidade média de 20 cm além de preenchidos com uma mistura de solo mais esterco, na proporção de 100 litros de esterco bovino por metro quadrado de canteiro, correspondendo à proporção de 25% do volume.

O plantio foi realizado com duas sementes por cova, obedecendo-se aos espaçamentos previstos para cada tratamento.

Cada canteiro recebeu a precipitação natural acrescida de uma lâmina de irrigação para completar: 100%, 75%, 50%, 25% e 0 % da evapotranspiração, por meio de 03 fitas gotejadoras, com gotejo a cada 30 cm (a água de chuva foi subtraída das lâminas aplicadas). Cada metro quadrado de canteiro teve espaçamento diferente: 0,20 x 0,20m

(denominado de E1, maior espaçamento); 0,20 x 0,10m (espaçamento E2); 0,20 x 0,05m (espaçamento E3); 0,10 x 0,10m (espaçamento E4) e 0,05 x 0,05m (espaçamento E5, menor espaçamento), conforme croquis, no Apêndice C.

Após a estabilização do estande, aos 90 dias (considerando-se 30 dias para a completa germinação de todas as sementes e o período restante para uniformização), com raleamento e replantio das plantas nos canteiros, foram realizadas as biometrias colhendo-se mensalmente uma planta por metro quadrado de canteiro, nas quais foram realizadas as aferições das variáveis, apresentando-se apenas os dados, ao final do experimento (210 DAS) para demonstrar as prováveis influências dos tratamentos no momento da colheita final das plantas. O experimento foi conduzido no período de janeiro a agosto de 2010.

3.4.1 – Biometria das plantas

Mensalmente foram feitas medidas de altura da planta, diâmetro caulinar, número de folhas, razão de área foliar, razão de peso de folha, diâmetro e comprimento de xilopódio, fitomassa fresca e seca total, da raiz e da parte aérea. Ao invés de se avaliar a área foliar diretamente optou-se por analisar a razão de área foliar, que tem mais significado, pois se trata da área foliar que está sendo usada pela planta para produzir um grama de matéria seca.

3.4.1.1 – Comprimento do caule

O comprimento do caule corresponde à distância entre a base do caule ou colo e seu ápice (BENINCASA, 2003).

3.4.1.2 – Diâmetro caulinar

O diâmetro foi registrado em mm, utilizando-se de paquímetro com as leituras realizadas a nível do colo da planta.

3.4.1.3 – Número de Folhas

Procedeu-se à contagem de todas as folhas compostas, com comprimento superior a 3 cm.

3.4.1.4 – Razão de área foliar e razão de peso de folha

A razão de área foliar (RAF) expressa a área foliar útil para a fotossíntese e é a componente morfo-fisiológica, pois é a razão entre área foliar (área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO₂) e a matéria seca total (resultado da fotossíntese). Na realidade, RAF é a área foliar em dm² ou cm² que está sendo usada pela planta para produzir um grama de matéria seca.

A razão de peso de folha (RPF) é a razão entre o peso (massa) de matéria seca retida nas folhas e o peso (massa) de matéria seca acumulada na planta toda. A razão de peso de folha (RPF) expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta.

3.4.1.5 – Diâmetro do xilopódio

Este item foi determinado com o auxílio de um paquímetro manual e medido na parte mais larga do xilopódio, em milímetros.

3.4.1.6 – Comprimento do xilopódio

Utilizou-se uma régua milimetrada para medição do comprimento da tuberosidade da raiz (xilopódio), em centímetros.

3.4.1.7 – Fitomassa fresca total, radicular e da parte aérea

O peso fresco total foi aferido no dia da colheita das amostras, imediatamente após a colheita das plantas, e foi registrado em grama, com balança de precisão de 0,1 g. Em cada amostra foram destacadas, manualmente, as folhas, e o caule foi separado da raiz com o uso de uma tesoura de poda.

3.4.1.8 – Fitomassa seca total, radicular e da parte aérea

As amostras de plantas, com suas partes devidamente separadas, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com temperatura controlada de 65 °C, pelo período de 24 horas.

3.4.2 - Delineamento estatístico

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, distribuídos em parcelas subdivididas, com cinco níveis ou lâminas de irrigação (L1 = somente precipitações; L2 = precipitações + irrigação até 25% da ET; L3 = precipitações + 50% da ET; L4 = precipitações + irrigação até 75% da ET e L5 = precipitações + irrigação até 100% da ET), cinco espaçamentos (E1 = 0,20 x 0,20m; E2: 0,20 x 0,10m; E3: 0,20 x 0,05m; E4: 0,10 x 0,10m; e E5: 0,05 x 0,05m) e três repetições, totalizando 75 parcelas.

Neste experimento os efeitos dos tratamentos foram avaliados através de regressões, utilizando-se o software SISVAR, DEX/UFLA (FERREIRA, 2007), no qual os resultados dos coeficientes de variação (CV) são calculados separadamente para cada fator, por se tratar de parcelas subdivididas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Experimento I

4.1.1 - Variáveis analisadas para o solo

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas, respectivamente, as características físico-hídricas e químicas das amostras dos solos cultivados com cumaru, ao final do experimento.

Tabela 6 - Características físico-hídricas das amostras da mistura solo mais esterco, após o cultivo do cumaru em vasos. Quixeramobim, CE, 2009

Atributos físico-hídricos	Unidade	Valores (média dos 4 blocos)		
		Amostra N1	Amostra N2	Amostra N3
Areias	g kg ⁻¹	722	720	692
Silte	g kg ⁻¹	164	175	184
Argilas	g kg ⁻¹	115	106	124
Densidade do solo	-	1,23	1,11	0,98
Grau de flocculação	g 100g ⁻¹	53,75	53,50	64,00
Umidade a 0,033 MPa	g 100g ⁻¹	14,48	19,25	30,25
Umidade a 1,5 MPa	g 100g ⁻¹	8,88	15,13	24,23
Água útil	g 100g ⁻¹	5,60	4,13	6,03

Análises realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da UFC. Amostra N1: mistura de solo mais 25% de esterco; amostra N2: mistura de solo mais 50% de esterco e amostra N3: mistura de solo mais 75% de esterco

Tabela 7 - Características químicas (complexo sortivo) das amostras da mistura solo mais esterco após o cultivo do cumaru em vasos. Quixeramobim, CE, 2009

Atributos químicos (complexos sortivos)	Unidade	Amostras (média dos 4 blocos)		
		Amostras N1	Amostras N2	Amostras N3
Cálcio (Ca ⁺⁺)	cmol kg ⁻¹	8,08	12,53	19,75
Magnésio (Mg ⁺⁺)	cmol kg ⁻¹	5,63	7,08	11,00
Sódio (Na ⁺)	cmol kg ⁻¹	0,55	1,00	1,21
Potássio (K ⁺)	cmol kg ⁻¹	1,00	1,90	2,53
H ⁺ + Al ³⁺	cmol kg ⁻¹	1,19	1,36	1,40
Soma das bases (S)	cmol kg ⁻¹	15,28	22,48	34,50
CTC	cmol kg ⁻¹	16,45	23,85	35,90
Saturação de bases	%	92,75	94,25	96,00
PST	%	3,00	4,25	3,50
Carbono (C)	g kg ⁻¹	19,90	25,85	31,25
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	2,06	2,59	3,18
C/N	-	9,75	9,75	9,75
Matéria orgânica	g kg ⁻¹	34,30	44,60	53,90
P Assimilável	mg kg ⁻¹	348	716	1268
pH em água	-	6,80	6,80	6,88
CE	dS m ⁻¹	2,83	5,73	8,69

Análises realizadas no Laboratório de Solos/Água da UFC/FUNCEME, do Centro de Ciências Agrárias da UFC. Amostra N1: mistura de solo mais 25% de esterco; amostra N2: mistura de solo mais 50% de esterco e amostra N3: mistura de solo mais 75% de esterco

4.1.1.1 - Condutividade elétrica e percentagem de sódio trocável do solo

Segundo a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954 e AYERS & WESTCOT, 1999), baseada nos valores de condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação e percentagens de sódio trocável (PST), a mistura solo mais esterco usada nos vasos, no início do experimento com tratamento N1, se classifica como substrato sem problemas de sais; já as misturas N2 e N3 podem ser classificadas salinas.

Ao final do experimento, após 240 dias de cultivo em vasos (300 DAS) das mudas de cumaru irrigadas e embora a classificação do solo, com respeito a salinidade, tenha permanecido a mesma, constatou-se redução de 18% na condutividades elétrica (CE) e de 61% na percentagens de sódio trocável (PST), ao longo do tempo para o solo dos vasos que receberam 50% de esterco (N2) e 20% na CE e 73% na PST para o solo dos vasos com 75 % de esterco (N3). Esta redução pode ser confirmada pelos resultados apresentados na Tabela 8.

Apesar das lâminas de irrigação não terem sido avaliadas, contribuíram para a lixiviação dos sais e conseqüente redução nos valores da CE e PST, ao final do experimento.

Tabela 8 – Análises de variância e médias para a diferença de condutividade elétrica do solo no início e ao final do experimento ($CE_i - CE_f$) e percentagem de sódio trocável no início e ao final ($PST_i - PST_f$), com relação à quantidade de esterco (N) aplicado ao solo, aos 300 dias após a semeadura (DAS). Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		$CE_i - CE_f$	$PST_i - PST_f$		
Blocos	3	0,39 ns	2,11 ns		
Tratamentos de esterco	2	6,40 **	43,00 **		
Resíduo	6	0,42	0,78		
CV(%)		31,04	13,57		
Níveis de esterco (N)		Médias	($dS\ m^{-1}$)	(%)	
	N1 (0,25)	-0,27	b	3,00	c
	N2 (0,50)	1,26	a	7,00	b
	N3 (0,75)	2,24	a	9,50	a
	Média	1,08		6,50	

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Os dados de CE foram transformados por $x = x+1$, porém as médias são apresentadas sem transformação. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

A partir de 50 % de esterco no solo dos vasos ocorreu redução na condutividade elétrica do solo, ficando esta redução estatisticamente semelhante entre os tratamentos N2 e N3.

As médias das diferenças de condutividade elétrica do solo no início e ao final do experimento ($CE_i - CE_f$), aumentam com a presença do esterco no solo, conforme a Tabela 9 e a Figura 2. Este é um resultado previsível, pois, conforme GUERRA (2011), os ácidos húmicos e outras formas de matéria orgânica alteram a mobilidade geoquímica de íons metálicos e podem ser usados para removê-los da água, por complexação. Assim, os cátions metálicos podem, ao interagir com moléculas húmicas, deslocar átomos de hidrogênio de seus grupamentos funcionais resultando na formação de sais complexos. Por outro lado, os minerais de argila presentes no solo são responsáveis pela retenção de metais, sobretudo pela presença de carga elétrica de superfície.

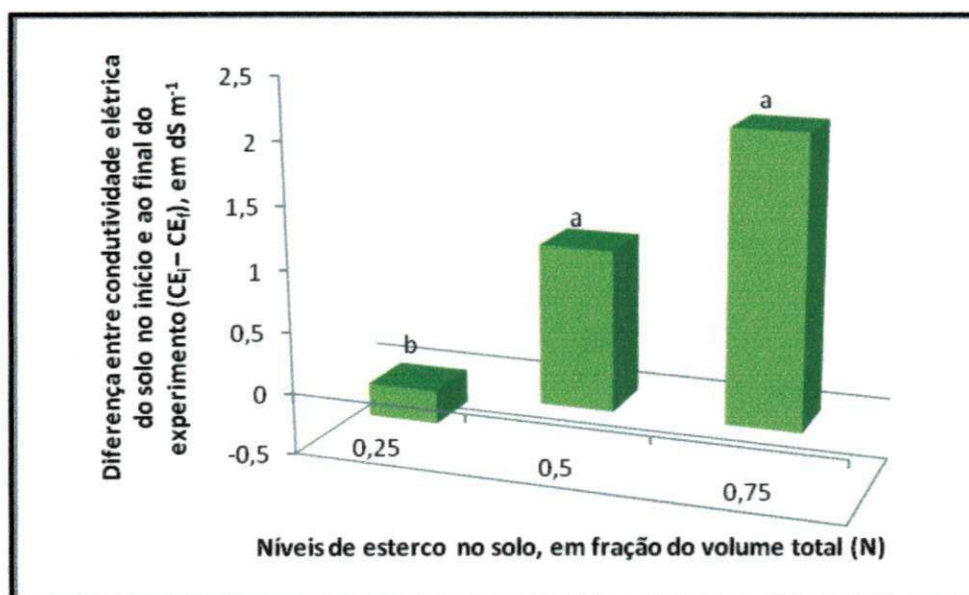


Figura 2 – Diferença de condutividade elétrica do solo no início e ao final do experimento ($CE_i - CE_f$) com mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

A redução na percentagem de sódio trocável foi proporcional ao aumento dos teores de esterco no solo e estatisticamente diferentes entre si.

A diferença de percentagem de sódio total do solo no início e ao final do experimento ($PST_i - PST_f$) aumenta com a quantidade de esterco colocada no início do experimento, em cada vaso, conforme Tabela 8 e Figura 3.

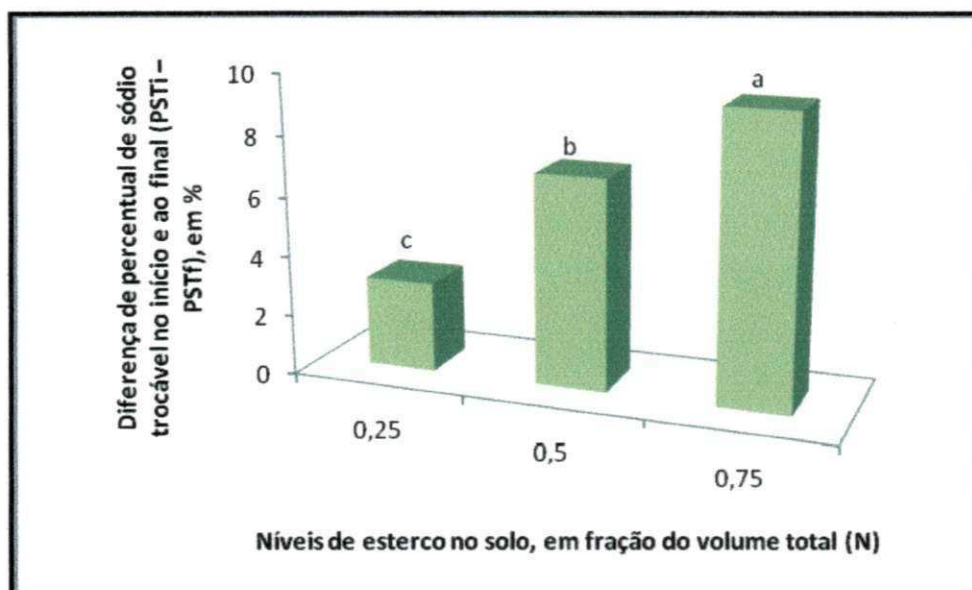


Figura 3 – Diferença de percentagem de sódio total do solo no início e ao final do experimento (PST_i - PST_f) com mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

As reduções na CE e PST, ao longo do tempo, podem ter ocorrido devido à contribuição que o esterco deu para melhora da infiltração da água no solo, proporcionando maior lavagem dos sais pois, conforme AYERS & WESTCOT, 1999, os resíduos orgânicos devem ser considerados uma das soluções para problemas de infiltração de água nos solos, sendo capazes de melhorar a penetração da água nos solos sódicos e nos irrigados com água de baixa salinidade ou de RAS elevada. Segundo esses autores, tanto os resíduos superficiais como o sistema radicular das culturas mantém a porosidade do solo, mediante rachadura e vazios, que favorecem a penetração da água.

4.1.2 - Condutividade elétrica da água de drenagem

A Tabela 9 apresenta o resumo das análises de variância da condutividade elétrica afetada pelos diferentes tratamentos estudados.

Analisando-se a Tabela 9 observa-se efeito significativo dos tratamentos, em que as lâminas de irrigação produziram drenagem sobre a condutividade elétrica na água de drenagem das mudas de cumaru (L4 e L5), encontrando-se o menor valor nas águas provenientes de plantas que receberam o maior volume de água e que, portanto, tiveram uma lavagem melhor dos sais, ao longo do experimento, contribuindo para a redução da salinidade do solo.

Tabela 9. Análises de variância e médias para a condutividade elétrica da água de drenagem, com relação à quantidade de água aplicada (L), esterco (N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 298 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	1	9,8797 *
Esterco (N)	2	1,7302 ns
Cobertura morta (C)	1	123,1361**
Água X Esterco (L X N)	2	1,1853 ns
Água X Cob. Morta (L X C)	1	9,8555 *
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	4,8883 ns
Água X Esterco X Cob. Morta (L X N X C)	2	4,3996 ns
Blocos	3	11,0106 ns
Resíduo	33	1,9964
CV(%)		27,7329
Lâminas de irrigação (L)		Médias (dS m⁻¹)
	L4(1,00ET)	5,55 a
	L5(1,25ET)	4,64 b
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	4,72 a
	N2 (0,50)	5,24 a
	N3 (0,75)	5,33 a
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	3,49 b
	SC (sem cobertura)	6,70 a
	Média (dS m ⁻¹)	5,10

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo o nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Observando a Figura 4, constata-se que houve maior eficiência na lavagem dos sais com a lâmina de 125% da evapotranspiração (1,25 ET), como era previsto.

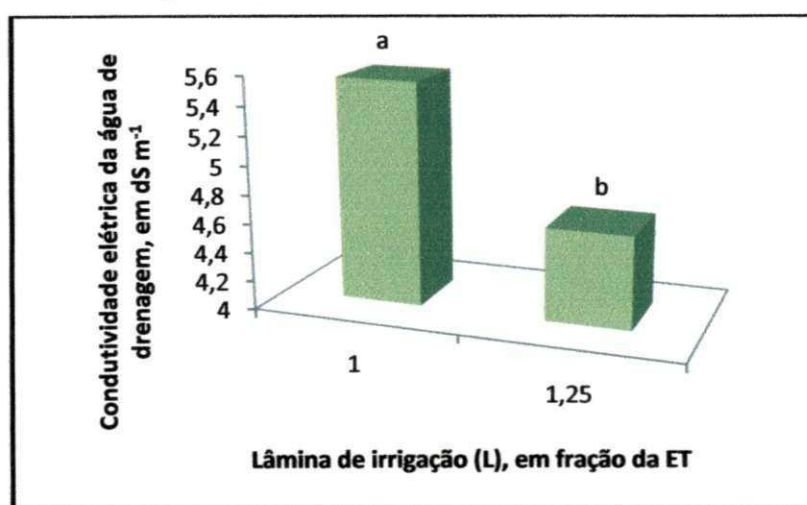


Figura 4 – Condutividade elétrica (CE) da água de drenagem em função da quantidade de água (L) aplicada no solo das mudas de cumaru em vasos, aos 298 DAS. Quixeramobim, CE, 2009

Os dados da Tabela 10 revelam, também, que houve diferenças significativas, em nível de 1% de probabilidade entre os tratamentos com cobertura morta e os sem cobertura (Figura 5), e 5% para a interação entre água e cobertura morta, aos 298 DAS, apresentando ainda o quadro das médias de condutividade elétrica na água de drenagem para todos os tratamentos. Esses resultados ajudam a esclarecer a influência da cobertura morta na redução da salinidade, já mencionados por outros autores, como SOUZA et al. (2008). Os vasos que receberam cobertura morta apresentaram menores valores de condutividade elétrica na água de drenagem visto que a cobertura morta agiu diminuindo a evaporação da água do solo e aumentando a infiltração, o que contribuiu para a movimentação vertical dos sais presentes no solo.

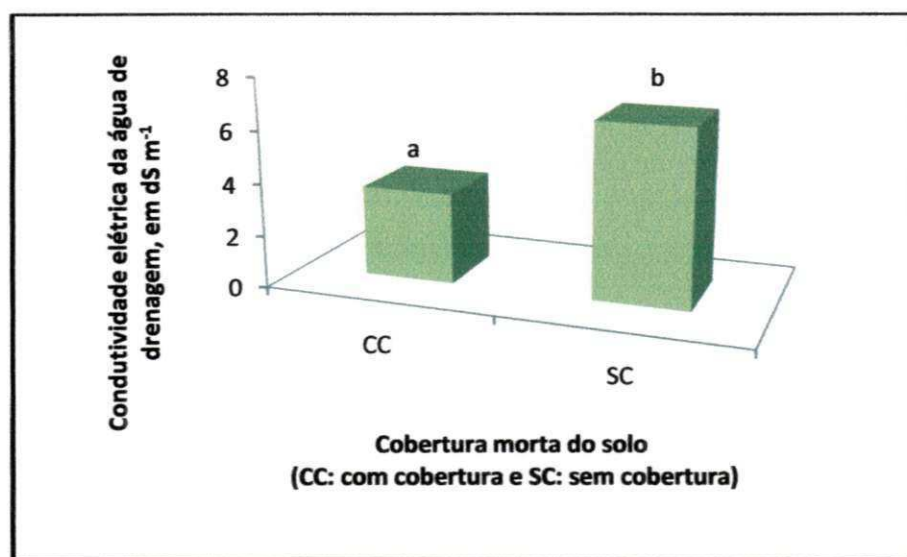


Figura 5 – Condutividade elétrica (CE) da água de drenagem em função da presença ou ausência da cobertura morta no solo das mudas de cumaru em vasos, aos 298 DAS. Quixeramobim, CE, 2009

A Tabela 10 mostra o desdobramento da interação água versus cobertura morta para a condutividade elétrica da água de drenagem. Ao se analisar os dados da Tabela 11, fica claro que a presença da cobertura morta reduziu em 54,08% a condutividade elétrica na água de drenagem dos vasos que receberam lâmina de 100% da evapotranspiração e em 39,72% nos vasos que receberam 125% da evapotranspiração, permanecendo todos os vasos que receberam cobertura morta com os mesmos valores médios (3,49 mS cm⁻¹), independentemente da quantidade de água recebida.

Tabela 10 – Médias da condutividade elétrica da água de drenagem (CE) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de água aplicada (tratamentos L) e cobertura morta(C) no solo, das mudas de cumaru aos 298 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2008

Médias da condutividade elétrica na água de drenagem, em dS m ⁻¹			
L/ C	CC	SC	Médias
L4	3,49 aB	7,60 aA	5,55 a
L5	3,49 aB	5,79 bA	4,64 b
Médias	3,49 B	6,70 A	5,09

As letras maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.1.3 - Biometria da planta

Um aspecto a ser considerado, antes de apresentar os resultados, é o fato do cumaru ser uma planta nativa, ainda não domesticada apresentando, portanto, alta variabilidade genética, o que afeta nas respostas das variáveis estudadas. Esta variação já é notada desde a sua germinação completamente desuniforme, iniciando-se em certo percentual das sementes, aos cinco dias de plantio e se concluindo na totalidade das sementes, aos trinta dias. Aos sete meses são encontradas plantas com variação no peso fresco de até 88 vezes. Essas diferenças são responsáveis pelos altos coeficientes de variação encontrados para algumas variáveis nas análises estatísticas.

4.1.3.1 – Comprimento da planta (CP) e diâmetro caulinar (DC)

Pelos dados da Tabela 11 constata-se que as mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS) não sofreram alterações significativas no comprimento de plantas em função dos tratamentos aplicados isoladamente nem nas suas interações. Constata-se também que o diâmetro caulinar também não foi influenciado pelos tratamentos de níveis de água (lâminas de irrigação), quantidades de esterco presente no solo dos vasos nem da presença ou ausência da cobertura morta do solo.

Tabela 11. Análises de variância e médias para o comprimento de planta e diâmetro caulinar, com relação à quantidade de água aplicada (L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios	
		CP	DC
Água (L)	4	96,94 ns	0,15 ns
Esterco (N)	2	596,08 ns	0,64 ns
Cobertura morta (C)	1	100,83 ns	1,01 ns
Água X Esterco (L X N)	8	256,59 ns	0,71 ns
Água X Cob. Morta (L X C)	4	400,17 ns	0,27 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	58,81 ns	0,02 ns
Água X Esterco X Cob. Morta (L X N X C)	8	36,33 ns	0,34 ns
Blocos	3	240,43 ns	0,97 ns
Resíduo	87	231,27	0,44
CV(%)		35,15	15,58
Lâminas de irrigação (L)		Médias (cm)	Médias (mm)
	L1(0,25 ET)	44,40	4,24
	L2(0,50 ET)	44,38	4,15
	L3(0,75 ET)	44,98	4,31
	L4(1,00 ET)	40,08	4,29
	L5(1,25 ET)	42,50	4,36
Níveis de esterco (N)			
	N1 (0,25)	46,82 a	4,40 a
	N2 (0,50)	43,81 a	4,26 a
	N3 (0,75)	39,16 a	4,15 a
Cobertura morta (C)			
	CC (com cobertura)	42,35 a	4,18 a
	SC (sem cobertura)	44,18 a	4,36 a
Média Geral		43,27	4,27

(ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

ANGELIM et al. (2007), ao testarem quatro níveis de esterco humificado no solo de mudas de cumaru nas medições de diâmetro do caule aos 90 dias, também não encontraram diferenças sendo que, nas medições realizadas a partir de 120 dias, o substrato que apresentou melhor resultado foi aquele em que não se aplicou adubo orgânico.

A falta de resposta da planta em relação à água aplicada é justificada pelo fato do cumaru pertencer, conforme LIMA (2007), a um grupo de plantas da caatinga que perde folhas mais cedo e inicia a brotação durante a estação seca, apresentando uma estreita correlação do crescimento com o fotoperíodo e não com a ocorrência de chuvas. BORCHERT & RIVERA (2001) verificaram, em estudo com espécies arbóreas de caules suculentos, que essas plantas permaneciam inativas do início para o meio da estação seca, até mesmo quando eram irrigadas e concluíram que a disponibilidade de água não estava determinando a ocorrência do brotamento, e que a variação sazonal no fotoperíodo era o fator que determinava a ocorrência das fenofases vegetativas e não a disponibilidade de

água no solo, mesmo em baixas latitudes, quando a variação anual do comprimento do dia é inferior a uma hora, sendo a dormência induzida e quebrada por variações no fotoperíodo de menos de 30 minutos.

Com relação à não resposta no crescimento das plantas, com o aumento no nível de matéria orgânica do solo nos vasos ANGELIM et al. (2007) afirmam que a espécie *A. cearensis* parece estar bem adaptada às condições adversas, como falta de água e também à reduzida concentração de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes no solo. Isto é válido também para o uso da cobertura morta que, apesar de reduzir o consumo de água em quase sua metade, conforme PIMENTEL (2008) e, portanto, aumentar sua disponibilidade, não influenciou o comprimento de plantas. Este comportamento abre um vasto campo de pesquisa sobre a fisiologia das plantas adaptadas ao semiárido.

Neste experimento a salinidade da mistura solo mais esterco, pelos elevados valores da condutividade elétrica (Tabela 2), provavelmente influenciou na resposta negativa da planta ao esterco, porém em experimentos com mudas de umbuzeiro (*Spondias Tuberosa*), que também é de ocorrência espontânea no semiárido e apresenta xilopódios, LACERDA et al. (2009), obtiveram, usando ureia como fonte de nitrogênio, com o aumento na dosagem de nitrogênio menor crescimento das mudas em altura e em diâmetro caulinar; e DRUMOND et al. (2001) não encontraram, testando doses de fósforo, na forma de superfosfato triplo, diferenças significativas aos 40 meses, em altura de plantas de umbuzeiro. Esses dois trabalhos confirmam a rusticidade e a adaptação das espécies do semiárido (com xilopódio) às condições de baixa fertilidade do solo, podendo os nutrientes apresentar concentração tóxica com níveis bem abaixo do esperado.

DUBOC (2005), concluiu, trabalhando com 11 espécies nativas no Cerrado incluindo *Amburana cearensis* (cujas análises químicas não foram realizadas por ausência de folhas), que todas as espécies atingiram pequenos teores de fósforo nas folhas, abaixo de $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P, com exceção do pau-pombo e do gonçalo-alves, na Mata de Galeria. As pioneiras angico-do-cerrado e vinhático e as secundárias tamboril-do-cerrado e óleo-de-copaíba adubadas com P, apresentaram os menores teores de fósforo, abaixo de $1,2 \text{ g kg}^{-1}$ de P. O autor afirmou que a capacidade dessas espécies de crescer com baixo teor de fósforo nos tecidos, indica elevada eficiência nutricional. No referido experimento o incremento no diâmetro do colo do cumaru (em solo de Cerrado Denso), com a melhor dose estimada em apenas 10 kg ha^{-1} de nitrogênio, não diferiu estatisticamente das plantas que não receberam nitrogênio; já a dosagem de 40 kg ha^{-1} proporcionou redução significativa em diâmetro do colo.

4.1.3.2 – Número de folhas (NF)

Analisando os dados da Tabela 12, observa-se que houve influência significativa ($p < 0,05$) apenas do esterco no número de folhas das mudas de cumaru, aos 300 DAS.

Por se tratar de planta nativa, o cumaru apresenta alta variabilidade genética e fenotípica ao perder folhas na estação seca do ano, de forma totalmente irregular, contribuindo para altos coeficientes de variação com relação aos dados de número de folhas, dificultando as análises estatísticas.

Tabela 12 – Resultados das análises de variância e médias para o número de folhas com relação à quantidade de água aplicada (L), esterco (N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	42,55 ns
Esterco (N)	2	85,27 *
Cobertura morta (C)	1	8,71 ns
Água X Esterco (L X N)	8	19,33 ns
Água X Cob. Morta (L X C)	4	31,20 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	23,93 ns
Água X Esterco X Cob. Morta (L X N X C)	8	8,08 ns
Blocos	3	79,41 *
Resíduo	87	20,05
CV(%)		61,97
Lâminas de irrigação (L)		Médias (NF)
	L1(0,25 ET)	9,04
	L2(0,50 ET)	5,41
	L3(0,75 ET)	7,76
	L4(1,00 ET)	7,16
	L5(1,25 ET)	6,75
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	8,53 a
	N2 (0,50)	7,49 ab
	N3 (0,75)	5,65 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	7,49 a
	SC (sem cobertura)	6,96 a
	Média (NF)	7,23

(*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

A ausência de resposta para água em relação ao número de folhas relaciona-se com a característica típica do cumaru de perder folhas e brotar. Segundo LIMA (2007), o cumaru é influenciado pelo fotoperíodo e não pelas precipitações ou irrigações; já os níveis de esterco influenciaram significativamente ($<0,05$) o número de folhas (Tabela 12). Observando-se os dados da Figura 6 constata-se que, em geral, à medida em que aumenta o

nível de esterco no solo, diminui o número de folhas das mudas de cumaru. ANGELIM et al. (2007) verificaram que os tratamentos de esterco no solo começaram a se diferenciar quanto à formação das folhas, a partir da terceira medição, ou seja, aos 90 dias de implantação do experimento. A aplicação de matéria orgânica exerceu pouca influência no desenvolvimento de folhas pois os maiores números de folhas foram verificados nos tratamentos com as menores percentagens de matéria orgânica.

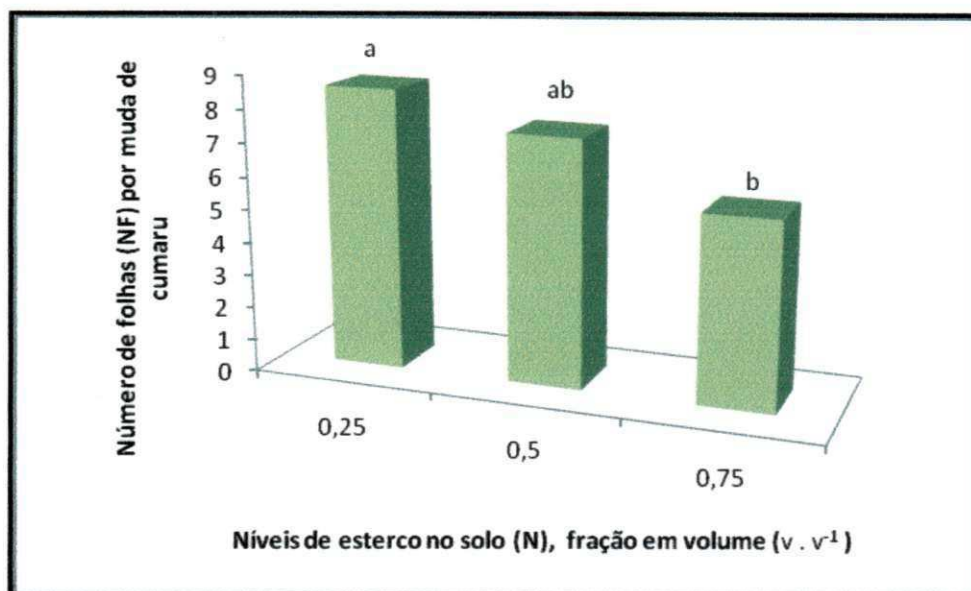


Figura 6 – Número de folhas das mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

4.1.3.3 - Peso fresco das mudas

Na Tabela 13 estão os dados de peso fresco das mudas de cumaru em função dos tratamentos. Constata-se que não houve influência da água, do esterco ou da cobertura morta sobre o peso fresco das mudas, por ocasião do transplante (300 DAS).

A alta variabilidade genética do cumaru, por ser de planta nativa, além de perder folhas na estação seca do ano de forma totalmente irregular contribuindo para altos coeficientes de variação com relação aos dados de número de folhas, também afeta o peso fresco total das plantas, dificultando as análises estatísticas, de modo semelhante.

Tabela 13 – Análises de variância e médias para o peso fresco das mudas com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	97,30 ns
Esterco (N)	2	312,30 ns
Cobertura morta (C)	1	0,33 ns
Água X Esterco (L x N)	8	93,84 ns
Água X Cob. Morta (L x C)	4	173,82 ns
Esterco X Cob. Morta (N x C)	2	106,13 ns
Água X Esterco X Cob. Morta (L x N x C)	8	129,28 ns
Blocos	3	113,13 ns
Resíduo	87	105,23
CV(%)		59,46
Lâminas de irrigação (L)		Médias (gramas)
	L1(0,25 ET)	16,00
	L2(0,50 ET)	16,00
	L3(0,75 ET)	15,82
	L4(1,00 ET)	17,94
	L5(1,25 ET)	20,50
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	20,44 a
	N2 (0,50)	16,08 a
	N3 (0,75)	15,23 a
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	17,20 a
	SC (sem cobertura)	17,31 a
	Média (gramas)	17,25

(ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

4.1.3.4 – Diâmetro e comprimento do xilopódio

Pelos dados apresentados na Tabela 14 observa-se que o diâmetro dos xilopódios foi influenciado significativamente pela água e pelo esterco.

Tabela 14 – Resultados das análises de variância e médias para o diâmetro de xilopódio, com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	97,64 **
Esterco (N)	2	104,75 *
Cobertura morta (C)	1	52,93 ns
Água X Esterco (L X N)	8	24,10 ns
Água X Cob. Morta (L X C)	4	47,15 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	25,37 ns
Regressões Polinomiais para o fator Água		
- Regressão linear	1	56,62 *
- Regressão quadrática	1	0,92 ns
- Regressão cúbica	1	0,07 ns
Blocos	3	57,22 ns
Resíduo	87	23,55
CV(%)		26,83
Lâminas de irrigação (L)		Médias (mm)
	L1(0,25 ET)	15,57
	L2(0,50 ET)	16,46
	L3(0,75 ET)	19,32
	L4(1,00 ET)	18,67
	L5(1,25 ET)	20,42
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	19,94 a
	N2 (0,50)	16,93 b
	N3 (0,75)	17,40 ab
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	17,42 a
	SC (sem cobertura)	18,75 a
	Média (mm)	18,09

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

A Figura 7 visualiza a regressão da relação diâmetro de xilopódio versus água; observa-se que o diâmetro dos xilopódios aumentou com a água aplicada ao solo. Este resultado se deve ao fato do cumaru, assim como outras espécies do mesmo habitat, apresentarem resistência ao estresse hídrico relacionado com o armazenamento de água e nutrientes nas raízes modificadas ou xilopódios, que desempenham papel importante na sua sobrevivência na época em que a planta perde as folhas, após o período das chuvas (DUQUE, 2004). Provavelmente as plantas que receberam maior quantidade de água a armazenaram nos xilopódios, sendo esta responsável pelo aumento em diâmetro.

As maiores lâminas de irrigação também proporcionaram maior lavagem dos sais no perfil do solo, conforme dados de condutividade elétrica da água de drenagem, contidos

na Tabela 9 e na Figura 4, contribuindo para a redução da salinidade, justificando também o maior desempenho em diâmetro de xilopódio.

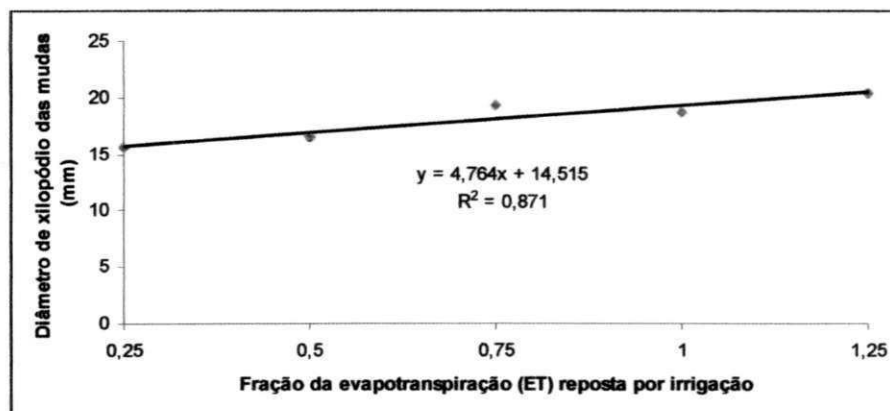


Figura 7 – Diâmetro dos xilopódios das mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de água aplicada (L) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

Referente ao esterco, o maior diâmetro de xilopódio foi encontrado nos vasos que receberam menos esterco (25% do volume), conforme dados apresentados na Figura 8. Por se tratar de uma planta nativa e altamente adaptada às condições do semiárido, o cumaru desenvolveu um mecanismo de adaptação no qual seus xilopódios provavelmente armazenam o máximo possível de água disponível no solo, para que possa sobreviver em futuras épocas críticas. Porém, quanto aos nutrientes, a espécie parece ter desenvolvido um mecanismo de adaptação no qual se desenvolve melhor em solos com menor teor de matéria orgânica, fato constatado pela presença de maiores densidades populacionais em áreas de caatinga com solos pouco férteis. Além disto, e conforme os fisiologistas TAIZ e ZEIGER (2004), as raízes das plantas crescem menos, em geral, em solos mais férteis.

A salinidade da mistura solo mais esterco (vide dados da CE, na Tabela 7), nos vasos com 50 e 75% de esterco pode também ter sido responsável pelo baixo diâmetro de xilopódio encontrado nas mudas desses vasos, por se tratar de espécie sensível aos sais.

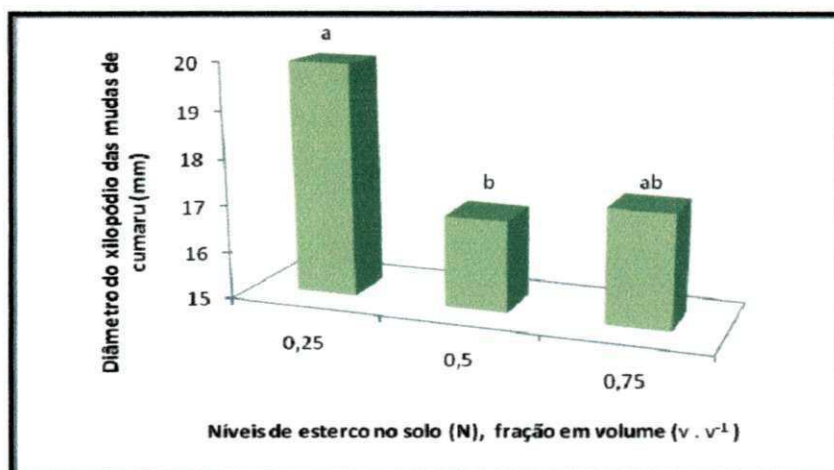


Figura 8 – Diâmetro dos xilopódios das mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

Com relação ao comprimento de xilopódio, houve influência apenas da cobertura morta do solo dos vasos, encontrando-se os maiores comprimentos nas mudas que receberam a cobertura morta (Tabela 15 e Figura 9). É provável que a cobertura morta tenha favorecido o aprofundamento das raízes pela melhora na estrutura física do solo. Tão grande é o efeito da cobertura morta que CAVALCANTE et al. (2008) afirmaram, na cultura do maracujazeiro amarelo, que a cobertura morta e o revestimento das covas promoveram maior alocação de biomassa para as raízes das plantas.

Embora a água tenha afetado o diâmetro dos xilopódios não o afetou, porém, em comprimento, haja vista que as mudas cultivadas em vasos não necessitaram aprofundar o sistema radicular em busca de água e sua expansão, por conta do armazenamento da água ocorreu apenas lateralmente.

Tabela 15 – Resultados das análises de variância e médias para o comprimento de xilopódio com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, na produção de mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	1,30 ns
Esterco (N)	2	1,50 ns
Cobertura morta (C)	1	12,06 **
Água x Esterco (L x N)	8	1,18 ns
Água x Cob. Morta (L x C)	4	0,77 ns
Esterco x Cob. Morta (N x C)	2	0,35 ns
Água x Esterco x Cob. Morta (L x N x C)	8	1,17 ns
Blocos	3	3,96 *
Resíduo	87	1,29
CV(%)		20,08
Lâminas de irrigação (L)		Médias (cm)
	L1(0,25 ET)	5,56
	L2(0,50 ET)	5,73
	L3(0,75 ET)	5,88
	L4(1,00 ET)	5,29
	L5(1,25 ET)	5,79
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	5,85 a
	N2 (0,50)	5,46 a
	N3 (0,75)	5,65 a
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	6,01 a
	SC (sem cobertura)	5,29 b

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

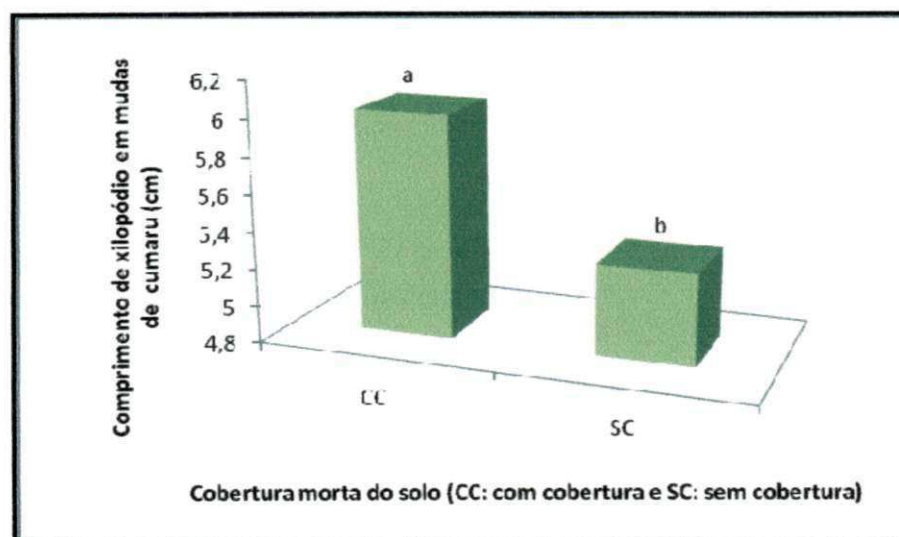


Figura 9 – Comprimento dos xilopódios das mudas de cumaru aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função da presença (CC) e ausência (SC) da cobertura morta no solo. Quixeramobim, CE, 2009

4.1.4. Evapotranspiração

Observa-se, na Tabela 16, que houve influência da água, do esterco, da cobertura morta e das interações entre água e esterco, água e cobertura do solo, esterco e cobertura morta e entre água, esterco e cobertura, sendo a evapotranspiração proporcional à água repostada pela irrigação (Figura 10) e maior nas mudas dos vasos que receberam menor quantidade de esterco (25%), cujos dados podem ser visualizados na Figura 11.

A resposta da evapotranspiração à irrigação é perfeitamente previsível, porque quanto mais água se repõe, obviamente maior será a disponibilidade para a planta evapotranspirar.

O esterco aumenta o teor de matéria orgânica do solo, que favorece a disponibilização da água para as plantas e aumenta a capacidade de retenção de água do solo, diminuindo as perdas por evaporação, componente principal da evapotranspiração. Conforme FERRI (1979), o cumaru (*Amburana cearensis*) é uma das espécies da caatinga que costumam fechar estômatos em horas mais quentes do dia, mesmo na estação chuvosa, e na estação seca do ano permanece com estômatos fechados durante todo decorrer do dia, diminuindo sua evapotranspiração. A transpiração que ocorre é, em muitas situações, apenas cuticular o que parece indicar que a maior parte da ETc calculada para o cumaru deve ter sido da evaporação da água do solo.

Os resultados estão de acordo com GUERRA (2011), que indica que a matéria orgânica, através da sua ação na condição física do solo, aumenta a capacidade de retenção de água do solo e sua disponibilidade para as plantas. Se ocorrer maior disponibilidade maior será a eficiência das plantas em utilizarem a água e menores serão as perdas por evapotranspiração.

Tabela 16 – Análises de variância e médias para a evapotranspiração (ET), com relação à quantidade de água aplicada (tratamentos L), esterco(N) e cobertura morta no solo (CC) e suas interações, do cumaru dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	19,95**
Esterco (N)	2	3,52 **
Cobertura morta (C)	1	28,76 **
Água X Esterco	8	0,41 **
Água X Cob. Morta	4	1,44 **
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	0,25 **
Água X Esterco X Cob. Morta	8	0,32 **
Regressões Polinomiais para o fator Água		
- Regressão linear	1	13,07**
- Regressão quadrática	1	0,02 ns
- Regressão cúbica	1	0,16 **
Blocos	3	0,25 **
Resíduo	87	0,05
CV (%)		8,27
Lâminas de irrigação (L)		Médias (mm dia⁻¹)
	L1 (0,25ET)	1,50,61
	L2(0,50ET)	2,25,88
	L3(0,75ET)	2,53,36
	L4(1,00ET)	3,40,46
	L5(1,25ET)	3,50,41
Níveis de esterco (N)		
	N1 (0,25)	3,07 a
	N2 (0,50)	2,59 b
	N3 (0,75)	2,53 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	2,24 b
	SC (sem cobertura)	3,22 a
	Média (mm dia ⁻¹)	2,73

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

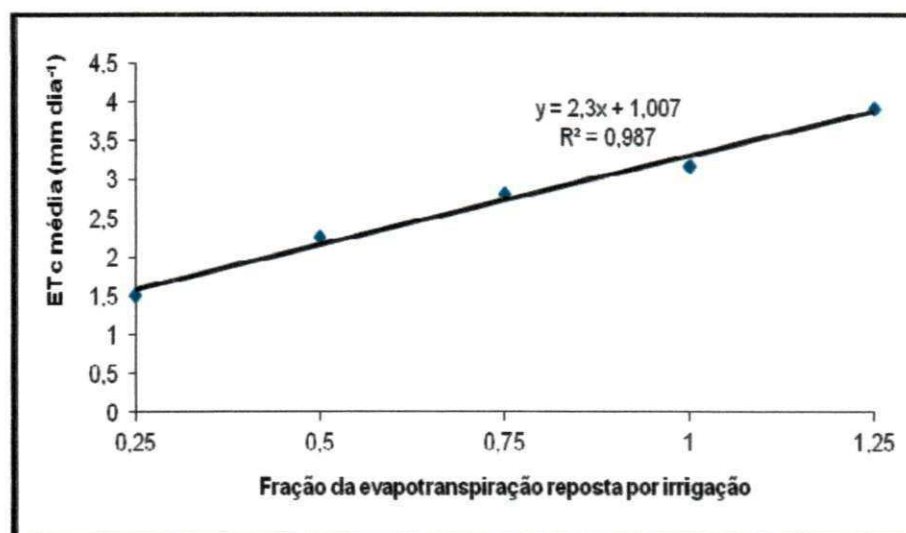


Figura 10 – Evapotranspiração (ETc) média diária das mudas de cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das lâminas de irrigação (L) aplicadas. Quixeramobim, CE, 2009

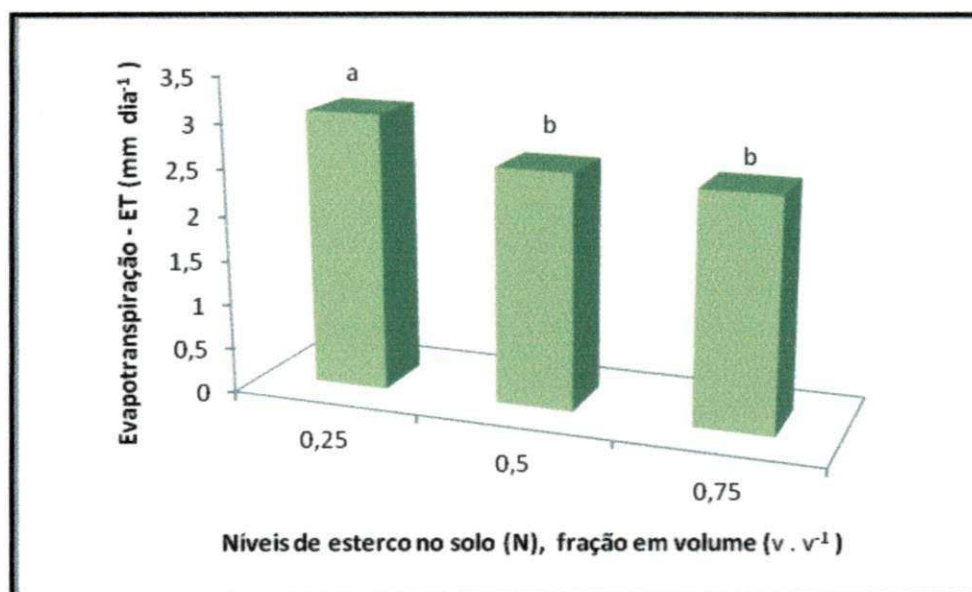


Figura 11 – Evapotranspiração (ET) média das mudas de cumaru dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função das quantidades de esterco (N) no solo. Quixeramobim, CE, 2009

As plantas de cumaru que receberam cobertura morta sempre apresentaram menor evapotranspiração em relação às que não a receberam (Figura 12). A cobertura morta, por atuar principalmente no controle da evaporação da água do solo, foi capaz de proporcionar economia de 30,43 % na evapotranspiração, em média, para todos os tratamentos. COSTA et al. (2007) estudando a eficiência da cobertura morta na retenção de umidade do solo, dentro e fora de casa de vegetação, encontraram reduções nas taxas de evaporação acumuladas de 35,4 e 34,94%, respectivamente.

RESENDE et al. (2005) também constataram, que o uso da cobertura morta de origem vegetal no solo, além de ter efeito sobre a produtividade da cultura, redução da incidência de plantas invasoras, reduziu a temperatura do solo e aumentou a retenção de umidade do solo.

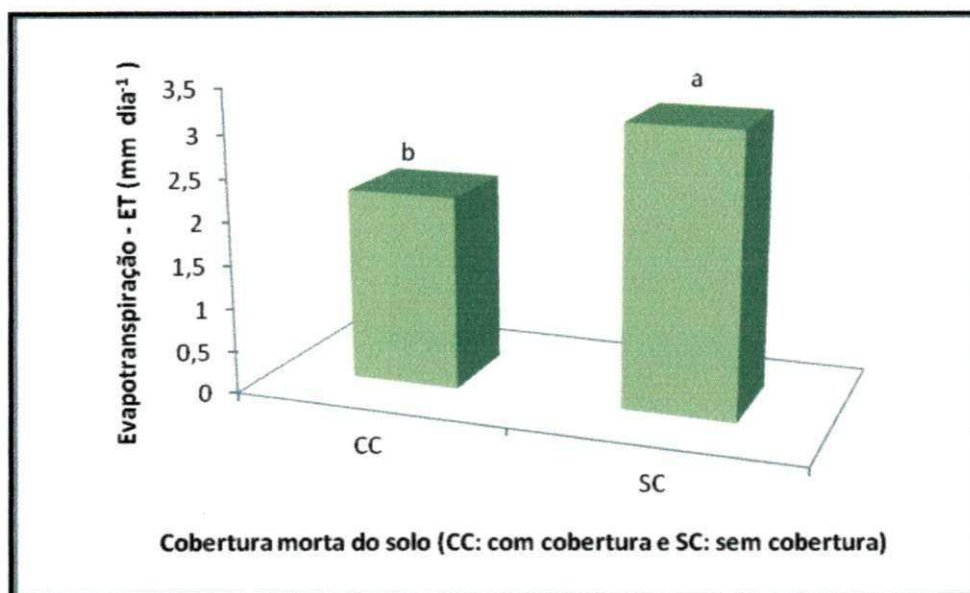


Figura 12 – Evapotranspiração (ET) média das mudas de cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura (DAS), em função da presença (CC) ou ausência (SC) da cobertura morta no solo. Quixeramobim, CE, 2009

A interação entre água e esterco é apresentada na Tabela 17. Constata-se que na menor lâmina de irrigação não houve influência do nível de esterco no solo e já para as maiores lâminas houve diferenças estatísticas entre o menor nível de esterco no solo e os demais níveis, provavelmente, em virtude da reposição de apenas 25% da evapotranspiração fazer com que a maior parte da água aplicada seja evapotranspirada rapidamente e não sofra influência do esterco aplicado ao solo.

Tabela 17 – Médias de evapotranspiração resultantes das interações entre os tratamentos de água aplicada (L) e quantidade de esterco presente no solo (N) dos vasos cultivados com cumaru, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

Médias de evapotranspiração, em mm dia ⁻¹				
L/N	N1	N2	N3	Médias
L1	1,59 eA	1,45 dA	1,47 eA	1,50 e
L2	2,48 dA	2,28 caB	2,03 dB	2,26 d
L3	3,11 cA	2,87 bA	2,46 cB	2,81 c
L4	3,61 bA	2,86 bB	3,03 bB	3,17 b
L5	4,57 aA	3,50 aB	3,68 aB	3,92 a
Médias	3,07 A	2,59 B	2,53 B	2,73

As letras maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 18 se apresentam as médias da evapotranspiração na interação entre água e cobertura morta do solo. Nos tratamentos sem cobertura morta, a evapotranspiração foi estatisticamente diferente para todas as lâminas enquanto os tratamentos que receberam cobertura morta do solo as lâminas L3 (75 % da ET) e L4 (100% da ET) foram estatisticamente iguais. Este fato se justifica pela característica protetora da cobertura morta, diminuindo a evapotranspiração em todos os tratamentos, contribuindo para menores diferenças entre as lâminas.

Tabela 18. Médias da evapotranspiração (ET) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de água aplicada (tratamentos L) e cobertura morta (C) no solo, do cumaru em vasos, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

Médias da evapotranspiração, em mm dia ⁻¹			Médias
L/ C	CC	SC	
L1	1,35 dB	1,66 eA	1,50 e
L2	1,94 cB	2,59 dA	2,26 d
L3	2,27 bB	3,36 cA	2,81 c
L4	2,46 bB	3,87 bA	3,17 b
L5	3,20 aB	4,63 aA	3,92 a
Médias	2,24 B	3,22 A	3,17

As letras maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

No quadro de interação entre esterco e cobertura morta, apresentado na Tabela 24, observa-se que em todos os níveis de esterco a evapotranspiração das mudas que receberam cobertura morta em relação às que não a receberam, foi menor, sendo a diferença maior nos vasos que receberam 50 % de esterco, em que houve uma economia de 35 % na evapotranspiração das mudas que receberam a cobertura morta.

Tabela 19. Médias da evapotranspiração (ET) resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de esterco presente no solo (tratamentos N) e cobertura morta(C) no solo, do cumaru em vasos, dos 150 aos 300 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2009

Médias da evapotranspiração, em mm dia ⁻¹			Médias
N/ C	CC	SC	
N1	2,55 aB	3,59 aA	3,07 a
N2	2,04 bB	3,14 bA	2,59 b
N3	2,13 bB	2,93 cA	2,53 b
Médias	2,24 B	3,22 A	3,17

As letras maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2. Experimento II (sistema agroflorestal de sequeiro)

4.2.1 – Biometria da planta

4.2.1.1 Altura da planta

Na Tabela 20 verifica-se efeito significativo do esterco, mas não da cobertura morta sobre a altura de plantas, embora em trabalho anterior PIMENTEL & GUERRA (2011) tenham encontrado, com mudas aos 147 DAS, efeito positivo da cobertura morta sobre a altura de plantas. Mesmo que a cobertura morta possa ter promovido efeitos benéficos sobre a temperatura do solo e disponibilidade de água, as plantas jovens de cumaru, após o transplante pelas características adaptativas da espécie (perdendo ou ganhando folhas em função do fotoperíodo e estação chuvosa do ano), foram indiferentes ao uso da cobertura morta, em altura de plantas, provavelmente pelo fato desta variável ter sido influenciada pelo número de folhas.

Tabela 20 – Análises de variância e médias para a altura de plantas com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante – DAT. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	960,24 **
Cobertura morta (C)	1	5,06 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	109,77 ns
Blocos	3	59,57 ns
Resíduo	15	35,55
CV(%)		23,29
Níveis de esterco (N)		Médias (cm)
	N1 (0 – sem esterco na cova)	37,86 a
	N2 (15 litros por cova)	22,20 b
	N3 (30 litros por cova)	16,76 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	26,06 a
	SC (sem cobertura)	25,14 a
	Média (cm)	25,60

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Ao examinar a Figura 13 constata-se que houve influência negativa do esterco sobre o crescimento do cumaru, aos 365 DAT, tornando-se mais altas as mudas que não receberam esterco na cova por ocasião do transplante das mudas. No entanto, este não foi o comportamento observado em outras fases de cultivo pois, conforme PIMENTEL & GUERRA (2011), houve efeito benéfico do esterco aos 147 DAS em mudas de cumaru. Na região do Vale do São Francisco ANGELIM, et al. (2007), avaliaram a altura de plântulas de *A. cearensis* a partir dos 23 dias de idade (transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 12 litros) durante 150 dias em cinco medições mensais. Os tratamentos utilizados foram: (T1) 100% solo; (T2) 75% solo, 25% esterco humificado; (T3) 50% solo, 50% esterco humificado; (T4) 25% solo, 75% esterco humificado. A altura de plantas até os 90 dias foi uniforme para todos os tratamentos; entretanto, aos 120 dias, verificou-se que, em geral, o substrato de crescimento das plantas que apresentou melhor resultado foi aquele no qual não se aplicou adubo orgânico. Os referidos autores atribuíram tal resposta às características adaptativas da espécie aos solos de baixa fertilidade. Este comportamento é completamente atípico para as plantas tradicionalmente cultivadas, merecendo maiores estudos e investigações na fisiologia das plantas xerófilas.

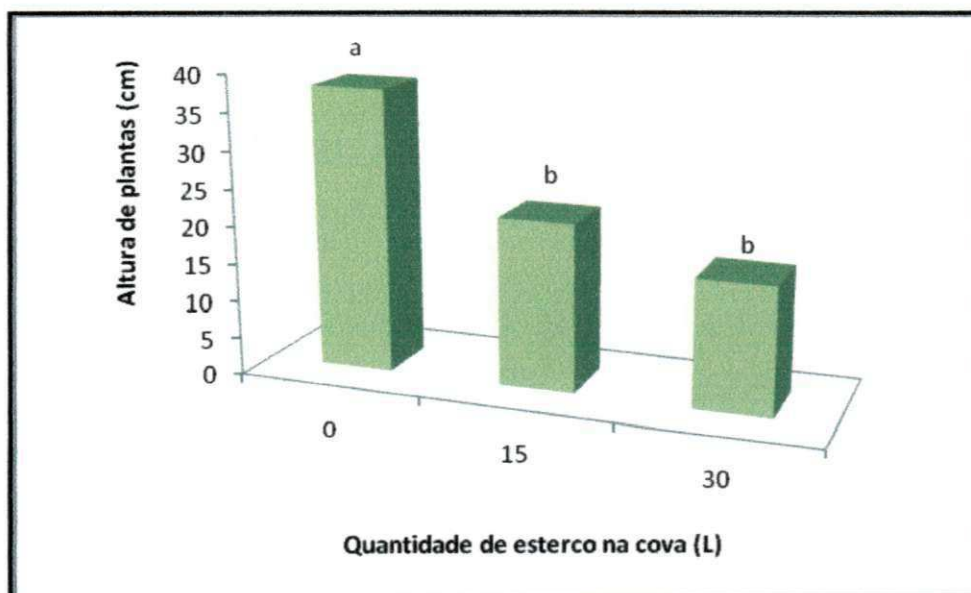


Figura 13 – Altura de plantas de cumaru aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

4.2.1.2 - Diâmetro caulinar (DC)

Da mesma forma que para altura de plantas, o diâmetro caulinar foi influenciado apenas pelos tratamentos de níveis de esterco no solo. Na Tabela 21 se encontram os dados e se constata que um ano após o transplante as plantas jovens de cumaru que não receberam esterco na cova, apresentaram maiores diâmetros caulinares, sendo diferentes estatisticamente dos diâmetros das plantas que receberam 15 ou 30 litros de esterco por cova, ao transplantio, cujo gráfico se encontra na Figura 14. As explicações são as mesmas apresentadas para a altura de plantas.

Tabela 21 – Análises de variância e médias para o diâmetro caulinar com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	12,79 **
Cobertura morta (C)	1	0,80 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	1,84 ns
Blocos	3	1,18 ns
Resíduo	15	0,63
CV(%)		23,30
Níveis de esterco (N)		Médias (mm)
	N1 (0 – sem esterco na cova)	4,78 a
	N2 (15 litros por cova)	3,14 b
	N3 (30 litros por cova)	2,29 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	3,58 a
	SC (sem cobertura)	3,22 a
	Média (mm)	3,40

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

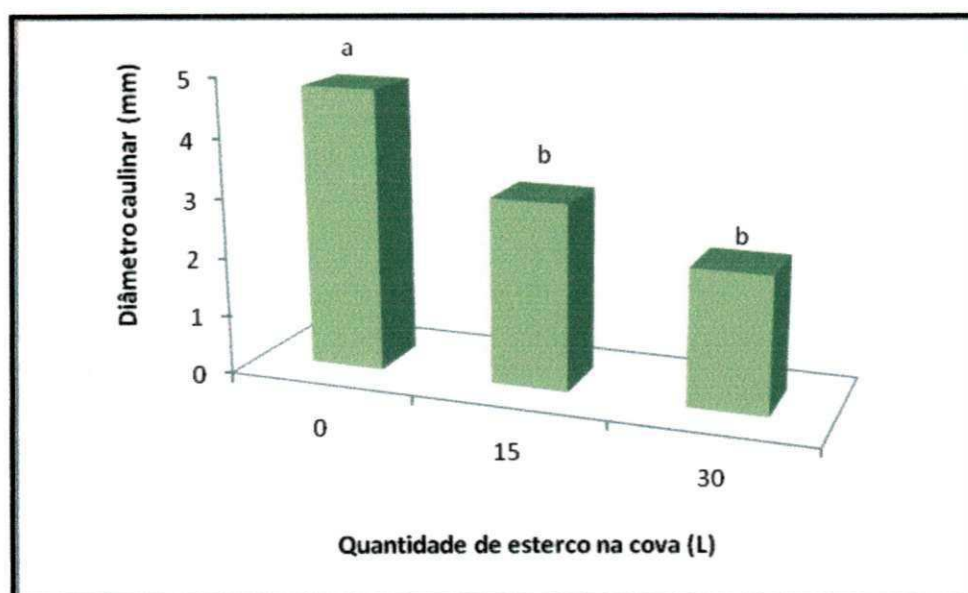


Figura 14 – Diâmetro caulinar do cumaru aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

4.2.1.3 - Número de folhas (NF)

Na Tabela 22 se encontram os dados relativos ao número de folhas das plantas jovens de cumaru, 365 dias após o transplante (DAT), constatando-se que houve influência apenas do esterco sobre o número de folhas. A ausência de resposta do número de folhas com relação à água e cobertura morta, diz respeito ao comportamento fenológico da espécie, que perde folhas de forma irregular durante a estação seca do ano, em função do fotoperíodo.

Pelas médias apresentadas na Tabela 22 e Figura 15, observa-se que o número de folhas das plantas que não receberam esterco no transplante é bem maior do que o das que receberam 15 e 30 litros por cova, estatisticamente iguais. Os mesmos comentários para altura de plantas são válidos com relação ao número de folhas.

Tabela 22 – Análises de variância e médias para o número de folhas com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	0,033 **
Cobertura morta (C)	1	0,002 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	0,004 ns
Blocos	3	0,005 ns
Resíduo	15	0,003
CV(%)		5,11
Níveis de esterco (N)		Médias sem transformação (NF)
	N1 (0 – sem esterco na cova)	4,23 a
	N2 (15 litros por cova)	1,20 b
	N3 (30 litros por cova)	0,73 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	1,87 a
	SC (sem cobertura)	2,23 a
	Média (NF)	2,05

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Dados transformados por $x = \log(x+10)$. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

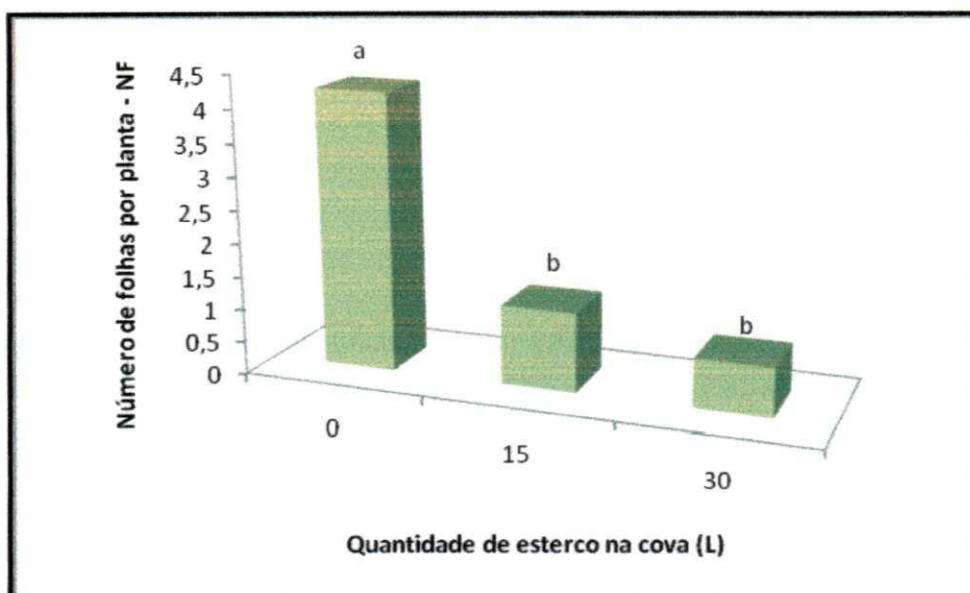


Figura 15 – Número de folhas do cumaru aos 365 dias após o transplântio – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

4.2.1.4 – Área foliar (AF)

A importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida, por ser um parâmetro indicativo de produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e da sua conversão em energia química. A superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura. Além disso, o conhecimento da área foliar da planta permite a estimativa da perda de água uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente.

Considerando que não existia uma metodologia para determinar a área foliar do cumaru fez-se um estudo paralelo para obter uma equação que permitisse determinar esta a partir de medições do comprimento e largura da folha, variáveis normalmente obtidas na biometria das plantas.

Na Figura 16 observa-se a relação entre a área foliar real (AFR) e a largura (L) da folha e na Figura 17 a relação entre a área foliar real (AFR) e o comprimento da folha (C); já na Figura 18 a relação entre a área foliar real (AFR) e o comprimento x largura (CxL) da folha das mudas de cumaru.

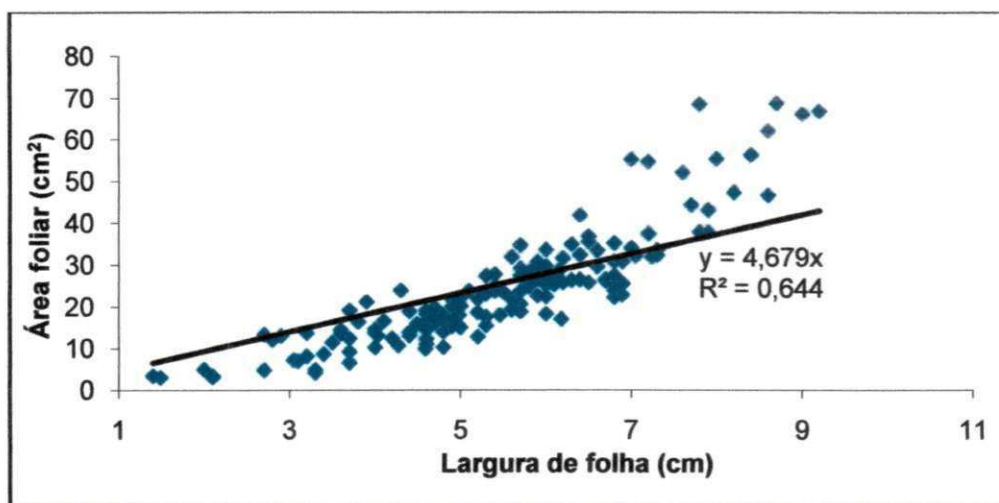


Figura 16 – Relação entre a área foliar real e a largura da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009

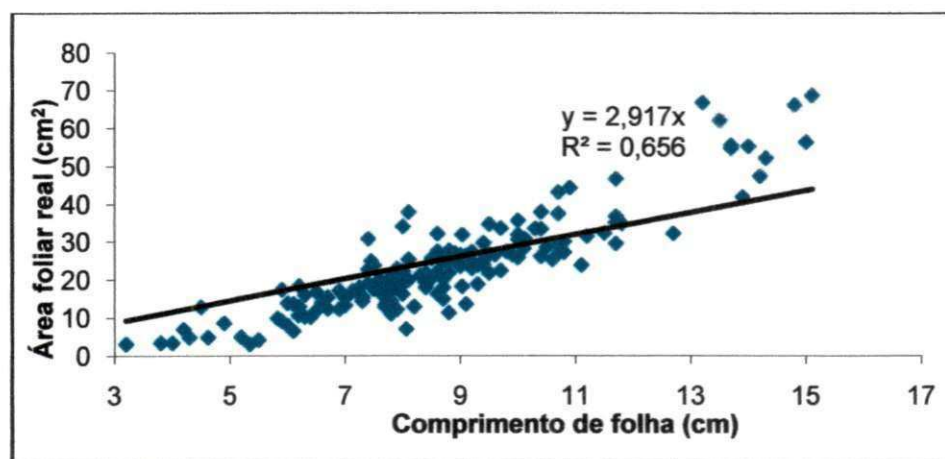


Figura 17 – Relação entre a área foliar real e o comprimento da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009

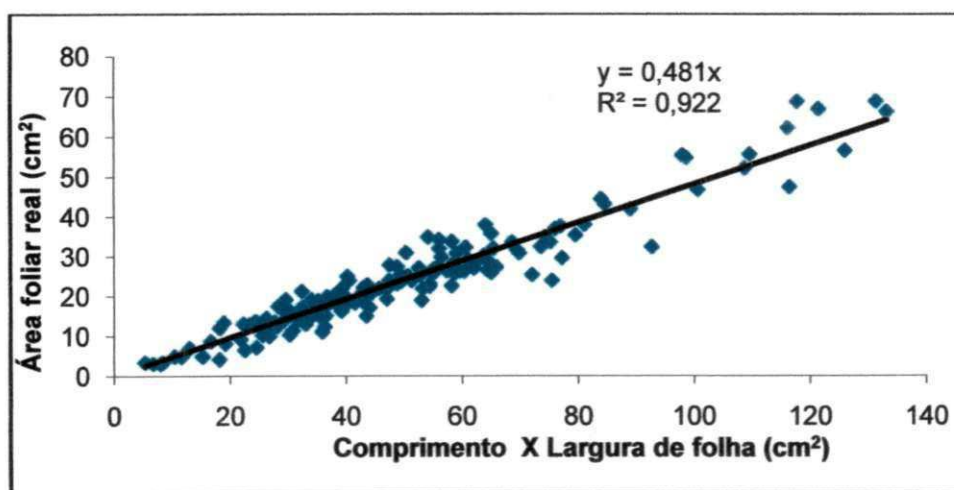


Figura 18 – Relação entre a área foliar real e o comprimento x largura da folha do cumaru (*Amburana cearensis*). Quixeramobim, CE, 2009

Pode-se observar, nas Figuras 16, 17 e 18, que os dados referentes à área foliar real em relação ao comprimento ou largura das folhas de cumaru submetidas à análise de regressão com a reta passando pela origem ($a=0$), se ajustaram a um modelo linear, apresentando equações que permitiram obter estimativas satisfatórias da área foliar da espécie na fase de mudas, com o coeficiente de correlação variando de 0,64 a 0,66. Observa-se, ainda, que a relação entre comprimento (C) x largura (L) e área foliar real (AFR) se destaca das demais, apresentando alto coeficiente de correlação: 0,92.

Os maiores valores do coeficiente de correlação entre a área foliar real e o produto do comprimento pela largura da folha, indicam serem as equações que permitem estimativas mais acuradas da área foliar das mudas de cumaru, sendo a equação linear simples com a reta passando pela origem, a mais recomendada. De maneira geral, todas as equações permitiram boas estimativas da área foliar; entretanto, se sugere, do ponto de vista prático, optar pela equação linear simples, envolvendo o produto (C x L), passando pela origem.

Desta forma, a estimativa da área foliar das mudas de cumaru foi feita pelo modelo da Equação 2.

$$AF = (C \times L) * 0,4818 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em tal modelo se obteve um coeficiente de determinação 0,92, sugerindo que 92% dos pontos observados estão incluídos na faixa de estimativa permitida pela equação acima. O valor obtido neste estudo é superior aos obtidos por Pinto et al. (2007), para a maniçoba.

Os dados relativos à área foliar são apresentados na Tabela 23. Observa-se que houve influência apenas do esterco, destacando-se a área foliar das plantas que não receberam esterco por ocasião do transplante e as demais que receberam 15 e 30 litros por cova apresentaram, aos 365 DAT, área foliar estatisticamente igual e bem menor (Figura 19). Essas grandes diferenças na área foliar se justificam pelos mesmos motivos expostos para altura de plantas e número de folhas, que expressam a mesma resposta.

Tabela 23 – Análises de variância e médias para a área foliar com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	0,722 **
Cobertura morta (C)	1	0,028 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	0,048 ns
Blocos	3	0,154 ns
Resíduo	15	0,071
CV(%)		16,01
Níveis de esterco (N)		Médias sem transformação (cm²)
	N1 (0 – sem esterco na cova)	101,21 a
	N2 (15 litros por cova)	27,28 b
	N3 (30 litros por cova)	8,92 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	48,47 a
	SC (sem cobertura)	43,14 a
	Média (cm ²)	45,80

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Dados transformados por $x = \log(x+20)$. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

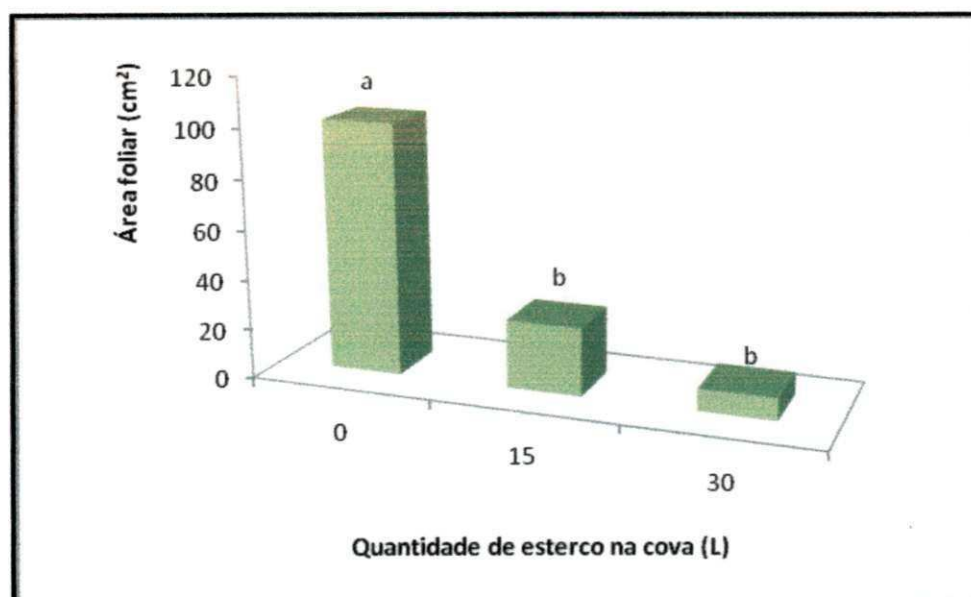


Figura 19 – Área foliar do cumaru aos 365 dias após o transplante – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

4.2.1.5 - Índice de área foliar (IAF)

Embora ele seja determinado a partir da relação entre a área foliar total e a área de solo disponível para a planta, definida pelo espaçamento estabelecido, aqui se trabalhou com o IAF da forma como ele foi conceituado: relação entre área foliar total e área de solo sombreada pelas folhas. À medida que a área foliar cresce, o IAF também cresce, até atingir um valor a partir do qual o autossombreamento passa a ser prejudicial, aumentando o número de folhas (ou superfície foliar) que são mantidas sob iluminação precária, o que diminui bastante sua eficiência fotossintética. O IAF ótimo é aquele que permite o máximo de fotossíntese. Portanto, o IAF ótimo do cumaru deve ter ocorrido justamente nessa fase inicial do sistema agroflorestal, quando o autossombreamento das plantas jovens foi mínimo. Entretanto, em se tratando de clima semiárido deve-se lembrar, também, de que além da fotossíntese, existe a evapotranspiração que, neste caso, é mais limitante para produtividade do que a fotossíntese líquida. Fica difícil, então, definir o IAF ótimo para as culturas no clima semiárido, sobretudo na fase inicial da cultura, com o solo exposto.

Conforme se observa nos dados contidos na Tabela 24, o IAF foi afetado apenas pela quantidade de esterco colocado nas covas, ao transplante do cumaru. A avaliação foi realizada quando as plantas apresentavam baixo número de folhas sendo que sua maioria ainda se encontrava completamente sem folhas, o que dificulta a avaliação de tal índice.

A queda de folhas apresenta variabilidade muito grande, por se tratar de espécie nativa, comprometendo o coeficiente de variação que, mesmo após a transformação dos dados, permanece alto.

Tabela 24 – Análises de variância e médias para o índice de área foliar, com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações, nas plantas jovens de cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	31,15 *
Cobertura morta (C)	1	7,74 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	23,73 ns
Blocos	3	34,78 *
Resíduo	15	7,90
CV(%)		31,57
Níveis de esterco (N)		Médias sem transformação (IAF)
	N1 (0 - sem esterco na cova)	0,66 ab
	N2 (15 litros por cova)	0,81 a
	N3 (30 litros por cova)	0,16 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	0,64 a
	SC (sem cobertura)	0,45 a
	Média (IAF)	0,54

(ns) Não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Dados transformados por $x = \arcsen \left(\frac{x+1}{10} \right)$.

Observando a Figura 20, constata-se que as plantas que receberam maior quantidade de esterco na cova (30 litros), ao transplante, apresentaram os menores índices de áreas foliares porém esses índices também foram afetados pela queda nas folhas, por se tratar de espécie nativa da caatinga, bastante adaptada às condições de baixa matéria orgânica no solo. Mesmo assim, as plantas que receberam 15 litros de esterco na cova, se mostraram mais eficientes fotossinteticamente por produzirem menor sombreamento relativo: maior área fotossinteticamente ativa em relação à área sombreada. O baixo IAF encontrado nas plantas que receberam mais esterco (30 litros) é atribuído aos efeitos negativos do esterco, já comentados, com relação à salinidade e um provável efeito negativo dos nutrientes sobre as mudas.

Os baixos valores encontrados para IAF no cumaru em fase inicial de crescimento, no campo, indicam um grande autossombreamento, que é comum em mudas recém-plantadas, pois FAVARIN et al. (2002) encontraram, para o cafeeiro (*Coffea arabica*), aos 15 meses, IAF de 0,27, com índices crescentes ao longo do tempo, atingindo valores superiores a 1,0 somente aos 22 meses e aos 35 meses atingiu o valor de 3,41. CARON et al. (2007) encontraram, para aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), até 112 dias, valores entre 0,42 e 0,50 no final do período estudado.

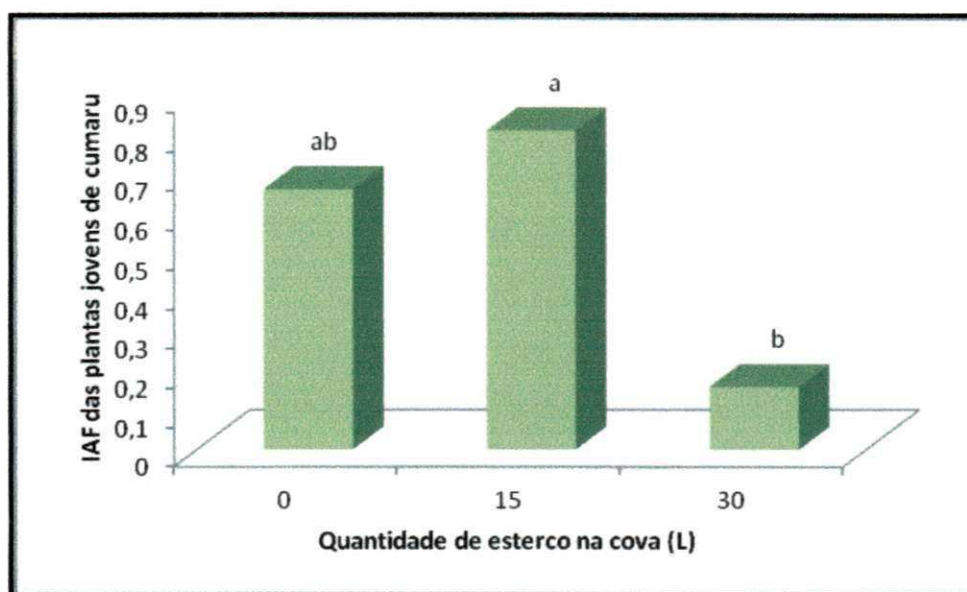


Figura 20 – Índice de área foliar do cumaru (IAF), aos 365 dias após o transplante – DAT, em função das quantidades de esterco aplicadas no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

4.2.1.6 – Sobrevivência das plantas no campo

Quando se trabalha com florestas e sistemas agroflorestais, a sobrevivência das mudas plantadas é de fundamental importância. Quanto à mortalidade e ao pequeno desenvolvimento de mudas em plantios em áreas degradadas, as principais causas citadas são o estresse hídrico, a competição com ervas invasoras e o ataque de formigas. Taxas de mortalidade de 20% podem ser consideradas baixas (CORRÊA & CARDOSO, 1998). Embora haja divergência entre autores, conforme as espécies estudadas e condições do ambiente em grandes projetos, mortalidade de até 40% é considerada normal nessa atividade (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997).

Analisando os resultados contidos na Tabela 25, constata-se que houve influência apenas do esterco na sobrevivência das plantas, e que o aumento do esterco aplicado nas covas ao transplante produziu diminuição na sobrevivência. Isto pode também ser visualizado no gráfico da Figura 21. Esta resposta pode estar associada tanto à salinidade do esterco como à elevada concentração de nutrientes em relação à baixa exigência da espécie, facilmente atingindo concentrações tóxicas.

Tabela 25 – Análises de variância e médias para a sobrevivência das plantas no campo, com relação à quantidade de esterco (N) aplicada em fundação, à cobertura morta no solo (CC) e suas interações em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Esterco (N)	2	0,187 *
Cobertura morta (C)	1	0,007 ns
Esterco X Cob. Morta (N X C)	2	0,127 *
Blocos	3	0,022 ns
Resíduo	15	0,032
CV(%)		26,65
Níveis de esterco (N)		Médias (sobrevivência)
	N1 (0 – sem esterco na cova)	0,80 a
	N2 (15 litros por cova)	0,70 ab
	N3 (30 litros por cova)	0,50 b
Cobertura morta (C)		
	CC (com cobertura)	0,65 a
	SC (sem cobertura)	0,68 a
	Média (sobrevivência)	0,67

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Atribuiu-se o valor 1 (um) para a sobrevivência e 0 (zero) para plantas ausentes ou mortas

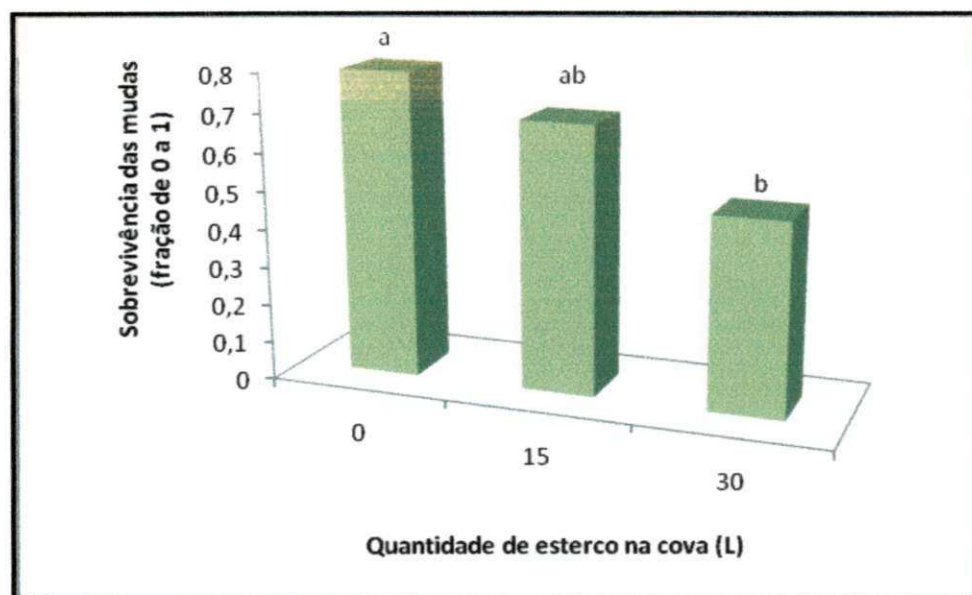


Figura 21 – Sobrevivência do cumaru (atribuindo-se o valor 1 para 100% das plantas presentes e 0 para 0% de presença), aos 365 dias após o transplante, em função das quantidades de esterco aplicado no solo (N). Quixeramobim, CE, 2010

A Tabela 26 apresenta o desdobramento da interação esterco x cobertura para a sobrevivência das plantas no campo. Constatou-se que a cobertura morta apresentou efeito desfavorável apenas nas plantas que receberam maior quantidade de esterco na cova (30

L), sendo indiferente nos demais tratamentos. Esta ocorrência se deve, muito provavelmente, ao fato do cumaru ser espécie nativa, bastante adaptada às condições do semiárido, com maior ocorrência em solos de baixo teor de nutrientes, tendo a matéria orgânica contribuído para concentrações tóxicas, evento desfavorável à sobrevivência das plantas. A cobertura morta agiu preservando a matéria orgânica e nutrientes (evitando perdas por volatilização de nitrogênio) em camadas superficiais e profundas do solo, contribuindo para a toxicidade dos nutrientes nos tratamentos em que a matéria orgânica se apresentava em maiores quantidades. Esta informação abre um vasto campo de estudo para a fisiologia de plantas adaptadas ao semiárido.

ANGELIM et al. (2007) também atribuíram o baixo crescimento e desenvolvimento morfológico das mudas de cumaru em solos sem aplicação de matéria orgânica, ao fato da espécie estar bem adaptada às condições adversas, como falta de água, e também à reduzida concentração de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes no solo. LUCENA et al. (2006) concluíram, pesquisando diferentes substratos com matéria orgânica na germinação de espécies florestais, que o substrato constituído com esterco de galinha (que apresenta maior teor de nitrogênio e alguns outros nutrientes, em relação às demais fontes de matéria orgânica testadas) produz, nas essências florestais estudadas, a menor germinação, e que embora o substrato composto por solo arenoso mais esterco de galinha, tenha propiciado o maior índice de germinação nas sementes do Tambor (*Enterolobium cotortosilicum*), as mudas obtidas foram de menor tamanho e vigor.

Tabela 26 – Médias da sobrevivência de plantas jovens resultantes das interações entre os tratamentos: quantidade de esterco presente no solo (tratamentos N) e cobertura morta(C) no solo, do cumaru em sistema agroflorestal, aos 365 dias após o transplante. Quixeramobim, CE, 2010

Médias de sobrevivência de plantas (escala de 0 a 1)			
N/ C	CC	SC	Médias
N1	0,80 aA	0,80 aA	0,80 a
N2	0,80 aA	0,60 aA	0,70 ab
N3	0,35 bB	0,65 aA	0,50 b
Médias	0,65 A	0,68 A	0,67

As letras maiúsculas seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si, no Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.2 - Aspectos econômicos do sistema agroflorestal

Os custos incorridos para a safra agrícola de 2009 e 2010 se encontram nas Tabelas 27 e 28, respectivamente. A maior produção e receitas obtidas em 2009 se devem ao fato de que, em 2009, as precipitações pluviométricas foram de 1.112 mm comparadas com apenas 613 mm, mal distribuídos, em 2010 (Apêndice B).

Tabela 27 – Custos e receitas para 0,5 ha do sistema agroflorestal no ano de 2009. Quixeramobim, CE.

DISCRIMINAÇÃO	Unidade	Quantidade	Vr. Unitário	Vr. Total
CUSTOS:				
De investimento:				
Mudas	und	140	R\$ 0,50	R\$ 70,00
Gradagem do solo	h trator ⁻¹	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Abertura de 134 covas (fev./2009)	H d ⁻¹	7,00	R\$ 15,00	R\$ 105,00
Enchimento de covas (134) e adubação	H d ⁻¹	2,5	R\$ 15,00	R\$ 37,50
Cobertura morta	Sc	4	R\$ 3,75	R\$ 15,00
Esterco	L	2000	R\$ 0,03	R\$ 60,00
Subtotal 1				R\$ 387,50
De custeio:				
Sementes	Kg	15	R\$ 2,00	R\$ 30,00
Plantio	H d ⁻¹	4	R\$ 15,00	R\$ 60,00
Primeira capina	H d ⁻¹	6	R\$ 15,00	R\$ 90,00
Segunda capina	H d ⁻¹	10	R\$ 15,00	R\$ 150,00
Colheita de feijão	H d ⁻¹	3	R\$ 15,00	R\$ 45,00
Colheita de milho	H d ⁻¹	1,5	R\$ 15,00	R\$ 22,50
Subtotal 2				R\$ 397,50
CUSTOS TOTAIS				R\$ 785,00
RECEITAS:				
Feijão verde (grãos maduros)	Kg	100	R\$ 1,50	R\$ 150,00
Feijão seco (grãos secos)	Kg	200	R\$ 0,90	R\$ 180,00
Milho (grãos)	Kg	600	R\$ 0,38	R\$ 228,00
Pastagem (restolhos)	Kg			R\$ 160,00
RECEITA				R\$ 718,00
RECEITAS – DESPESAS DE CUSTEIO				R\$ 320,50

Tabela 28 – Custos e receitas para 0,5 ha de cumaru em sistema agroflorestal. No ano de 2010. Quixeramobim, CE.*

DISCRIMINAÇÃO	Unidade	Quantidade	Vr. Unitário	Vr. Total
CUSTOS:				
Investimento:				
Gradagem do solo	h trator ⁻¹	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Aplicação de cobertura morta	H d ⁻¹	0,5	R\$ 20,00	R\$ 10,00
Replanteio de mudas (mudas e plantio)	verba	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Subtotal 1				R\$ 130,00
Despesas de custeio do milho + feijão:				
Sementes de milho (8kg) e feijão (3kg)	Kg	11	R\$ 2,00	R\$ 22,00
Plantio	H d ⁻¹	2	R\$ 20,00	R\$ 40,00
Primeira capina	H d ⁻¹	7	R\$ 20,00	R\$ 140,00
Segunda capina	H d ⁻¹	2	R\$ 20,00	R\$ 40,00
Colheita de feijão	H d ⁻¹	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Colheita de milho	H d ⁻¹	0,5	R\$ 20,00	R\$ 10,00
Subtotal 2				R\$ 272,00
CUSTOS TOTAIS				R\$ 502,00
RECEITAS:				R\$ 406,60
Feijão verde (grãos maduros)	Kg	120	R\$ 1,50	R\$ 180,00
Milho (grãos)	Kg	180	R\$ 0,37	R\$ 66,60
Pastagem (restolhos)	verba	01	R\$ 160,00	R\$ 160,00
RECEITAS – DESPESAS DE CUSTEIO				R\$ 134,60

* No ano de 2010 não foi aplicado esterco

As despesas iniciais para o plantio das mudas de cumaru devem ser consideradas investimento e serão recuperadas no futuro, quando as árvores de cumaru produzirem as sementes que poderão ser utilizadas para o plantio de canteiros, visando ao fornecimento de matéria-prima para produção de cumarina. Portanto, a safra agrícola deve cobrir somente as despesas de custeio.

Considerando-se que a diferença das receitas – despesas de custeio dos dois primeiros anos (2009 e 2010) é de R\$ 455,10 o sistema seria insuficiente para cobrir o investimento realizado nos dois anos, de R\$ 517,50. No entanto considerando que o esterco não produz nenhum efeito favorável para a cultura, bem poderia ser dispensado. Assim o sistema seria viável durante os dois primeiros anos. No terceiro ano, com novas safras agrícolas começaria a haver lucro real. Por outro lado, se houver precipitações maiores (ou maior regularidade) em anos seguidos, o lucro real poderá acontecer já no segundo ano, pelas maiores safras agrícolas.

Salienta-se que a implantação do banco de sementes de cumaru é apenas uma parte do processo de produção, que garante a sustentabilidade para as comunidades rurais que não dispõem da planta nativa em quantidade suficiente para abastecer o total de sementes demandado. Na análise econômica não foi considerada a renda potencial do cultivo das

plantas de cumaru em canteiros que, em última instância, se constitui no objetivo do banco de sementes, pois é ela que garantirá, de fato, o resultado financeiro da atividade. O benefício aqui computado foi a renda imediata das culturas consorciadas, milho e feijão.

Conforme RUSSO & PÁDUA (2001), projetos de desenvolvimento sustentável baseados na adoção de sistemas agroflorestais devem ter, como foco, o desenvolvimento do sistema agrário como um todo, abrindo espaço à decisão do produtor e não à adoção de um modelo universal. Desta forma, os sistemas agroflorestais, em si, podem representar uma alternativa de uso da paisagem rural de maneira mais diversificada, com melhor utilização da força de trabalho, porém se forem pensados isoladamente do sistema agrário e elaborados como um novo pacote tecnológico a ser reaplicado, representarão risco de substituição do sistema natural-florestas por um novo agroecossistema. Sugere-se, portanto, que as ideias do sistema agroflorestal aqui proposto sejam incorporadas pela Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), valorizando não somente o cumaru mas também outras espécies nativas do bioma Caatinga, visando ao aproveitamento de áreas marginais aos cultivos tradicionais ou em recuperação de áreas degradadas, em que no futuro gere uma economia capaz de se inserir em esferas econômicas mais gerais, tal como ocorre em outros sistemas agroflorestais tradicionais, em que o espaço (ou espaços) produtivo (construído de terra e meio aquático) não se define simplesmente por sua potencialidade biológica mas por suas implicações históricas que dinamizam o espaço natural para um espaço socioeconômico, tornando-o socialmente utilizável (CASTRO et al., 2009).

4.3 - Experimento III (sistema de canteiros irrigados)

Neste experimento e apesar de se trabalhar com lâminas de irrigação, como os canteiros não estavam em ambiente protegido receberam influência das precipitações naturais, que foram subtraídas das respectivas lâminas de irrigação, sendo apenas complementadas conforme os tratamentos exigiam. Tais precipitações ocorridas na área se encontram no Apêndice B, para o ano de 2010. Ressalte-se que a distribuição temporal foi bastante irregular, como é comum no semiárido, com chuvas concentradas em um ou dois dias e com veranicos maiores até dez ou quinze dias. Embora as chuvas possam ter

interferido nos resultados, houve períodos secos suficientes para que as lâminas pudessem ser sentidas pelas plantas, ainda que parcialmente.

4.3.1 – Biometria da Planta

4.3.1.1 – Comprimento de caule

Observando-se os dados apresentados na Tabela 29 constata-se que não houve influência de nenhum dos tratamentos nem da interação sobre o comprimento de caule das plantas jovens do cumaru, em canteiros irrigados.

Tabela 29 – Análises de variância e médias para o comprimento de caule com relação à quantidade de água aplicada (L), espaçamento (E) e interação nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados, aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	215,75 ns
Espaçamento (E)	4	25,66 ns
Água X Espaçamento (L X E)	16	106,87 ns
Blocos	2	304,48 ns
Resíduo (água)	8	117,92
Resíduo (espaçamento)	8	81,72
Resíduo (interação)	32	110,17
CV(%) (água)		37,37
CV(%) (espaçamento)		31,11
CV(%) (interação)		36,12
Lâminas de irrigação (L)		Médias (cm)
L1(0,00 ET)		27,80
L2(0,25 ET)		24,83
L3(0,50 ET)		30,77
L4(0,75 ET)		27,21
L5(1,00 ET)		34,69
Espaçamento (N)		
E1 (20 X 20)		29,06
E2 (20 X 10)		27,85
E3 (20 X 5)		31,11
E4 (10 X 10)		29,27
E5 (5 X 5)		28,01
Média (cm)		29,06

(ns) Não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Estudando mudas de cumaru em vasos, PIMENTEL & GUERRA (2011) também não encontraram diferenças significativas nas alturas de plantas irrigadas com diferentes lâminas de irrigação, justificando esta falta de resposta em relação à água aplicada, pelo

fato do cumaru pertencer a um grupo de plantas da caatinga que perde folhas mais cedo e inicia a brotação durante a estação seca, e que a maioria dessas plantas apresenta correlação com o fotoperíodo e não com a ocorrência de chuvas na emissão ou perda de folhas afetando, assim, o crescimento. BORCHERT & RIVERA (2001) verificaram, em estudo com espécies arbóreas de caules suculentos, que essas plantas permaneciam inativas do início para o meio da estação seca até mesmo quando eram irrigadas; os autores concluíram, à semelhança de PIMENTEL & GUERRA (2011) que a disponibilidade de água não determinava a ocorrência do brotamento e que a variação sazonal no fotoperíodo era o fator que determinava a ocorrência das fenofases vegetativas e não a disponibilidade de água no solo, mesmo em baixas latitudes, quando a variação anual do comprimento do dia é inferior a uma hora, sendo a dormência induzida e quebrada por variações no fotoperíodo de menos de 30 min. FIGUEIREDO (2008) também afirma que períodos de crescimento e dormência se alternam mais sincronizados com as variações no fotoperíodo, energia radiante e temperatura, do que com a sazonalidade na precipitação.

O adensamento no espaçamento entre plantas também não foi suficiente para alterar o comprimento de caule, pelo menos no período de sete meses, provavelmente por se tratar de planta nativa adaptada às condições de competitividade com outras ervas espontâneas.

4.3.1.2 - Diâmetro caulinar

Na Tabela 30 se encontram os dados relativos ao diâmetro caulinar das plantas jovens de cumaru em canteiros, observando-se que não houve influência da água, do espaçamento nem da interação sobre tal variável.

Os diâmetros caulinares de mudas de cumaru cultivadas em vasos aos 147 DAS (dias após a sementeira), também não foram influenciados por lâminas de 25 a 125% da evapotranspiração (PIMENTEL & GUERRA,2011). Isto ocorre por se tratar de planta nativa adaptada ao semiárido mas que sofre influência de outros fatores além da água, como fotoperíodo, no seu crescimento, além de haver translocação sazonal de água e nutrientes da parte aérea para o sistema radicular e vice-versa.

Tabela 30 – Análises de variância e médias para diâmetro caulinar com relação à quantidade de água aplicada (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	2,57 ns
Espaçamento (E)	4	1,86 ns
Água X Espaçamento (L X E)	16	1,07 ns
Blocos	2	2,57 ns
Resíduo (água)	8	0,88
Resíduo (espaçamento)	8	0,26
Resíduo (interação)	32	1,03
CV(%) (água)		29,10
CV(%) (espaçamento)		15,83
CV(%) (interação)		31,41
Lâminas de irrigação (L)		Médias (mm)
L1(0,00 ET)		2,90
L2(0,25 ET)		2,87
L3(0,50 ET)		3,53
L4(0,75 ET)		3,20
L5(1,00 ET)		3,63
Espaçamento (N)		
E1 (20 X 20)		3,13
E2 (20 X 10)		3,23
E3 (20 X 5)		3,43
E4 (10 X 10)		3,20
E5 (5 X 5)		3,13
Média (mm)		3,23

(ns) Não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

4.3.1.3 – Número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF)

A Tabela 31 apresenta as análises de variância e médias para o número de folhas e a razão de área foliar (RAF), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento entre plantas (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura. Observa-se efeito significativo ($p < 0,05$) apenas da quantidade de água aplicada nos canteiros, para as duas variáveis.

Pelos dados apresentados na regressão (Figura 22), constata-se que, em geral, aumentando-se a lâmina de reposição de água ocorre aumento no número de folhas, de tal modo que as plantas que receberam maior lâmina (100% da evapotranspiração – L5) foram as que apresentaram maior número de folhas (demoraram mais a perder folhas).

Por se tratar de planta nativa, com alta variabilidade genética das sementes e por ser caducifólia, típica do semiárido, com grande variabilidade na queda de folhas, os

coeficientes de variação para a variável número de folhas, são altos, mesmo depois dos dados serem transformados, dificultando as análises estatísticas.

Tabela 31 – Análises de variância e médias para número de folhas (NF) e razão de área foliar (RAF), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios	
		NF	RAF
Água (L)	4	3,08 *	12,26 *
Espaçamento (E)	4	0,65 ns	5,39 ns
Água x Espaçamento (L x E)	16	0,66 ns	4,69 ns
Regressões Polinomiais para o fator Água			
- Regressão linear	1	11,70 **	42,03 **
- Regressão quadrática	1	0,28 ns	1,07 ns
Blocos	2	0,04 ns	2,87 ns
Resíduo (água)	8	0,59	2,88
Resíduo (espaçamento)	8	0,31	1,82
Resíduo (interação)	32	0,81	3,22
CV(%) (água)		48,44	77,19
CV(%) (espaçamento)		35,08	61,28
CV(%) (interação)		56,57	81,58
Lâminas de irrigação (L)		Médias sem transformação	
		(unid.)	(cm ² g ⁻¹)
	L1(0,00 ET)	0,00	0,00
	L2(0,25 ET)	0,73	4,21
	L3(0,50 ET)	2,80	9,28
	L4(0,75 ET)	3,87	11,45
	L5(1,00 ET)	4,13	13,71
Espaçamento (N)			
	E1 (20 X 20)	1,47	4,31
	E2 (20 X 10)	2,27	5,57
	E3 (20 X 5)	3,47	15,17
	E4 (10 X 10)	3,00	10,23
	E5 (5 X 5)	1,33	3,38
	Média (NF)	2,31	7,73

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$. As médias dos espaçamentos não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

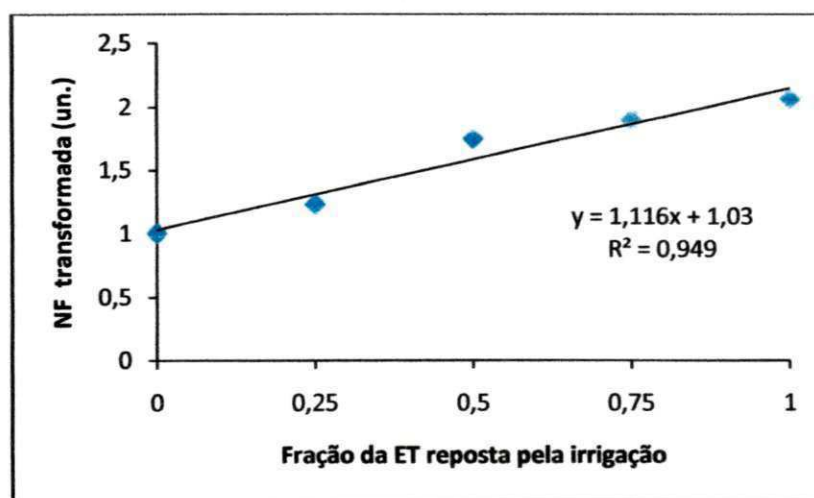


Figura 22 – Número de folhas das plantas jovens de cumaru em canteiros (com dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$), aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função das quantidades de água aplicada no solo (L). Quixeramobim, CE, 2010

PIMENTEL & GUERRA (2011) encontraram, trabalhando com mudas de cumaru em vasos, após 147 DAS que não houve resposta do número de folhas em relação às lâminas de irrigação. A diferença de resultados entre o trabalho citado e os aqui apresentados se deve, provavelmente, à época de levantamento dos dados, pois à medida em que ocorre diminuição no fotoperíodo, aumenta a queda de folhas de algumas espécies (FIGUEIREDO, 2008), dificultando a avaliação do efeito dos tratamentos.

O baixo número de folhas em todos os tratamentos e a pouca variação no número de folhas com relação aos tratamentos, se justificam pelo fato do cumaru ter a capacidade de armazenar água nos xilopódios e, segundo LIMA (2007), pertencer a um grupo de plantas da caatinga cuja perda de folhas e rebrote ocorrem mais em função do fotoperíodo. RAMOS et al. (2004) também constataram, em Brasília, a ocorrência de um ritmo de queda de folhas associado à estacionalidade climática, com médias de até cinco folhas e mais de 30 folíolos na estação chuvosa (janeiro), decrescendo até uma folha e dois folíolos na seca (setembro), apesar de serem plantas irrigadas em viveiro. A interação Água x Espaçamento não apresentou efeito significativo para o número de folhas.

Constata-se, pelos dados apresentados na Tabela 31, que a razão de área foliar (RAF) foi influenciada significativamente apenas pela quantidade de água aplicada nos canteiros. As plantas apresentaram respostas semelhantes à variável número de folhas, por se tratar de espécie nativa da caatinga que perde as folhas na estação seca do ano, independentemente das chuvas ou irrigações, confirmado pelas informações contidas em LIMA (2007). Portanto, as variações ocorridas na RAF podem ter sido mais influenciadas

pelas diferenças na queda de folhas do que propriamente na relação cuja variável se propõe a avaliar, que é a área útil fotossinteticamente ativa necessária para produzir um grama de matéria seca total. Pode-se observar que as plantas que receberam mais água permaneceram com um número maior de folhas por mais tempo e não que elas necessitem de maior área foliar para produzir um grama de matéria seca. Mesmo assim, tudo indica haver uma eficiência fotossintética maior nas plantas que recebem menos água, pois carecem de menor área foliar para produzir um grama de matéria seca total, conforme regressão apresentada na Figura 23; além disto, as plantas, mesmo com baixo número de folhas e, portanto, baixa RAF, continuam aumentando seu peso seco total.

A grande variabilidade na queda de folhas pelos motivos já comentados, aumenta bastante os coeficientes de variação, mesmo após a transformação dos dados, dificultando as análises estatísticas.

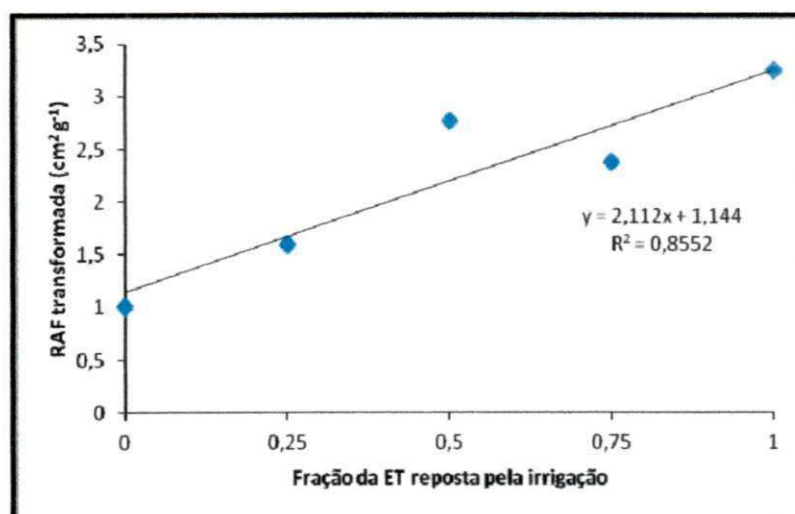


Figura 23 – Razão de área foliar das plantas jovens de cumaru em canteiros (com dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$), aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função das quantidades de água aplicada no solo (L). Quixeramobim, CE, 2010

4.3.1.4 - Razão de peso de folha (RPF)

Conforme se observa na Tabela 32, não houve influência dos tratamentos de água, espaçamento nem da interação na razão de peso de folha (RPF). A não significância dos dados e os baixos valores de RPF, encontrados e apresentados no quadro de médias da Tabela 36, também estão relacionados com a perda de folhas das plantas e indicam que elas são muito eficientes na exportação de matéria seca das folhas para outras partes. Em média, apenas 7% (RPF = 0,07) do peso total correspondem às folhas.

Tabela 32 – Resultados das análises de variância e médias para razão de peso de folha, com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (tratamentos L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios
Água (L)	4	0,0124 ns
Espaçamento (E)	4	0,0138 ns
Água X Espaçamento (L X E)	16	0,0136 ns
Blocos	2	0,0097 ns
Resíduo (água)	8	0,0113
Resíduo (espaçamento)	8	0,0136
Resíduo (interação)	32	0,0123
CV(%) (água)		10,36
CV(%) (espaçamento)		11,34
CV(%) (interação)		10,78
Lâminas de irrigação (L)		Médias sem transformação(RPF)
L1(0,00 ET)		0,00
L2(0,25 ET)		0,03
L3(0,50 ET)		0,04
L4(0,75 ET)		0,21
L5(1,00 ET)		0,06
Espaçamento (N)		
E1 (20 X 20)		0,03
E2 (20 X 10)		0,03
E3 (20 X 5)		0,22
E4 (10 X 10)		0,05
E5 (5 X 5)		0,01
Médias sem transformação(RPF)		0,07

(ns) Não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Dados transformados por $x = \sqrt{x+1}$. As médias não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Em BENINCASA (2003) são apresentados valores de RPF para o sorgo sob alta e baixa radiação solar, com variação entre 0,16 na 18ª semana e 0,87 na quarta semana, em alta radiação solar. Durante todo o período, as médias foram de 0,52 para alta radiação solar e 0,55 para baixa radiação. As grandes diferenças entre esses dados e os apresentados para o cumaru, são devidas exatamente às diferenças entre uma gramínea cultivada e uma árvore nativa do semiárido, em fase jovem pois, segundo BENINCASA (2003), a maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética, a qual está sob a influência de variáveis ambientais.

4.3.1.5 - Diâmetro do xilopódio (DX) e comprimento de xilopódio (CX)

Pelos dados apresentados na Tabela 33 nota-se que o diâmetro de xilopódio das plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados, aos 210 DAS, não foi afetado pelos tratamentos de água, espaçamento nem interação.

Vale lembrar que no Experimento I, com mudas de cumaru em vasos, ocorreu influência da água sobre o diâmetro dos xilopódios. É muito provável que a resposta em diâmetro dos xilopódios de espécies nativas que acumulam água em determinadas épocas do ano para serem utilizadas em outras, possa ser influenciada também pela época do ano em que é feita a amostragem ou colheita dos xilopódios mascarando, então, a resposta. O fato de haver grande variabilidade genética entre as plantas de cumaru e deslocamento de água e nutrientes em sentidos opostos, conforme a época do ano, também contribuiu para os altos coeficientes de variação encontrados nos dados relativos aos diâmetros dos xilopódios.

Tabela 33 – Resultados das análises de variância e médias para diâmetro de xilopódio (DX) e comprimento de xilopódio (CX), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (tratamentos L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios	
		DX	CX
Água (L)	4	168,82 ns	3,71 ns
Espaçamento (E)	4	70,73 ns	2,63 ns
Água X Espaçamento (L X E)	16	50,58 ns	2,60 ns
Blocos	2	229,62 ns	19,05 *
Resíduo (água)	8	77,59	2,15
Resíduo (espaçamento)	8	19,88	0,78
Resíduo (interação)	32	58,06	2,10
CV(%) (água)		40,06	30,71
CV(%) (espaçamento)		20,28	18,48
CV(%) (interação)		34,66	30,35
Lâminas de irrigação (L)		Médias (mm)	Médias (cm)
	L1(0,00 ET)	18,47	5,10
	L2(0,25 ET)	18,80	4,20
	L3(0,50 ET)	24,93	4,87
	L4(0,75 ET)	22,03	4,33
	L5(1,00 ET)	25,70	5,37
Espaçamento (N)			
	E1 (20 X 20)	23,37	5,10
	E2 (20 X 10)	23,43	4,93
	E3 (20 X 5)	23,23	4,73
	E4 (10 X 10)	21,53	5,03
	E5 (5 X 5)	18,37	4,07
	Médias (mm)	21,99	4,77

(**) significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); (*) significativo a nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); (ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. As médias não diferem estatisticamente entre si no Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

O comprimento de xilopódio das plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados, aos 210 DAS, não foi influenciado pelas diferentes quantidades de água aplicada no solo nem pelos diferentes espaçamentos testados ou suas interações (Tabela 33).

No Experimento I, com mudas de cumaru em vasos, também não houve influência da água sobre o comprimento dos xilopódios. Portanto, nesta fase fenológica o aprofundamento dos xilopódios de cumaru é indiferente ao teor de água no solo e ao espaçamento entre plantas.

4.3.1.6 – Peso fresco e seco total, da raiz (xilopódio) e da parte aérea

Constata-se na Tabela 34 que os pesos secos, tanto total ou radicular, como de parte aérea, não foram influenciados pela água do solo. Observa-se que o peso (massa) fresco total e o radicular (xilopódio) das plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados, aos 210 DAS, foram influenciados pelo espaçamento ocorrendo, com o adensamento perda de peso fresco. Entretanto, isto não significa menores rendimentos (peso fresco total), haja vista que se deve considerar também a produção de xilopódios, pois o adensamento aumenta o número de plantas por metro quadrado. Estes resultados são um motivo a mais para se recomendar o menor espaçamento possível, visando-se à obtenção de maiores produtividades por metro quadrado de canteiro.

Análises de regressão significativas do efeito do espaçamento indicam uma tendência linear significativa ao 1% de probabilidade. A regressão significativa espaçamento peso fresco total das plantas jovens, é apresentada na Figura 24. Observa-se que a medida em que se diminui o espaçamento, com algumas exceções, existe a tendência, de se diminuir o peso fresco total; mas, como o peso fresco é muito variável e a manipulação da planta para produção de fitoterápicos é feita, geralmente, com teor de umidade intermediário entre o peso fresco e o seco (entre 8 a 14% de umidade), é interessante observar que no peso seco não houve influência dos tratamentos.

Tabela 34 – Análises de variância e médias para peso fresco total (PFT), seco total (PST), radicular fresco e seco (PFR e PSR) e fresco e seco da parte aérea (PFPA e PSPA), com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação, nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios					
		PFT	PFR	PFPA	PST	PSR	PSPA
Água (L)	4	0,37 ns	0,37 ns	1,43 ns	1,21 ns	0,75 ns	0,30 ns
Espaçamento (E)	4	0,16 **	0,20 **	0,51 ns	0,63 ns	0,42 ns	0,11 ns
Água X Espaçamento (L X E)	16	0,02 ns	0,15 ns	1,00 ns	1,01 ns	0,67 ns	0,29 ns
Regressões para o fator Espaçamento							
- Regressão linear	1	0,11 **	0,13 **	0,19 ns	0,41 ns	0,26 ns	0,08 ns
- Regressão quadrática	1	0,04 ns	0,03*	0,38 ns	0,31 ns	0,21 ns	0,04 ns
Blocos	2	0,75 *	0,91 *	1,87 ns	4,23 *	3,05 *	0,70 ns
Resíduo (água)	8	0,16	0,18	0,65	0,66	0,52	0,21
Resíduo (espaçamento)	8	0,02	0,20	0,35	0,21	0,15	0,11
Resíduo (interação)	32	0,12	0,13	0,89	0,97	0,69	0,25
CV(%) (água)		35,97	42,33	42,32	35,99	35,94	32,49
CV(%) (espaçamento)		11,78	12,89	31,17	20,42	19,51	23,09
CV(%) (interação)		31,74	35,57	49,43	43,43	41,32	35,81
Lâminas de irrigação (L)		Médias (g)					
		PFT	PFR	PFPA	PST	PSR	PSPA
	L1(0,00 ET)	11,94	10,37	1,57	3,20	2,51	0,58
	L2(0,25 ET)	13,10	11,23	1,87	3,92	3,09	0,69
	L3(0,50 ET)	25,50	19,53	5,97	6,74	4,82	1,77
	L4(0,75 ET)	18,61	15,15	3,47	4,84	3,29	1,44
	L5(1,00 ET)	26,65	22,05	4,61	6,60	4,64	1,63
Espaçamento (N)							
	E1 (20 X 20)	23,53	19,62	3,91	5,48	3,90	1,58
	E2 (20 X 10)	18,76	16,16	2,60	5,79	4,81	0,98
	E3 (20 X 5)	23,63	17,81	5,83	6,38	4,61	1,77
	E4 (10 X 10)	19,08	15,65	3,43	4,60	3,44	1,16
	E5 (5 X 5)	10,80	9,08	1,72	3,05	2,43	0,62
	Médias (g)	19,16	15,66	3,50	5,06	3,84	1,22

(ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Para peso fresco total e peso fresco radicular os dados foram transformados por $x = \log(x)$, e para peso fresco de parte aérea, peso seco radicular, peso seco de parte aérea e peso seco total, por $x = \sqrt{x+1}$

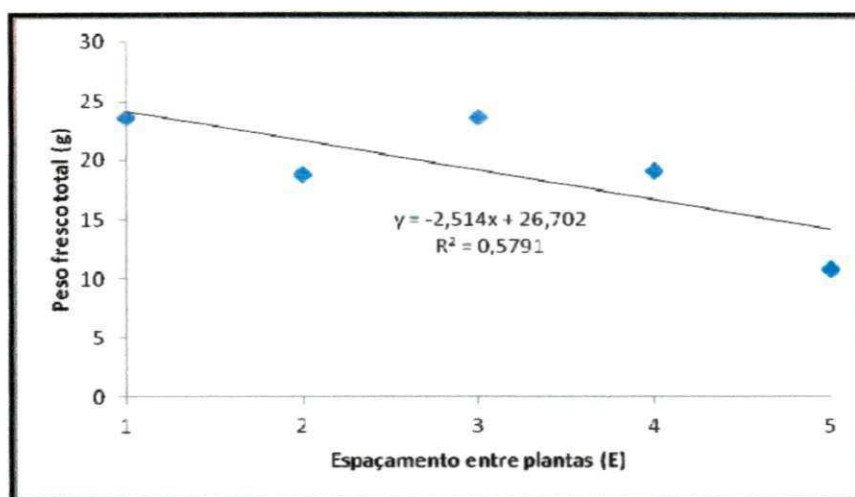


Figura 24 – Peso fresco total das plantas jovens de cumaru em canteiros aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E), onde 1 indica: 0,20 m X 0,20 m, 2: 0,20 m X 0,10 m, 3: 0,20 m X 0,05 m, 4: 0,10 m X 0,10 m e 5: 0,05 m X 0,05 m. Quixeramobim, CE, 2010

A regressão significativa espaçamento versus peso fresco dos xilopódios é apresentada na Figura 25. Utilizou-se a regressão linear e não a quadrática, apesar desta apresentar menor coeficiente de determinação (R^2), visto que os dados foram mais significativos ao nível de 1% de probabilidade. Da mesma forma como ocorre para o peso fresco total, observa-se que, à medida que se diminui o espaçamento, há tendência, com algumas exceções, de se diminuir o peso fresco dos xilopódios.

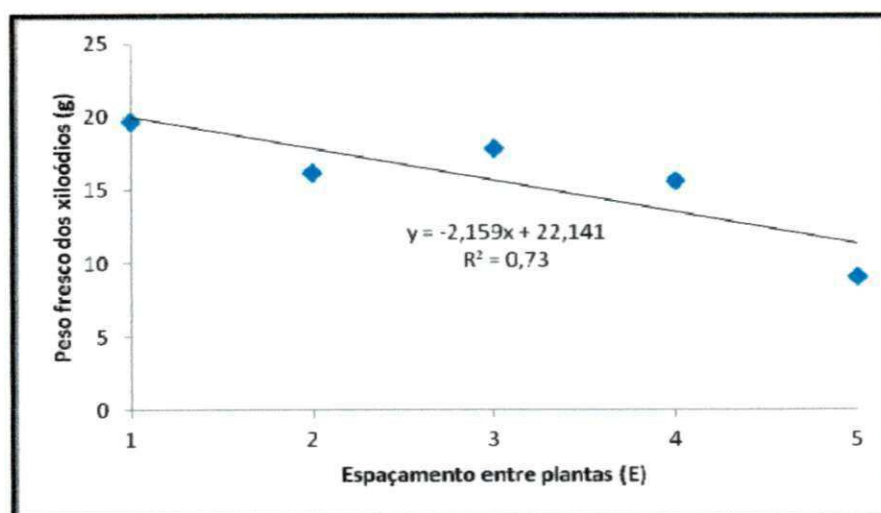


Figura 25 – Peso fresco radicular (xilopódio) das plantas jovens de cumaru em canteiros aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E), onde 1 indica: 0,20 m X 0,20 m, 2: 0,20 m X 0,10 m, 3: 0,20 m X 0,05 m, 4: 0,10 m X 0,10 m e 5: 0,05 m X 0,05 m. Quixeramobim, CE, 2010

É importante lembrar que, para definição do espaçamento mais adequado, tem-se que levar em consideração os custos, principalmente aqueles relacionados com a aquisição das sementes e a potencial receita a ser obtida com a venda da planta fresca ou seca, por metro quadrado de canteiro, indicando a real produtividade (kg m^{-2}) e não apenas o rendimento, sem se considerar a área.

Os dados de rendimento por m^2 de canteiro são apresentados na Tabela 35, na qual se observa que tanto para o peso fresco quanto para o peso seco total, há influência apenas do espaçamento.

Tabela 35 – Análises de variância e médias para peso fresco total (PFT m^{-2}) e seco total (PST m^{-2}), por metro quadrado de canteiro, com relação à quantidade de água aplicada nos canteiros (L), espaçamento (E) e interação nas plantas jovens de cumaru em canteiros irrigados aos 210 dias após a semeadura – DAS. Quixeramobim, CE, 2010

F.V.	G.L.	Quadrados Médios	
		PFT m^{-2}	PST m^{-2}
Água (L)	4	0,37 ns	100,52 ns
Espaçamento (E)	4	1,92 **	1.007,29 **
Água X Espaçamento (L X E)	16	0,14 ns	121,17 ns
Regressões para o fator Espaçamento			
- Regressão linear	1	7,16 **	3.457,84 **
- Regressão quadrática	1	0,01 ns	64,31 ns
Blocos	2	0,75 *	437,56 *
Resíduo (água)	8	0,16	87,63
Resíduo (espaçamento)	8	0,02	21,94
Resíduo (interação)	32	0,12	116,43
CV(%) (água)		13,03	47,29
CV(%) (espaçamento)		4,26	23,66
CV(%) (interação)		11,50	54,51
Lâminas de irrigação (L)		Médias sem transformação (kg m^{-2})	
		PFT m^{-2}	PST m^{-2}
	L1(0,00 ET)	1,72	0,48
	L2(0,25 ET)	1,67	0,46
	L3(0,50 ET)	2,98	0,79
	L4(0,75 ET)	1,61	0,45
	L5(1,00 ET)	2,15	0,56
Espaçamento (N)			
	E1 (20 X 20)	0,59	0,14
	E2 (20 X 10)	0,94	0,29
	E3 (20 X 5)	2,36	0,64
	E4 (10 X 10)	1,91	0,46
	E5 (5 X 5)	4,32	1,22
Médias (kg m^{-2})		2,02	0,55

(ns) não significativo ($p \geq .05$) pelo teste de F. Para peso fresco total por m^2 de canteiro os dados foram transformados por $x = \log(x)$, e para o peso seco total por m^2 , por $x = \sqrt{x+1}$

As regressões para espaçamento em função do peso fresco total das mudas e peso seco total, aos 210 dias após a semeadura, são apresentadas nas Figuras 26 e 27, verificando que tanto no peso fresco quanto no seco ocorre aumento de rendimento por metro quadrado de canteiro, com o maior adensamento de plantio. Assim, se a quantidade de sementes não for fator limitante (indisponibilidade de sementes na região), com o menor espaçamento (5 x 5 cm), mesmo se obtendo menor rendimento por planta, a produtividade, por m² de canteiro, ainda será maior pela possibilidade de se quadruplicar o número de plantas, permitindo colheitas bem maiores.

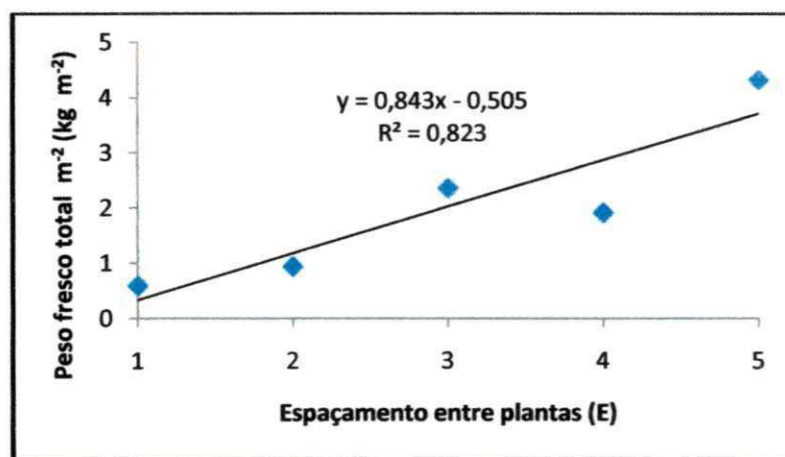


Figura 26 – Peso fresco total das plantas jovens de cumaru em canteiros aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E), onde 1 indica: 0,20 m X 0,20 m, 2: 0,20 m X 0,10 m, 3: 0,20 m X 0,05 m, 4: 0,10 m X 0,10 m e 5: 0,05 m X 0,05 m.. Quixeramobim, CE, 2010

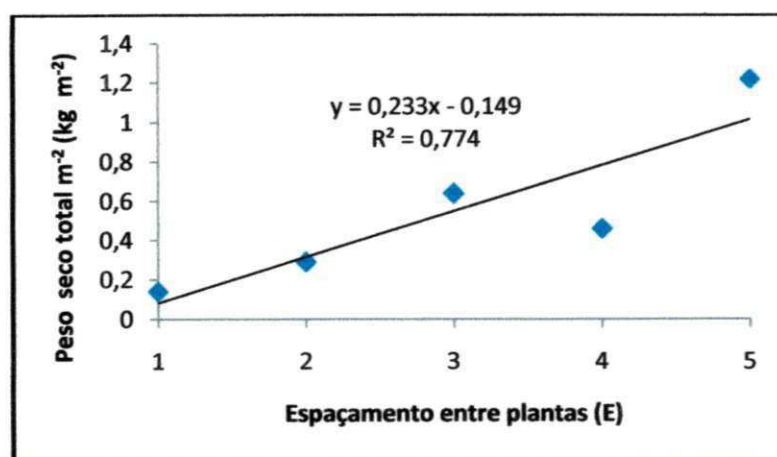


Figura 27 – Peso seco total das plantas jovens de cumaru em canteiros aos 210 dias após a semeadura – DAS, em função dos espaçamentos entre plantas (E), onde 1 indica: 0,20 m X 0,20 m, 2: 0,20 m X 0,10 m, 3: 0,20 m X 0,05 m, 4: 0,10 m X 0,10 m e 5: 0,05 m X 0,05 m.. Quixeramobim, CE, 2010

Salienta-se, com relação à falta de resposta da planta às irrigações, que o cultivo em canteiros ocorreu de janeiro a agosto de 2010 quando as precipitações, conforme o Anexo B, foram no mesmo período de 613 mm, mal distribuídos, porém próximo às médias normalmente verificadas no semiárido proporcionando, assim, uma condição hídrica razoável para as plantas, ficando o tratamento com a menor lâmina bem diferente de zero e suficiente para o seu desenvolvimento.

O cumaru, por ser uma planta nativa, apresenta grande variabilidade genética pois neste experimento foram encontrados pesos frescos totais bastante diversos, variando de 1,7 g a 150,1 g e média igual 19,16 gramas, o que justifica os elevados coeficientes de variação encontrados, mesmo depois da transformação dos dados.

5. CONCLUSÕES

5.1 - Experimento I

5.1.1. A Condutividade Elétrica da água de drenagem ao final do experimento foi reduzida pela presença de cobertura morta e pela quantidade de água aplicada ao solo. A salinidade do solo cultivado diminuiu, ao longo do tempo, pelo esterco aplicado ao solo, apesar da riqueza em sais do fertilizante.

5.1.2. Os tratamentos de água, esterco e cobertura morta, não afetaram a altura, o diâmetro caulinar nem no peso fresco das mudas de cumaru.

5.1.3. O número de folhas das mudas foi influenciado apenas pela quantidade de esterco adicionado ao solo, diminuindo com o aumento do teor de esterco aplicado.

5.1.4. O comprimento do xilopódio das mudas foi afetado, de forma favorável, apenas pela cobertura morta; já seu diâmetro foi afetado de forma favorável pela água de irrigação e desfavoravelmente pelo esterco.

5.1.5. A evapotranspiração da cultura aumentou com a água aplicada. O esterco (matéria orgânica) e a cobertura morta diminuíram a evapotranspiração do cumaru favorecendo a economia de água.

5.1.6. O manejo mais adequado para as mudas cumaru no viveiro foi a utilização de uma lâmina de irrigação correspondente a 25% da evapotranspiração, 25% de esterco no solo e uso de cobertura morta.

5.2 - Experimento II

5.2.1. A altura da planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas, a área foliar e a sobrevivência das plantas de cumaru no sistema agroflorestal (cumaru + milho + feijão) foram afetados negativamente pela adição de esterco ao solo indicando adaptação da cultura à falta de matéria orgânica no solo. Nenhum efeito da cobertura do solo foi encontrado sobre as variáveis avaliadas.

5.2.2. Foi desenvolvido um modelo para determinar a área foliar das mudas baseado no comprimento e na largura das folhas.

5.2.3. O índice de área foliar (IAF) não foi influenciado por nenhum dos tratamentos aplicados.

5.2.4. Optando-se pelo sistema agroflorestal na implantação do banco de sementes de cumaru é possível recuperar o investimento feito na área somente com a safra agrícola de milho e feijão, mesmo em anos de baixas precipitações, sem se considerar os benefícios futuros advindos do cumaru implantado.

5.3 - Experimento III

5.3.1. A altura, o diâmetro caulinar, o comprimento e diâmetro dos xilopódios, o peso fresco da parte aérea e a razão de peso de folhas das plantas, não foram influenciados pela quantidade de água aplicada, nem pelo espaçamento das plantas.

5.3.2. O número de folhas e a razão de área foliar do cumaru irrigado foram influenciados pela quantidade de água aplicada no solo, não havendo influência do espaçamento nem da interação.

5.3.3. O peso fresco total e o radicular das plantas de cumaru foram influenciados apenas pelo espaçamento.

5.3.4. O peso seco, total, radicular e da parte aérea, não sofreu influência da água, espaçamento, nem das interações.

5.3.5. Dispondo-se de quantidade suficiente de sementes e precipitações naturais, a melhor produtividade do cumaru em canteiros poderia ser obtida com o menor espaçamento (cultivo super adensado), aproveitando-se ao máximo a época chuvosa do ano, sem irrigação complementar.

5.3.6. Pela rusticidade e pouca exigência em água e matéria orgânica no solo, a produção de cumaru em canteiros, se constitui em excelente alternativa para uma agricultura familiar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, K. de S.; FREITAS, F.L. da C.; PEREIRA, T.F.C. Etnoveterinária: a fitoterapia na visão do futuro profissional veterinário. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v.1, n.1, p.67-74 jan./jun. 2006.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE. 1989. 240p.
- ALTIERI, M. A. **El “estado del arte” de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina**. In: CADENAS MARÍN, A. (ed.). *Agricultura y desarrollo sostenible*. Madrid: MAPA, 1995. p.151-203. (Serie Estudios)
- AMMA, B. S. Soil Aeration – A Must for Coconut Root Growth. **Indian Coconut Journal**. v.12, n. 10, p. 9 – 10, 1982.
- ANGELIM, A.E.S.; MORAES, J.P.S. de; SILVA, J.A.B. da; GERVÁSIO, R. de C.R.G. Germinação e aspectos morfológicos de plantas de umburana de cheiro (*Amburana cearensis*) encontradas na Região do Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1062-1064, jul. 2007.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Histórico do Uso dos Solos da caatinga. 500 Anos de Uso do Solo no Brasil: ed. 1 ed., Ilheus, BA: EDITUS, 2002, v. 1, p. 329-337.
- ARAÚJO FILHO, J.A. O bioma caatinga. In: FALCÃO SOBRINHO, J & FALCÃO, C.L.C. **Semi-Árido: diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006, p. 49-70.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado, 1999.
- BARBOSA, M.C. de A. Alguns aspectos morfológicos da folha de *A. cearensis* (Fr. All.) A.C.Smith, ocorrentes em áreas de agreste e caatinga do nordeste. **Brasil florestal**, Brasília, 53: 43-8, 1983.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; NETO, F. L.; BENATTI, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo. Campinas, SP. IAC, 1986. 57p. (Circular, 20).
- BORCHERT, R. & RIVERA, G. 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. **Tree Physiology** 21:213-221.
- CANUTO, K. M. **Aspectos Químicos do Estudo Interdisciplinar (Química-Agronomia-Farmacologia) de *Amburana cearensis* A.C. Smith**. 2007. 313 f. Tese (Doutorado em Química Orgânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: Banco do Nordeste / ETENE, 2008.

- CARON, B. O.; MEIRA, W. R.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, B. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P.; MÜLLER, L. Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-Paraná, RO. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2007.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA, 1994.
- CASTRO, A. P. de; FRAXE, T. de J. P.; SANTIAGO, J. L., MATOS, R. B.; PINTO, I.C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, Amazonas, v. 39(2), p. 279 – 288, 2009.
- CAVALCANTE, L. F.; SILVA, M. N. B.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, I. H. L. & CAMPOS, V. B. Biomassa do maracujazeiro-amarelo em solo irrigado com água salina protegido contra as perdas hídricas. **Ver. Verde**, 3(3):26-34, 2008.
- CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas** (6 v.). Rio de Janeiro: IBDF, 1984.
- CORRÊA, R.S.; CARDOSO, E.S. Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas. In: CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B. (Orgs.). *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado*. Brasília-DF : **Paralelo 15**, 1998, p.101-116.
- COSTA, D. M. A. da; MELO, H. N de S.; FERREIRA, S. R. Eficiência da cobertura morta na retenção de umidade no solo. **Holos**, maio/2007.
- CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* A.C. Smith - Cumaru - Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.
- DINIZ, J. A. **Sistema de manejo do solo e níveis de nitrogênio: Efeito sobre o estabelecimento, crescimento, desenvolvimento e rendimento do algodoeiro herbáceo**. 1996. 98p. Universidade Federal da Paraíba UFPB, Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e água) – Universidade Federal da Paraíba.
- DRUMOND, M.A.; LIMA, P.C.F.S. Sombreamento na produção de mudas de leucena e cumaru. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba, PR. Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado. CONGRESSO FLORESTAL brasileiro, 7. 1993. **Anais**. Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.1, p.309-311.
- DRUMOND, M.A., NASCIMENTO, C.E.S. & MORGADO, L.B. Desenvolvimento inicial do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semi-árido pernambucano. In III **Anais** do Simpósio brasileiro de captação de água de chuva no semi-árido (J. Gnadlinger, ed.). Associação brasileira de captação e manejo de água de chuva, 2001. Campina Grande. CD-ROM.
- DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de cerrado degradado**. 2005. 173 f. Tese

(Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. UNESP. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

DUBOIS, Jean, C.L. Virgilio Mauricio Viana, Anderson, Anthony B. Manual **Agroflorestal para a Amazônia**, volume 1, Rio de Janeiro: REBRAAF, 1996, 228 p.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**, 4. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004 a. 330 p. ISBN: 85-87062-36-0.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**, 6. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004 b. 334 p. ISBN: 85-87062-35-2.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Influência do sobreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, n.43-44, p.1-10, 1990. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr43-44/cap01.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2008.

FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA Y GARCIA, A.; VILA NOVA, N.A.; FAVARIN, M. da G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-73, 2002.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. de. (Ed. Tecn.) **Agroecologia, princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 2. p. 50-70. ISBN: 85-7383-312-2.

FELIX, R.A.Z.; ONO, E.O.; SILVA, C.P. da; RODRIGUES, J.D.; PIERE, C. de. Efeitos alelopáticos da *Amburana cearensis* L.(Fr.All.) AC Smith na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e de rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 138-140, jul. 2007.

FERREIRA, D. F. . SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0. Sistema de análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2007

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.

FERRI, M.G. Transpiração nos principais ecossistemas brasileiros e em espécies cultivadas no Brasil. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU/Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. v.1, cap. 1, p.25-73.

FIGUEIREDO, P. S. de. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.2, p.8-22, 2008.

FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. Principais fluxos de néctar e pólen na caatinga e o manejo para produção apícola. In: VIII Seminário Nordestino de Pecuária –

PECNORDESTE 2004, Fortaleza. **Palestras Técnicas:** Apicultura, Fortaleza: PECORDESTE, 2004. p. 55 – 62.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Boletim de Monitoramento Climático. Fortaleza: **FUNCEME**, v. 2 n. 1-12, 1988.

GUERRA, H. O. C. 2011. Recursos edáficos do semi-árido do Brasil. In: **Manejo Ecológico Integrado de Bacias Hidrográficas no semi-árido Brasileiro**. EPIGRAF, Campina Grande. Módulo 3. 132p.

HOLANDA, A. C. de; SANTOS, R. V. dos; SOUTO, J. S.; ALVES, A.R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradados por saís. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande, v. 7, n.1, p. 39-50, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, **Sinopse do censo demográfico. 2010.** Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=23&dados=1>>. Acesso em: 28 out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, **Censo agropecuário 2007.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2007/default.shtm>> . Acesso em: 04 out. 2009.

LACERDA, J. S. de; PEREIRA, W. E.; DIAS, T. J.; FREIRE, J. L. de O.; BRITO NETO, J. F.; COSTA, D. de S.; OLIVEIRA, C. J. de. Avaliação do crescimento de porta-enxertos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em substratos adubados com nitrogênio e boro. **Engenharia Ambiental** . Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 434-446, set. /dez. 2009.

LEÃO, M. M. **Influência do termotratamento na composição química da madeira de amburana (*Amburana cearensis*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*) e carvalho (*Quercus sp.*) e o impacto no aroma de uma solução modelo de cachaça.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

LIMA, A. L. A. de. **Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semiárido do Nordeste do Brasil.** 2007. 84 fl. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA, D.A. **Plantas das caatingas.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243 p.

LIMA, E. de O.; CURY, A.E.; GOMPERTZ, O.F.; PAULO, M. de Q. Atividade antifúngica de extratos obtidos de espécies de leguminosae contra dermatófitos. **Revista brasileira de ciência da saúde**; 1(1/3):53-6, jan.-dez. 1997.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2004. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 100 p.

LOPES, J. L. W.; SAAD, J. C. C.; GUERRINI, I. A.; LOPES, C. F. Influência dos fatores bióticos e abióticos na sobrevivência de eucalipto em função do solo e do manejo de viveiro. **Biotemas**, 22 (2): 29-38, jun. 2009. ISSN 0103 – 1643

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

LUCENA, A. M. A. de; COSTA, F. X.; SILVA, H.; GUERRA, H. O. C. Germinação de essências florestais em substratos fertilizados com matéria orgânica. **Revista Principia**, João Pessoa, PB, n. 13, p. 27-33, abr. 2006.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e Arte, 2004.

MARINHO, I. V. ; FREITAS, M. F. ; ZANELLA, F. C. V. ; CALDAS, A. L. . Espécies Vegetais da Caatinga Utilizadas pelas Abelhas Indígenas Sem Ferrão como Fonte de Recursos e Local de Nidificação.. In: I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, 2002, João Pessoa. **I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. João Pessoa : Editora Universitária, 2002.

MATOS, F. J. Abreu. **Farmácias Vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4ª Ed., Fortaleza: Editora UFC, 2002. 267 p.

MMA/SBF - Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MORAIS, S.M. de; DANTAS, J.D.P.; SILVA, A.R.A. da; MAGALHÃES, E.F. Plantas medicinais usadas pelos índios Tapebas do Ceará. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. 15(2): 169-177, Abr./Jun. 2005.

OLIVEIRA, T. S. de; ARAÚJO, A. L. de. Essa terra dá mais legume: construindo a qualidade do solo no Sertão Central do Ceará. **Revista Agriculturas**, v. 5, nº 3, setembro, 2008.

PENEIREIRO, F. M.; RODRIGUES, F. Q.; BRILHANTE, M.O.; LUDEWIGS, T. **Apostila do educador agroflorestal**, introdução aos sistemas agroflorestais, um guia técnico. Arboreto, setor do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, 2008.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A. de; COSTA, J.R.M.; DIAS, J.M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.15, n.3, p. 413-426, 2001.

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*) **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.9, p.896–902, set. 2011. ISSN 1415-4366.

PIMENTEL, J. V. F. **Níveis de água, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru - *Amburana cearensis***. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PIMENTEL, J. V. F. **Validação de um sistema de produção agrossilvipastoril no município de Quixeramobim-CE**. 2004. Monografia (Especialização) - Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, Sobral.

PIÑA-RODRIGUES, F.M.C.; LOPES, L.; BLOOMFIELD, V.K. Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas de Mata Atlântica em sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas em encostas, no entorno do Parque Estadual do Desengano (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, Ouro Preto, 1997. **Anais...** Viçosa-MG: SOBRADE; UFV/DPS/DEF. 1997, p.283-291.

PINTO, M. S. de C.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; ARRUDA, F. P. de ANDRADE, M.V.M. de. Modelo para estimativa da área foliar da maniçoba. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.4, p.391-395, Out.- Dez., 2007

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta botânica brasílica** 18(2): 351-358. 2004. Versão eletrônica do artigo em <www.scielo.br/abb>, acesso em 27 de setembro de 2008.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S. de; OLIVEIRA, P. S. R. de; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia** v.29, n.1, p. 100-105, jan./fev. 2005.

RICCI, M. S. F. A Importância da Matéria Orgânica para o Cafeeiro. *Revista Campo e Negócios*, 2006. Disponível em:<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/artigos/mat_org_cafeeiro.html>. Acesso em: 14 abr. 2011.

RICHARDS, L. A.(ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60)

RODRIGUES, L. N. **Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ROSSI, T. **Identificação de espécies florestais: *Amburana cearensis*** (Freire Allemão), 2008. Disponível em <<http://www.ipef.br/identificacao/amburana.cearensis.asp>>. Acesso em: 28 set. 2008.

RUSSO, R. & PÁDUA, C. V. Avaliação de aspectos da sustentabilidade ambiental de sistemas agroflorestais. **Brasil Florestal**, Ano XX, n. 71, Set. 2001.

SANTOS, R.F.; KIILL, L.H.P.; ARAÚJO, J.L.P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.19, n.3, p.221-227, jul./set. 2006.

SENA, C. M. de; GARIGLIO, M. A. **Sementes Florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Natal: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 28 p. Guias Técnicos 2, 2008.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, P. C. G da; GUIMARÃES FILHO, C. Eixo Tecnológico da Ecorregião Nordeste. In: SOUSA, I.S.F.de. (Ed.) **Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 434p. Cap3. p.109-123.

SOUZA, E. R. de; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, M. B. G. dos S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 12, n. 6, Dez. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000600004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 Jan. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000600004>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; Reis, E. F. dos.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, 2007.13 (2): 149-159.

TROVÃO, D.M. de B.M.; FERNANDES, P.D.; ANDRADE, L.A. de; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.3, p.307-311, 2007.

VIEGAS JUNIOR, C.; BOLZANI, V. da S.; FURLAN, M.; FRAGA, C.A.M.; BARREIRO, E.J. Produtos naturais como candidatos a fármacos úteis no tratamento do mal de Alzheimer. **Química Nova**, vol. 27, No. 4, p. 655-660, jul./ago. 2004. ISSN 0100-4042.

YARED, J. A. G. Pesquisa e desenvolvimento em sistemas agroflorestais na amazônia brasileira. Curso Internacional para Capacitação em Tecnologias Agroflorestais. **Embrapa**. Belém. 2007.

Distribuição das parcelas no Experimento III

E5	E1	E2	E3	E1	E4	E3	E5	E2	E3	E1	E4	E5	E2	Canteiro 1 – Lâmina (L5)
E4	E1	E3	E5	E4	E5	E2	E1	E3	E5	E4	E2	E1	E3	Canteiro 2 – Lâmina (L 2)
E5	E3	E2	E1	E3	E5	E2	E4	E1	E5	E1	E3	E2	E4	Canteiro 3 – Lâmina (L 4)
E4	E5	E3	E2	E3	E1	E5	E4	E2	E4	E2	E5	E1	E3	Canteiro 4 – Lâmina (L 3)
E4	E2	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E5	E1	E4	E2	E3	Canteiro 5 – Lâmina (L 1)

Espaçamentos: 0,20 m X 0,20 m (E1), 0,20 m X 0,10 m (E2), 0,20 m X 0,05 m (E3), 0,10 m X 0,10 m (E4) , 0,05 m X 0,05 m (E5).

Lâminas de irrigação: L1 (0% da ET), L2 (25 % da ET), L3 (50% da ET), L4 (75 % da ET) e L5 (100 % da ET).

APÊNDICE D

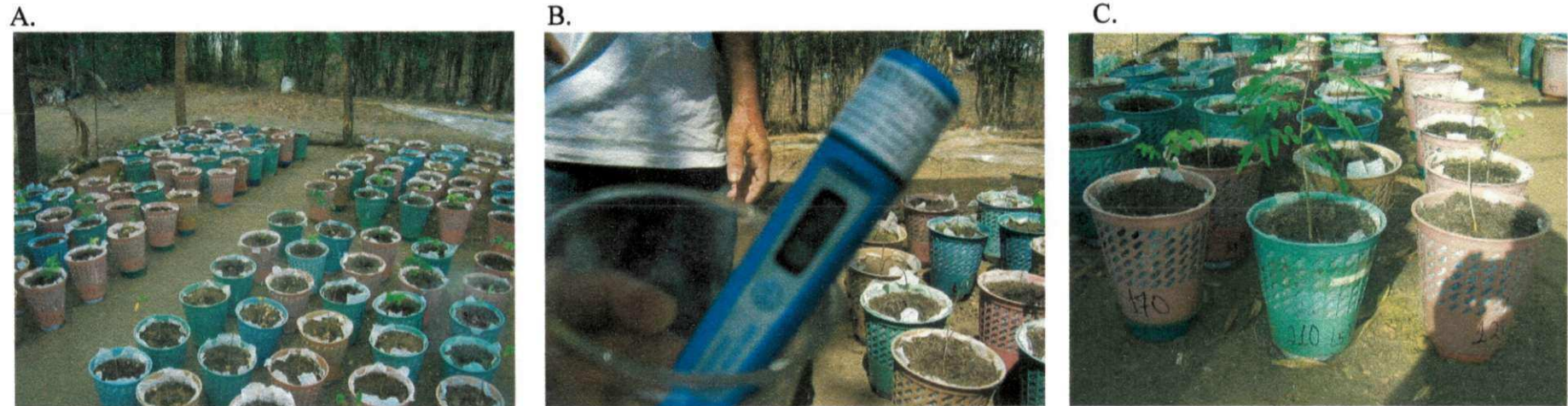


Figura D1 – A . Vista geral do Experimento I aos 210 DAS (outubro 2008); B. Aos 240 DAS (novembro 2008), com leituras da CE na água de drenagem ; C . Detalhe das mudas em início da recuperação das folhas, 270 DAS (dezembro 2008). Quixeramobim - CE, 2008



Figura D2 – A. Início do Experimento II com mudas preparadas para o transplântio (fevereiro 2009); B. Sistema agroflorestal implantado (cumaru, milho e feijão) aos 60 DAT (Abril 2009); C. Preparação das plantas de cumaru para fotos digitais, visando determinação de área sombreada para o cálculo do IAF, 120 DAT (junho 2009). Quixeramobim - CE, 2009



Figura D3 – Visão geral do Experimento III: A. canteiros em ambiente agroflorestal, preparados para plantio (Janeiro 2010); B. Detalhe do sistema de drenagem dos canteiros aos 80 DAS (Abril 2010); C. colheita do cumaru cultivado em canteiros, 210 DAS (Agosto 2010). Quixeramobim - CE, 2010